

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ECONOMIA

EDUARDA GONÇALVES GOMES CRESPO XAVIER

**RELAÇÃO ENTRE AS QUEIMADAS E INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO  
SOCIAIS E ECONÔMICOS NA AMAZÔNIA LEGAL NO ANO DE 2017**

JUIZ DE FORA

2024

EDUARDA GONÇALVES GOMES CRESPO XAVIER

**RELAÇÃO ENTRE AS QUEIMADAS E INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO  
SOCIAIS E ECONÔMICOS NA AMAZÔNIA LEGAL NO ANO DE 2017**

Monografia apresentada ao curso de Ciências  
Econômicas da Universidade Federal de Juiz de  
Fora, como requisito parcial à obtenção do  
título de bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Weslem Rodrigues Faria

Coorientadora: Ma. Jamaika Prado

JUIZ DE FORA

2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Xavier, Eduarda Golçalves Gomes Crespo.

Relação entre as queimadas e indicadores de desenvolvimento sociais e econômicos na Amazônia Legal no ano de 2017 / Eduarda Golçalves Gomes Crespo Xavier. -- 2024.

54 p. : il.

Orientador: Weslem Rodrigues Faria

Coorientadora: Jamaika Prado

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Economia, 2024.

1. Aspectos multidimensionais. 2. Análise Fatorial. 3. Queimadas. 4. Amazônia Legal. I. Faria, Weslem Rodrigues, orient. II. Prado, Jamaika, coorient. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
REITORIA - FACECON - Depto. de Economia

**FACULDADE DE ECONOMIA / UFJF**

**ATA DE APROVAÇÃO DE MONOGRAFIA II (MONO B)**

Na data de 03/07/2024, a Banca Examinadora, composta pelos professores

- 1 – Weslem Rodrigues Faria - orientador;
- 2 – Admir Antonio Betarelli Junior; e
- 3 - Jamaika Prado - coorientadora.

reuniu-se para avaliar a monografia da acadêmica Eduarda Gonçalves Gomes Crespo Xavier, intitulada: Relação entre as queimadas e indicadores de desenvolvimento sociais e econômicos na Amazônia Legal no ano de 2017.

Após primeira avaliação, resolveu a Banca sugerir alterações ao texto apresentado, conforme relatório sintetizado pelo orientador. A Banca, delegando ao orientador a observância das alterações propostas, resolveu APROVAR a referida monografia

ASSINATURA ELETRÔNICA DOS PROFESSORES AVALIADORES



Documento assinado eletronicamente por **Weslem Rodrigues Faria, Professor(a)**, em 10/07/2024, às 08:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Admir Antonio Betarelli Junior, Professor(a)**, em 10/07/2024, às 09:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jamaika Prado, Usuário Externo**, em 10/07/2024, às 09:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf ([www2.ufjf.br/SEI](http://www2.ufjf.br/SEI)) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1854445** e o código CRC **5ABB4268**.

Dedico esse trabalho aos meus pais, Eduardo e Gisele, que sob muito sol me permitiram chegar até aqui na sombra.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus e aos meus anjos protetores, pela minha vida e por me darem forças para enfrentar os obstáculos encontrados ao longo do curso. Quando muitas vezes duvidei de mim mesma, foram minha fé e minha espiritualidade que me mantiveram de pé.

Agradeço também aos meus pais, Eduardo e Gisele, por nunca medirem esforços para me proporcionar melhores oportunidades, experiências e um ensino de qualidade; por me educarem com tamanho zelo e respeito apesar do cansaço do trabalho diário e da vida corrida. Devo a vocês a mulher que me tornei hoje.

Ao meu namorado Murilo, que compreendeu minha ausência enquanto eu me dedicava a esse trabalho e por muitas vezes, em momentos de dúvida, me cedeu seu ombro para chorar e seus ouvidos para desabafar.

Aos meus fiéis companheiros de quatro patas, Mel, Catarina, Maria Isabel, Maria Cecília e Petrushio que por incontáveis vezes foram um conforto para o meu coração e ótimas companhias de estudo, se sentando ao meu lado e se fazendo presentes enquanto eu redigia essas páginas.

E principalmente gostaria de agradecer ao meu professor e orientador Weslem Rodrigues Faria, por ter aceitado me orientar neste tema tão relevante para mim. Agradeço pelas correções, sugestões e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho neste trabalho e no meu processo de formação profissional ao longo do curso de economia.

Da mesma forma, gostaria de agradecer a minha coorientadora Jamaika Prado, pela disponibilidade e prontidão em sanar minhas dúvidas, por me ajudar a encontrar artigos relevantes e por todas as sugestões e dicas fundamentais para a elaboração deste trabalho.

Por fim, agradeço à instituição Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), que me proporcionou um ensino público de excelência e foi essencial no meu processo de formação profissional e pessoal, permitindo-me crescer e aprender a cada dia ao longo dos anos do curso de Ciências Econômicas.

## RESUMO

Este estudo teve como objetivo obter uma tipologia dos municípios da Amazônia Legal no ano de 2017 para verificar a correlação entre queimadas e indicadores econômicos, de produção agrícola, desenvolvimento, pobreza, infraestrutura básica de moradia e mortalidade infantil. Utilizando o método de análise fatorial, foram extraídos 6 fatores principais: nível de desenvolvimento, queimadas e determinantes, área trabalhada, perfil habitacional, variáveis econômicas e populacionais, e mortalidade infantil. Os dados foram coletados de 752 municípios, abrangendo 23 variáveis socioeconômicas, ambientais e demográficas. Os resultados indicam que os fatores refletem diferentes aspectos da região, com a maior área queimada associada a maiores atividades agrícolas e pecuárias, enquanto melhores índices de desenvolvimento correlacionam-se com menores níveis de queimadas. Dentre os nove estados analisados, destacaram-se os estados do Pará, Rondônia, Tocantins e Mato Grosso, cada um apresentando características distintas quanto ao desenvolvimento, áreas queimadas, produção agrícola e infraestrutura. A análise confirmou a hipótese de que regiões com maior produção agrícola e pecuária tendem a ter maiores índices de queimadas e indicadores de desenvolvimento mais desfavoráveis.

Palavras-chave: Amazônia Legal. Queimadas. Análise Fatorial. Aspectos multidimensionais.

## **ABSTRACT**

This study aimed to develop a typology of the municipalities in the Legal Amazon for the year 2017 to examine the correlation between wildfires and economic indicators, agricultural production, development, poverty, basic housing infrastructure, and infant mortality. Using factor analysis, 6 main factors were extracted: level of development, wildfires and determinants, worked area, housing profile, economic and population variables, and infant mortality. Data were collected from 752 municipalities, covering 23 socioeconomic, environmental, and demographic variables. The results indicate that the factors reflect different aspects of the region, with the largest burned areas associated with higher agricultural and livestock activities, while better development indices correlate with lower levels of wildfires. Among the nine states analyzed, the states of Pará, Rondônia, Tocantins, and Mato Grosso stood out, each presenting distinct characteristics regarding development, burned areas, agricultural production, and infrastructure. The analysis confirmed the hypothesis that regions with greater agricultural and livestock production tend to have higher wildfire rates and less favorable development indicators.

**Keywords:** Legal Amazon. Wildfires. Factor Analysis. Multidimensional aspects.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Aplicações empíricas de estudos sobre queimadas e suas correlações com variáveis socioeconômicas no Brasil.....	23
Tabela 1 - Descrição das variáveis e estatísticas descritivas dos indicadores.....	30
Tabela 2 - Matriz correlação das variáveis originais.....	32
Tabela 3 - Resultados da Análise Fatorial.....	36
Figura 1 - Mapas dos escores fatoriais dos municípios da Amazônia Legal.....	37

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IMAZON	Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPAM	Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
PIB	Produto Interno Bruto
PRODES	Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite
SUDAM	Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	12
2	REVISÃO DA LITERATURA .....	16
2.1	Queimadas na Amazônia Legal.....	16
2.2	Referencial empírico .....	19
3	METODOLOGIA E BASE DE DADOS .....	26
3.1	Metodologia.....	26
3.2	Base de Dados .....	28
4	RESULTADOS.....	31
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	46
7	REFERÊNCIAS.....	50

## 1 INTRODUÇÃO

A Amazônia Legal, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), corresponde à área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), delimitada em consonância ao Art. 2º da Lei Complementar n. 124, de 03.01.2007. Ela foi instituída com o objetivo de promover o desenvolvimento incluyente e sustentável de sua área de atuação e fomentar a integração competitiva da base produtiva regional na economia nacional e internacional. Tal delimitação geopolítica foi constituída pelo governo brasileiro como forma de planejar e promover o desenvolvimento socioeconômico dos estados da região amazônica, que historicamente compartilham os mesmos desafios econômicos, políticos e sociais (Campos *et al.*, 2022).

A região corresponde a uma área de 5.015.067,86 km<sup>2</sup>, o que equivale a cerca de 59% do território brasileiro e engloba a totalidade de nove estados (Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Maranhão, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins). São 772 municípios dos quais, 766 estão localizadas dentro da área da Amazônia Legal e 6 deles se encontram no estado do Maranhão situados ao oeste do Meridiano 44°, dos quais, 21 estão parcialmente integrados na Amazônia Legal (IBGE, 2021). Além de abrigar todo o bioma da Amazônia, a Amazônia Legal ainda contém 20% do bioma cerrado e parte do pantanal mato-grossense. Além disso, de acordo com o último censo demográfico da região, a Amazônia Legal possui 21,5 milhões de moradores e a menor densidade demográfica do país (IBGE, 2019b), sendo 68,9% residentes na área urbana e 31,1% na área rural. Ademais, foi possível perceber que a Amazônia Legal contém 12,4% da população brasileira total, da qual, reside 56% da população indígena do país (Imazon, 2009).

Além disso, a Amazônia Legal abriga a maior floresta tropical do mundo, e mais de 80% de toda a área de cobertura vegetal natural brasileira, ostentando a mais rica biodiversidade do planeta, composta por milhões de espécies de animais, plantas e microrganismos. Para mais, é uma região que também tem grande importância social, pois contém metade da população indígena brasileira, estabelecidos, em sua maioria, nos territórios protegidos pela legislação do país, chamados Terras Indígenas (TI's) (Guitarrara, 2024). Apesar de sua importância, a Amazônia Legal enfrenta diversas ameaças, como o desmatamento ilegal, as queimadas, a exploração predatória de recursos naturais e a construção de grandes obras de infraestrutura. Essas atividades causam degradação ambiental, emissão de gases do efeito estufa, perda de biodiversidade e impactos negativos para as populações locais (MapBiomias, 2023). Junto desses desafios estão, também, a poluição, atividades econômicas como o garimpo ilegal,

práticas como a biopirataria, além de desafios infraestruturais e socioeconômicos (Guitarrara, 2024).

Destaca-se ainda que a Amazônia Legal registra quase três vezes mais queimadas que o restante do país. E ao analisar o impacto do fogo sobre o território nacional examinando imagens de satélite do país entre anos de 1985 e 2020, constatou-se que a cada um desses 36 anos o Brasil queimou uma área maior que a da Inglaterra, o que corresponde à 150.957 km<sup>2</sup> de área queimada por ano, ou 1,8% do território brasileiro. Enquanto o acumulado do período chega a praticamente um quinto do território nacional: 1.672.142 km<sup>2</sup> de área queimada, ou em porcentagem 19,6% do Brasil, sendo que 65% do total da área queimada foi de vegetação nativa (MapBiomias, 2019). A área afetada pelo fogo varia entre os seis biomas brasileiros, com o Cerrado e a Amazônia concentrando cerca de 86% da área queimada do Brasil entre 1985 e 2022. O Cerrado, bioma também presente na Amazônia Legal, queimou em média 7,9 ha por ano, ou seja, todo ano uma área maior que a da Escócia foi queimada apenas nesse bioma. No caso da Amazônia, a média foi de 6,8 milhões de hectares/ano – quase uma Irlanda por ano (MapBiomias, 2023).

A grande maioria das queimadas amazônicas tem origem nas atividades agrícolas. Nas diversas formas de agricultura praticadas na Amazônia, o fogo tem sido frequentemente associado ao desmatamento, à renovação de pastagens, ao manejo de capoeiras, à eliminação de resíduos agrícolas, ao controle de pragas, à colheita da cana-de-açúcar e do algodão etc. Outro indicador relevante para o aumento substancial no número de queimadas é o excepcional crescimento do rebanho bovino. A segunda maior taxa de crescimento do rebanho bovino, entre 1990 e 2003, na Amazônia, foi observada no estado do Acre: 12,6% ao ano, atrás apenas de Rondônia, com 14%. A taxa média de crescimento do rebanho no restante do Brasil, nesse período, foi de apenas 0,7% ao ano. A abertura de pastagens, inclusive dentro de reservas extrativistas, destina-se ao lucrativo atendimento das demandas urbanas locais e regionais de carne, leite e derivados (Miranda, 2005). Além disso um dos motivos da queimada, também pode estar associado ao baixo custo, utilizando o fogo para limpar a Terra não há a necessidade de uso de maquinário (Nogaroto *et al.*, 2021).

A problemática das queimadas permeia temas como a saúde, o meio ambiente e até efeitos econômicos. Foi constatado o aumento de doenças respiratórias como bronquite, asma alérgica, pneumonia e rinite em regiões onde existem queimadas, além de efeitos desastrosos no meio ambiente, como a emissão de gases tóxicos que contribuem para o efeito estufa, para o aquecimento da Terra e alteram o clima e o regime de chuvas da região. As queimadas

empobrecem o solo, destroem a vegetação e causam perda de habitat e morte para muitos animais (Oliveira *et al.*, 2005).

Queimada não é sinônimo de incêndio. A queimada pode ser considerada uma "tecnologia" agrícola, já praticada há milhares de anos pelos indígenas brasileiros, chamada de técnica coivara, foi incorporada na prática agrícola dos povoadores portugueses do século XVI e também pelos agricultores imigrantes que vieram para o Brasil, a partir do final do século XIX e início do XX e atualmente é uma prática generalizada na agricultura brasileira (Miranda, 2003). No entanto, deve ser manejado de forma correta para não virar um agente de destruição, no período de estiagem ou de eventos de secas mais severas, a vegetação está mais suscetível, e a queimada mesmo sendo feita de forma controlada pode tomar proporções desastrosas, atingindo áreas de vegetação remanescente, matando animais silvestres e até mesmo avançar sobre áreas rurais e urbanas (Bezerra *et al.*, 2018). Já os incêndios são eventos indesejáveis nos quais o fogo fica fora de controle. De origem acidental ou criminosa, eles podem atingir grandes áreas, causando prejuízos ao patrimônio público e privado, além de graves danos ambientais. Uma queimada, ao escapar do controle do agricultor, pode transformar-se em incêndio, fato que é mais comum em anos de seca (Embrapa, 2000).

Ao analisar as sequelas causadas pelo fogo no Brasil, entre os anos de 1985 e 2022 observou-se que cerca de 63% das áreas afetadas pelo fogo foram queimadas duas vezes ou mais nesse período, sendo do total 13,5% em áreas protegidas (MapBiomias, 2023). Além disso, foi contabilizado que 68,9% do fogo ocorreu em vegetação nativa e do acumulado total 43,6% das queimadas aconteceram na Amazônia e 42,7% no Cerrado. O estado do Mato Grosso apresentou maior ocorrência de fogo, seguido pelo Pará e Maranhão. Ambos estados e biomas pertencentes à Amazônia Legal. O aumento em 346% do número de queimadas no estado do Maranhão entre os anos de 2008 a 2012, está relacionado com o crescimento do setor agropecuário no estado (Sales *et al.*, 2019).

Isto posto, de forma geral, o objetivo desse estudo é verificar a relação entre as queimadas e indicadores econômicos, de produção agrícola, desenvolvimento, pobreza, infraestrutura básica de moradia e mortalidade infantil na Amazônia Legal no ano de 2017. Para isso, foi utilizado um conjunto de 23 variáveis para capturar as questões multidimensionais presentes nos 752 municípios que fazem parte do Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES). Dessa forma, pretende-se obter uma tipologia dos municípios da Amazônia Legal que melhor descreva a região no período citado.

Para mais, um dos resultados aguardados é que regiões que possuam maior produção agrícola, cabeças de gado, áreas de pastagem e indicadores mais desfavoráveis em termos de

desenvolvimento estariam também associados a maiores indicies de área queimada. Ademais, esse estudo também tem como intenção colaborar como fonte de pesquisa para estudos futuros neste tema.

A base de dados utilizada tem como fonte majoritariamente o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Todas as informações se referem ao ano de 2017 para 752 municípios da Amazônia Legal. A escolha do ano de 2017 se deu por ser o mais recente em termos de disponibilidade conjunta dos dados das variáveis, especialmente os dados do Censo Agropecuário 2017 e indicadores de desenvolvimento como o IDHM. Como metodologia será empregado o método multivariado de análise fatorial.

Além desta introdução, este artigo possui mais quatro seções. A próxima seção apresenta a revisão da literatura encontrada a respeito do tema, bem como a metodologia e base de dados juntamente com a descrição das variáveis utilizadas. E por fim os resultados obtidos e considerações finais.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção será apresentado a revisão de literatura a respeito de estudos e artigos, que servirão de referência para realização deste projeto.

### 2.1 Queimadas na Amazônia Legal

O uso do fogo na agropecuária evoca tempos passados e a razão primordial da queimada está ligada à sua baixa despesa, dispensando o emprego de maquinário. (Nogaroto *et al.*, 2021). Em menos de 10 anos, as queimadas na Amazônia Legal passaram de 88.034 pontos, em 1999, para mais de 160.000 em 2005. O fogo aproxima-se cada vez mais das unidades de conservação e dos territórios indígenas, onde em muitos casos já é utilizado regularmente. Nota-se uma evidente pressão antropogênica interna e externa a essas áreas, com as queimadas circundando seus limites. A integridade de muitas áreas já está fragilizada frente à exploração madeireira e à invasão da pecuária (Miranda, 2005).

Na Amazônia brasileira, o desenvolvimento tem sido dominado pela conversão de florestas tropicais em pastagens (Fearnside, 2022). Em Mato Grosso, grandes plantações de soja têm se alastrado em direção ao Norte a partir da área de cerrado. A parte Norte do Mato Grosso e muito das partes sul e leste do Pará são dominadas por grandes fazendas de pecuária. Em partes do Pará, pequenos agricultores representam a força principal. Em Rondônia e ao longo da rodovia Transamazônica no Pará e no Amazonas, pequenos agricultores são agentes importantes. Porém, regionalmente, fica claro o domínio de fazendas grandes e médias (Fearnside, 2022). Projetos rodoviários planejados, tais como a reconstrução das rodovias BR-163 (Cuiabá-Santarém) e a BR-319 (Manaus-Porto Velho), também implicam na abertura de áreas grandes de floresta para a entrada de agentes de desmatamento. O mero anúncio de projetos de construção e de melhoria de rodovias leva a uma corrida especulativa de terra, com “grileiros” (grandes pretendentes ilegais de terra) frequentemente tomando posse de áreas extensas em antecipação de lucros oriundos do rápido aumento do preço da terra, uma vez que a rodovia esteja completa (Fearnside, 2022).

De acordo com nota técnica da Embrapa (2020) os imóveis rurais cadastrados no bioma Amazônia ocupam uma área de 1.488.743 km<sup>2</sup> ou 35,5% do bioma. Dos 489.808 imóveis rurais situados, total ou parcialmente, na área florestal já desmatada do bioma Amazônia, 442.619 são de pequenos agricultores, com menos de 4 módulos fiscais. Eles representam 90,4% do total. Os médios produtores, entre 5 e 15 módulos fiscais, totalizam 30.244 imóveis rurais e 6,2% do



total. Os grandes produtores, com mais de 15 módulos fiscais, reúnem 16.945 imóveis rurais e representam 3,5% do total. Em resumo, 90% dos imóveis rurais cadastrados no CAR no bioma Amazônia são de pequenos agricultores, proporção análoga à dos estabelecimentos agropecuários do Censo 2017 do IBGE.

Isto é, em 2019, ocorreu uma queimada em cada imóvel rural de pequeno agricultor, duas nos dos médios produtores e cinco nos dos grandes produtores registrados. Assim dizendo, de forma simples e proporcional, os pequenos produtores realizaram uma queimada por km<sup>2</sup>; os médios, uma queimada em cada 3,6 km<sup>2</sup> e os grandes, uma queimada a cada 24,2 km<sup>2</sup> (Embrapa, 2020).

O Brasil terminou 2017 com um número recorde de queimadas desde 1999, quando teve início a série histórica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A análise dos locais onde os incêndios ocorreram mostrou que, neste ano, o fogo aumentou em áreas de floresta natural, avançando em pontos onde antes não havia registro de chamas, e atingindo unidades de conservação e terras indígenas. Entre todos os biomas, o Cerrado, que também pertence a Amazônia Legal, foi o que teve mais unidades de conservação atingidas, contabilizando 75% de toda a destruição nas áreas protegidas (Imazon, 2017).

Ainda em 2017, foram registrados cerca de 272 mil focos de queimadas, 46% a mais do que em 2016 e acima do recorde anterior, de 2004, quando foram detectados 270 mil pontos de calor. Incêndios criminosos destruíram 986 mil hectares de unidades de conservação, o que corresponde a quase oito vezes a área da cidade do Rio de Janeiro. O número ficou próximo do registrado no ano de 2016, quando foram destruídos cerca de 1 milhão de hectares. Nas terras indígenas, os focos aumentaram 70% e ultrapassaram 7 mil (Imazon, 2017).

Além disso, é possível citar o papel do Corte Seletivo como agente potencializador da vulnerabilidade da floresta ao fogo. Visto que, as árvores da floresta amazônica, por exemplo, não são adaptadas ao fogo e a mortalidade a partir de uma primeira queimada fornece o combustível e a aridez necessários para fazer as queimadas subsequentes muito mais desastrosas (Cochrane, 2003). Sob a perspectiva econômica, é considerada uma falta de racionalidade, uma vez que ao empobrecer o solo, aumenta a demanda por fertilizantes químicos. Além disso, o país pode adquirir uma má reputação no mercado global, onde restrições são impostas aos produtos que causam impactos excessivos ao meio ambiente em qualquer etapa de seu ciclo de vida (Oliveira *et al.*, 2005).

A racionalidade dessa prática é um dos maiores entraves para o desenvolvimento agrícola na Amazônia está na escassez de informações tecnológicas. A magnitude dessas atividades, a heterogeneidade dos ecossistemas, a dimensão territorial, o reduzido contingente de

pesquisadores e do volume de recursos financeiros e patrimoniais, entre os principais, têm conspirado contra o pleno atendimento dos produtores. Grande parte das atividades agrícolas apresenta gargalos que precisam ser resolvidos, posto que o processo de tentativa e acerto vem conduzindo a altos custos sociais, ambientais e privados (Rebello *et al.*, 2005). A atual dinâmica de queimadas da região é bastante complexa e existem diferentes atores no quesito exploratório dos recursos naturais e diferentes processos produtivos extrativistas, agropecuários, energéticos e mineradores (Campos *et al.*, 2022).

Sabendo-se que existem tecnologias alternativas a prática do corte e queima, é necessário a implementação de políticas públicas por parte do estado que vise informar, conscientizar e capacitar os agricultores a aderirem a estes métodos menos agressivos ao meio ambiente. O uso de tecnologias e formas de manejo que possam de alguma forma mitigar a incidências de queimadas na Amazônia é primordial para o desenvolvimento sustentável das atividades produtivas desenvolvidas nesse bioma. A integração entre as alternativas já existentes e a percepção do agricultor sobre elas e sua posterior adoção, depende dentre outros fatores, da iniciativa por parte do poder público em implementar ações que visem a sustentabilidade na agricultura amazônica (Silva *et al.*, 2020).

Muitas ações do governo federal são executadas na Amazônia sem nenhuma consonância com as aspirações da população local (Homma, 2001). O crédito de fomento, isoladamente, não pode contribuir para o desenvolvimento socioeconômico. Faz-se necessário que venha acompanhado de uma série de outros elementos, para que, efetivamente, possa agregar valor à região e benefícios à melhoria da qualidade de vida do conjunto da população, contribuindo, desta forma, para a redução dos desequilíbrios inter-regional e intrarregionais (Rebello *et al.*, 2005).

Deste modo, ações isoladas de monitoramento, combate e controle de queimadas, serão pouco eficazes se não existir um esforço prévio de compreensão dos fenômenos que regem essas ações. A análise, discussão e compreensão desse cenário, complexo e dinâmico, são fundamentais e inevitáveis se realmente houver disposição para mudar o quadro atual de políticas públicas e ações de comando e controle a fim de formatar novas alternativas de atividades antrópicas e ecologicamente sustentáveis, economicamente menos gananciosas e socialmente mais justas.

No que tange aos Direitos Fundamentais há vedação do retrocesso, assim o estado não pode retirar do povo um direito fundamental adquirido. A magna carta, no artigo 225, consagra o direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e isso assegura que o Brasil tem o dever de promover a segurança e proteção ao bem jurídico tutelado (meio ambiente), ou

seja, um direito difuso a ser tutelado por todos. Esse princípio é de suma importância na presença de inúmeras degradações do meio ambiente. Com ele, não há possibilidades de a exploração econômica ser mais relevante, não obstante, o direito ambiental deve estar sólido e preparado para as ameaças que serão cada vez mais frequentes, bem como a atuação do legislador que não se atentar à significativa importância de um ambiente “em paz” com a população que nele habita (Nogaroto *et al.*, 2021).

Para mais, quando for imprescindível a derrubada de áreas de floresta ou a execução de atividades de risco ambiental, os governos federal, estadual e municipal precisam efetuar um Programa de Compensação Ecológica, mediante uma ampla discussão com a sociedade (Homma, 2001). Nesse sentido, faz-se necessária a disponibilização, ao setor produtivo, de facilidades de acesso ao crédito, infraestrutura de apoio, insumos agrícolas (mecanização rural, fertilizantes químicos, calcário, mudas) e assistência técnica. Outro aspecto está relacionado com a implementação de atividades irreversíveis como hidrovias, quando inevitáveis, essas obras devem ser efetuadas mediante compensação ecológica, após ampla discussão com a sociedade civil organizada.

Para todas as situações de uso do fogo na agropecuária existem tecnologias e técnicas alternativas para suprimir o seu emprego. A modernização da agricultura com adoção de inovações tecnológicas e a capitalização dos produtores têm sido os principais vetores para a redução das queimadas. Mas a disseminação de tecnologias adequadas para eliminar o uso do fogo na agropecuária tem custo alto e depende do acesso dos agricultores à extensão rural e ao crédito. No bioma Amazônia, para cerca de um milhão de produtores lá instalados, o primeiro passo para tal mudança é a regularização fundiária, sem a qual eles não têm, nem terão, acesso a políticas públicas (Embrapa, 2020).

Dessa forma, fica notório, que medidas precisam ser tomadas a fim de diminuir a prática de queimadas na região da Amazônia Legal, no entanto, para que sejam eficazes, precisam levar em conta todos os fatores heterogêneos da região, adotando políticas públicas que sejam associadas à implementação de práticas mais sustentáveis. A integração de tecnologias alternativas ao uso do fogo na agropecuária, o acesso facilitado ao crédito e à infraestrutura de apoio, bem como a fiscalização, são essenciais para promover um desenvolvimento sustentável.

## **2.2 Referencial empírico**

Nesta seção, serão apresentadas evidências empíricas a respeito dos aumentos de focos de queimadas na Amazônia Legal. Será utilizado dados numéricos e estatísticos para

demonstrarmos à teoria, ademais disporemos dos artigos citados acima para embasamento argumentativo.

No estudo de Coutinho (2005) sobre as queimadas no estado do Mato Grosso, com objetivo de identificar e caracterizar a dinâmica espaço-temporal das queimadas no estado e explicar seus principais condicionantes, utilizando como método a seleção do conjunto de variáveis; análise de Componentes Principais - ACP; e análise de cluster foi evidenciada a forte influência da atividade pecuária na expansão agrícola, especialmente nos grupos D e F identificados na análise de cluster. O Grupo D, composto por municípios de extensas áreas, destaca-se pelas altas taxas de queimadas, sendo predominantemente pecuarista com baixa área desmatada. Já o Grupo F, constituído por municípios com atividades agrícolas e pecuárias reduzidas, se diferencia pela presença de famílias assentadas pelo INCRA e volumes significativos de produção de madeira em tora. O estudo também revelou a correlação entre posse de terras, desmatamento e queimadas, desafiando a visão tradicional de que apenas a pecuária impulsiona o avanço da fronteira agrícola. A entrada da soja, embora complexa, também desempenha um papel significativo. A exploração madeireira foi associada às queimadas, indicando a necessidade de políticas integradas de controle. O autor enfatizou as limitações do monitoramento atual, defendendo uma abordagem mais abrangente e consistente para controlar a expansão agrícola na região amazônica.

Foi observado também que o aumento em 346% do número de queimadas no estado do Maranhão entre os anos de 2008 e 2012, estava relacionado com o crescimento do setor agropecuário no estado. O qual, encontra-se estruturado em grandes extensões territoriais que implica na expulsão das famílias camponesas e na exploração inadequada dos recursos naturais, considerando a exigência do desmatamento para a implantação dos monocultivos (Azar, 2011). Ademais aspectos socioeconômicos geralmente motivam o uso do fogo para o preparo de roças por pequenos produtores (Mendonça, 2004). Transformar floresta em pastos, roçados e áreas de cultivo, torna o fogo uma alternativa mais viável, uma vez que o custo de maquinário pesado para retirada de troncos das derrubadas é muito alto, e a mão de obra para limpeza da área e controle de plantas invasoras é escasso. As ações antrópicas que mais incrementam na quantidade de queimadas são aqueles referentes a atividades do campo, que utilizam o solo como meio de produção, tais como a pecuária, a agricultura de larga escala e a agricultura de corte e queima. Já se tem conhecimento histórico que as intervenções do homem no ambiente causam diversos problemas ambientais, no entanto, estes têm se agravado cada vez, diante dos atuais fatores econômicos que impulsionam o setor agropecuário brasileiro (Prado, 2003).

É importante frisar que as queimadas florestais constituem um dos mais danosos eventos que provocam alterações nas formações vegetais, sejam elas naturais ou plantadas. Muitas são as causas de sua origem, entretanto, as mais frequentes e preocupantes reúnem-se em pequeno grupo onde é provinda de atividades antrópicas. A análise dos dados de queimadas nos municípios do Maranhão em 2014 e 2015, com base nos registros do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e dados meteorológicos, revela um aumento drástico nos focos de incêndio. Municípios como Grajaú, Mirador, Balsas e Alto do Parnaíba testemunharam um aumento significativo nas queimadas, a quais foram relacionadas principalmente a atividades humanas, especialmente a agricultura de larga escala e a pecuária. O estudo destaca o impacto alarmante do avanço do agronegócio no Maranhão, que está intrinsecamente ligado ao aumento das queimadas devido ao desmatamento (Sales *et al.*, 2019).

No estudo Masullo e Castro (2015) sobre as Terras Indígenas (TI) do Maranhão, foi realizada uma análise profunda dos indicadores socioeconômicos e sua relação com a incidência de queimadas. Foi notado que as aldeias mais populosas enfrentam desafios significativos, incluindo baixo Índice de Desenvolvimento Humano, altas taxas de analfabetismo e extrema pobreza. Além disso, a infraestrutura básica, como acesso à água potável e saneamento, é precária em muitas dessas comunidades. O estudo também revelou que aldeias com baixos índices de desenvolvimento humano e alta pobreza tendem a ter mais queimadas. A presença de infraestrutura, como eletricidade e estradas pavimentadas, não mostrou correlação clara com o aumento das queimadas. Portanto, a pesquisa destaca a necessidade urgente de políticas públicas eficazes, adaptadas às características específicas de cada TI, e a importância da participação ativa das comunidades indígenas para mitigar os impactos das queimadas e melhorar as condições de vida nesses territórios.

No estado do Tocantins, no ano de 2014, foi observado um total de aproximadamente 45 mil km<sup>2</sup> de áreas queimadas, representando 16,3% da área total do estado. As análises foram realizadas utilizando imagens de satélite *Landsat* durante os meses de julho a outubro daquele ano. O estudo identificou que áreas com declividade baixa (até 5%) e muito alta (acima de 45%) foram mais propensas a queimadas. Além disso, regiões com precipitação média anual entre 1.400 mm e 1.800 mm e temperaturas médias anuais entre 25°C e 27°C também apresentaram altas ocorrências de queimadas. A influência de variáveis socioeconômicas foi evidente, com municípios de indicadores mais baixos apresentando maiores áreas queimadas. A análise de componentes principais indicou que variáveis como população alfabetizada, população urbana, Produto Interno Bruto (PIB) e indicadores de desenvolvimento humano estavam relacionadas às áreas queimadas. O uso do fogo para a limpeza de áreas para agricultura foi mencionado

como uma prática comum na região, especialmente durante os meses de setembro e outubro, quando há escassez de chuvas. Áreas protegidas, como a Terra Indígena do Araguaia e o Parque Nacional do Araguaia, também foram afetadas, representando 36,1% das áreas queimadas observadas no estado. O estudo ressaltou a importância da análise integrada de dados geoespaciais e socioeconômicos para entender melhor os padrões e as causas das queimadas na região (Carvalho *et al.*, 2017).

Ademais a relação direta entre os focos de queimadas e condições climáticas desfavoráveis, como baixa precipitação e umidade, é evidente nos dados analisados. Percebe-se que quando houve uma queda nos índices de precipitação e umidade relativa do ar ocorreu simultaneamente o aumento do número de focos. Diante disso, nota-se que a dinâmica das queimadas no Maranhão parece estar alinhada com a sazonalidade climática e a sua variação regional. As condições climáticas e incêndios mantêm uma estreita relação, desde a probabilidade de ocorrências de incêndios decorrente das condições atmosféricas em um dado período, até a manutenção e propagação do fogo (Torres, 2006).

A Floresta Amazônica, apesar de parecer homogênea, é na verdade um complexo de diversos tipos de vegetação, cada um com sua própria biodiversidade e vulnerabilidade a secas, desmatamentos e queimadas. As florestas primárias de terra firme, por exemplo, são densas e resistem naturalmente ao fogo devido à umidade mantida pelas copas das árvores. No entanto, a ação humana, incluindo a prática de queimadas para agricultura e pecuária, perturba esse equilíbrio, tornando a floresta mais suscetível a incêndios. O aumento do desmatamento desde a década de 1960, juntamente com as mudanças climáticas, tem levado a incêndios mais frequentes e catastróficos na Amazônia, afetando não apenas a biodiversidade, mas também o ciclo hidrológico e o clima global (Copertino *et al.*, 2019). É consenso entre os pesquisadores que o uso do fogo é tradicional na cultura da Amazônia. O fogo é considerado uma ferramenta básica de manejo nos trópicos, por ser uma forma rápida, eficaz e barata de limpar a terra, produzir cinzas ricas em nutrientes e reduzir a incidência de plantas invasoras e pragas. A médio e longo prazos, no entanto, ou quando escapa dos limites desejados, o fogo gera prejuízos que superam seus eventuais benefícios, tanto para os produtores rurais quanto para a sociedade. Uma vez que o fogo é o principal método para limpar a terra e para a manutenção da pastagem (Santos *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2018), eventos de ignição são comuns na Amazônia.

Apesar das leis que proíbem o uso do fogo na vegetação, de acordo com o artigo 38 do Código Florestal brasileiro (Lei nº 12.651/2012): “I - em locais ou regiões que justifiquem o emprego do fogo em práticas agropastoris ou florestais, mediante prévia aprovação do órgão estadual ambiental” exceções são feitas para práticas agropastoris, resultando em uma

interconexão preocupante entre desmatamento e queimadas na região. A Amazônia, que desempenha um papel crucial na regulação do clima global, enfrenta sérios riscos de transição para um estado de vegetação mais aberta, conhecido como "savanização", devido à combinação desses fatores. A severidade das secas altera o regime de fogo, amplificando as queimadas para maiores porções da floresta e para além das áreas desmatadas para o manejo agrícola. Além de causar emissões imediatas de CO<sub>2</sub>, as queimadas constantes induzem mudanças na vegetação, reduzindo a capacidade natural da floresta em estocar e reciclar nutrientes, com enormes implicações para o ciclo global de carbono. A conservação da floresta, a restauração de áreas degradadas e a promoção do uso sustentável dos recursos naturais são vitais para mitigar as mudanças climáticas e preservar esse ecossistema crucial (Copertino *et al.*, 2019).

Desta forma, a análise das queimadas no Brasil revela uma realidade complexa, influenciada por fatores sociais, econômicos, climáticos e políticos. A expansão agrícola, especialmente na pecuária e agricultura em larga escala, é uma das principais causas, levando à degradação ambiental. As Terras Indígenas enfrentam altas taxas de queimadas devido à infraestrutura precária e ao uso tradicional do fogo. A falta de regulamentação, especialmente em áreas agropastoris, e as mudanças climáticas exacerbam a situação, afetando não apenas a biodiversidade, mas também o ciclo hidrológico e o clima global na Amazônia. Políticas públicas rigorosas, controle das atividades agropecuárias, regulamentação do uso do fogo e investimentos em educação são essenciais para reverter essa tendência. Preservar Terras Indígenas, restaurar ecossistemas e promover a cooperação entre comunidades locais, cientistas e organizações são passos cruciais para enfrentar o problema e garantir um futuro mais sustentável.

Quadro 1 - Aplicações empíricas de estudos sobre queimadas e suas correlações com variáveis socioeconômicas no Brasil

AUTORES	Coutinho, 2005	Carvalho et al., 2017	Sales et al., 2019	Masullo et al., 2015
<b>OBJETIVO</b>	Os objetivos do trabalho são identificar e caracterizar a dinâmica espaço-temporal das queimadas no estado do Mato Grosso e explicar seus principais condicionantes no período de 1999-2001.	Caracterizar áreas queimadas no Tocantins, no ano de 2014, utilizando imagens de satélite de média resolução espectral do período de estiagem, por meio de análise exploratória e de componentes principais, com uso de imagens de satélite dos meses de julho a outubro.	Quantificar a ocorrência de focos de queimadas nos municípios do Maranhão apresentando o ranking dos 10 municípios mais atingidos nos anos de 2014 e 2015, visando alertar sobre os desastres ambientais causados pelas queimadas e destacar as consequências econômicas associadas a esses eventos.	Analisar e correlacionar os aspectos e os condicionantes socioeconômicos e a incidência de focos de queimadas nas Terras Indígenas do Maranhão, a partir da série histórica de focos de queimadas (2000 a 2014).
<b>VARIÁVEIS</b>	F1 de queimadas; Área; Número de tratores 1996; Área desmatada no ano de 2000; Área total dos desmatamentos em 2000; Porcentagem total das áreas desmatadas 2000; Rebanho bovino 2001; Área plantada com algodão 2001; Área plantada com cana de açúcar 2001; Área plantada com milho 2001; Área plantada com soja 2001; Área cultivada com lavouras temporárias 2001; Fundo Constitucional de Financiamento do Centro Oeste 2000; Produção de madeira em tora 1999; Número de famílias em assentamentos do INCRA 2000.	Área Queimada (AQ); Número de focos de calor; População alfabetizada, taxa de analfabetismo; População que reside na área urbana e rural; Renda per capita urbana e rural; Índice de Desenvolvimento Humano (IDH); Produto Interno Bruto (PIB); PIB relacionado a serviços, impostos, indústria, agropecuária e per capita; Número de bovinos e áreas de pastagens naturais e de florestas; Índice de pobreza; Precipitação média anual; Pedologia (tipo de solo); Temperatura média anual; Bacia hidrográfica; Declividade do terreno; Áreas protegidas; Uso da terra; Limites municipais; Percentual de área queimada observado no estado referente à classe da base de dados.	Utilizou o banco de dados de queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Ferramentas de geoprocessamento no software QGIS versão 2.14 foram empregadas para criar um banco de dados em ambiente SIG com os arquivos dos focos de queimadas. A análise foi realizada usando a ferramenta Vetor>Analisar>Pontos no Polígono, permitindo quantificar os focos por município nos anos estudados. O estudo também comparou esses dados com informações meteorológicas, como pluviosidade e umidade, obtidas do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), relacionando os focos de queimadas com as condições climáticas das estações de Colinas, Balsas e Barra do Corda/MA.	Dados de localização e quantidade de focos de queimadas nas Terras Indígenas do Maranhão no período de 2000 a 2014; IDH, Taxa de Analfabetismo, Saneamento, Renda, Pavimentação de Vias e Energia.
<b>REGIÕES PERÍODO</b>	E Mato Grosso nos anos de 1999 a 2001.	Tocantins no ano de 2014.	Maranhão nos anos de 2014 e 2015.	Terras Indígenas do Maranhão nos anos de 2000 a 2014.

Continua...



Continuação.

<b>MÉTODO</b>	Seleção do conjunto de variáveis; Análise de Componentes Principais - ACP; Análise de cluster.	Correção atmosférica e geométrica com identificação visual das áreas afetadas pelo fogo.	Levantamento de dados e georreferenciamento.	Técnicas de Sistema de Informação Geográfica (SIG), média ponderada e análise de correlação.
<b>RESULTADOS</b>	Forte influência da atividade pecuária na expansão agrícola, especialmente nos grupos D e F identificados na análise de cluster, ademais fez correlação entre posse de terras, desmatamento e queimadas, desafiando a visão tradicional de que apenas a pecuária impulsiona o avanço da fronteira agrícola. A entrada da soja, embora complexa, também desempenha um papel significativo. A exploração madeireira foi associada às queimadas, indicando a necessidade de políticas integradas de controle. O autor enfatizou as limitações do monitoramento atual, defendendo uma abordagem mais abrangente e consistente para controlar a expansão agrícola na região amazônica.	O estudo analisou as áreas queimadas no Tocantins em 2014, encontrando que 16,3% da área total do estado (45 mil km <sup>2</sup> ) foi afetada. A maioria das queimadas ocorreu no sul do Tocantins, no bioma cerrado. Áreas com declividade baixa e muito alta, precipitação anual entre 1.400 mm e 1.800 mm, e temperaturas médias anuais entre 25°C e 27°C foram mais propensas a queimadas. Municípios com indicadores socioeconômicos mais baixos tiveram áreas queimadas maiores. Variáveis como população alfabetizada, população urbana, PIB e indicadores de desenvolvimento humano estavam ligadas às queimadas. O uso do fogo para agricultura foi comum em setembro e outubro devido à falta de chuvas. O estudo destaca a complexidade das queimadas, influenciadas por fatores geográficos, climáticos, socioeconômicos e humanos, ressaltando a necessidade de análises integradas para entender esses padrões e causas.	O estudo investiga os 10 municípios mais afetados por queimadas no Maranhão em 2014 e 2015, destacando Grajaú, Mirador, Balsas e Alto do Parnaíba como os mais impactados. A pesquisa revela que atividades agrícolas intensivas, como agricultura de larga escala e pecuária, são as principais causas das queimadas na região. Além disso, há uma clara correlação entre focos de queimadas e condições climáticas desfavoráveis, com aumentos significativos durante períodos de baixa precipitação e umidade relativa do ar.  A análise também revela que a expansão do agronegócio no Maranhão, incluindo práticas de desmatamento, está diretamente ligada ao aumento das queimadas. Parques estaduais, terras indígenas e áreas de conservação também estão sendo afetados. Os resultados destacam a urgência de políticas sustentáveis para conter as queimadas, não apenas devido aos impactos ambientais, mas também pelos prejuízos econômicos e na saúde da população.	O estudo analisou as Terras Indígenas (TI) no Maranhão usando indicadores socioeconômicos, como IDHM e Taxa de Analfabetismo, em níveis municipal e censitário. Mostrou que aldeias mais populosas estão em municípios como Barra do Corda, Grajaú e Jenipapo dos Vieiras. Muitas aldeias têm baixo desenvolvimento humano, alta taxa de analfabetismo e extrema pobreza, com infraestrutura básica precária. Aldeias com baixo IDHM, alta taxa de analfabetismo e pobreza extrema têm mais queimadas, enquanto a presença de infraestrutura básica não tem uma correlação clara com o aumento das queimadas. O tamanho das aldeias e a conexão com áreas urbanas também influenciam os padrões de queimadas.

Fonte: Elaborado a partir dos estudos de Coutinho (2005), Carvalho et al. (2017), Sales et al. (2019) e Masullo et al. (2015)

### 3 METODOLOGIA E BASE DE DADOS

Esta seção tem como objetivo apresentar os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa. Primeiramente, será detalhada a estratégia empírica do estudo, seguida da descrição dos dados utilizados.

#### 3.1 Metodologia

Com a intenção de alcançar o objetivo principal, que consiste em reproduzir uma tipologia dos municípios da Amazônia Legal com base em indicadores multidimensionais para verificar a correlação entre os área queimada e indicadores socioeconômicos e demográficos, será utilizado o método multivariado de análise fatorial, uma vez que, é o método que mais se alinha aos objetivos finais desse estudo.

A análise fatorial tem como função principal reduzir o número original de variáveis de forma que esses fatores independentes extraídos possam explicar, de forma simples e resumida, as variáveis originais. O método de análise fatorial é uma técnica estatística multivariada usada para representar relações complexas entre conjuntos de variáveis. No modelo de análise fatorial, cada uma das variáveis pode ser definida como uma combinação linear dos fatores comuns que irão explicar a parcela da variância de cada variável, mais um desvio que resume a parcela da variância total não explicada por estes fatores (Hair *et al.*, 2009)<sup>1</sup>. O modelo de análise fatorial, a partir da matriz de correlação, relaciona linearmente as variáveis padronizadas  $Z$  e os  $m$  fatores comuns desconhecidos:

$$Z_1 = l_{11}F_1 + l_{12}F_2 + \dots + l_{1m}F_m + \epsilon_1 \quad (1)$$

⋮

$$Z_p = l_{p1}F_1 + l_{p2}F_2 + \dots + l_{pm}F_m + \epsilon_p \quad (2)$$

---

<sup>1</sup> A análise fatorial analisa a variância comum, ao contrário do método de componentes principais que se baseia na variância total das variáveis. Para o presente estudo optou-se pela análise fatorial em que a matriz de correlação apresenta estimativas de comunalidades na diagonal. Uma vez que o artigo analisa questões de desenvolvimento, a análise da variabilidade comum dos indicadores informa adicionalmente a importância relativa de cada um na variância comum.

ou em notação matricial:

$$D(X - \mu) = LF + \varepsilon \quad (3)$$

Na qual,  $D$  é uma matriz diagonal  $p \times p$  formada pelos inversos da variância de cada variável.  $F_{m \times 1}$  é um vetor aleatório que contém  $m$  fatores não observáveis ( $1 \leq m \leq p$ ). O modelo assume que as variáveis  $Z_i$  estão relacionadas linearmente com novas variáveis aleatórias  $F_j$  (fatores).  $l_{ij}$  (*loading*) é o coeficiente da  $i$ -ésima variável padronizada  $Z_i$  no  $j$ -ésimo fator  $F_j$  e representa o grau de relacionamento linear entre  $Z_i$  e  $F_j$ . As informações das  $p$  variáveis originais padronizadas  $Z$  são representadas por  $(p+m)$  variáveis não observáveis ( $\varepsilon$  e  $F$ ).

A interpretação dos fatores originais  $F_1, F_2, \dots, F_m$  pode não ser trivial devido a valores próximos dos coeficientes  $l_{ij}$  em vários fatores diferentes (violação da ortogonalidade dos fatores). A fim de resolver essa questão, é realizado uma transformação ortogonal dos fatores originais em busca de estruturas mais simples, para melhor interpretação dos dados. A rotação ortogonal preserva a orientação original entre os fatores, mantendo-os perpendiculares. Neste estudo, assim como no artigo utilizado como base, foi utilizada a rotação VARIMAX. Os coeficientes  $l_{ij}$  (matriz  $L$ ) foram estimados pelo método dos componentes principais. Assim, o primeiro fator corresponde com a maior proporção da variabilidade comum e assim por diante (Campos *et al.*, 2022).

Pode-se descrever as etapas desenvolvidas na análise fatorial da seguinte forma:

- I. Seleção da base de dados
- II. Escolha das variáveis que se conectam com o objetivo do estudo
- III. Cálculo da matriz de correlação de todas as variáveis;
- IV. Escolha do número e extração dos fatores;
- V. Rotação dos fatores, com o intuito de facilitar a interpretação;
- VI. Definição de um número de fatores de acordo com o critério do autovalor (fatores com raízes características maiores do que um) ou que considere uma proporção adequada da variância comum;
- VII. Cálculo dos escores fatoriais.

### 3.2 Base de Dados

A construção da base de dados buscou selecionar indicadores que representem as inter-relações socioeconômicas, ambientais e demográficas presentes no nível municipal da região Amazônica. A base de dados é composta por 23 variáveis obtidas em quatro fontes: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Todas as informações se referem ao ano de 2017 para 752 municípios da Amazônia Legal. A escolha do ano de 2017 se deu por ser o mais recente em termos de disponibilidade conjunta dos dados das variáveis, especialmente os dados do Censo Agropecuário 2017 e indicadores de desenvolvimento como o IDHM. A Tabela 1 apresenta a nomenclatura, a descrição e as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas.

A principal variável a ser analisada é a área de cicatriz de queimada, obtida através do IBGE e do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, ela foi utilizada como indicador do impacto ambiental, representa a área queimada no município, medida em mil hectares. Nesse mesmo grupo também foram utilizadas as variáveis de área total dos estabelecimentos agrícolas (em mil hectares), área dos estabelecimentos agrícolas cujo produtor é proprietário (em mil hectares), número de cabeças de bovinos (em mil unidades) e área de pastagens (em mil hectares). Com esses indicadores é possível correlacionar as atividades agrícolas com as regiões de maior ocorrência de queimadas, além de abordar questões de propriedade fundiária na região, visto que, oferecem informações sobre a estrutura fundiária local.

O segundo grupo de variáveis, fornece uma visão abrangente do desenvolvimento humano e social da Amazônia Legal. Os indicadores foram retirados do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, sendo o índice de desenvolvimento humano municipal, educação básica para os anos iniciais e finais do ensino básico ao fundamental, grau de formalização, percentual de pobres no cadastro único pós bolsa família, de pessoas vulneráveis à pobreza e de pessoas inscritas no cadastro único que recebem bolsa família. Os principais aspectos a serem observados, permeiam nível de educação da população, bem como tendências de desigualdades e nível de vulnerabilidade social. Além disso, variáveis relacionadas ao emprego, como o grau de formalização do emprego para maiores de 18 anos, foram utilizadas como proxies para caracterizar a condição de emprego na região.

Outrossim, a fim de entender a situação da mecanização da agricultura, uso de maquinário agrícola e nível de extensividade da produção da região, assim como, nível de produtividade e diversificação de culturas nos municípios, serão analisadas, de acordo com o

IBGE, os indicadores: Número de tratores, implementos e máquinas existentes nos estabelecimentos agropecuários, soja em grão produzida (em mil toneladas), área colhida de soja (em mil hectares) e área colhida total (em mil hectares). A entrada da soja na região, embora complexa, também desempenha um papel significativo no aumento das queimadas. Assim como a exploração madeireira foi associada a mesma. Os municípios de Santa Carmem, Cláudia e Vera (Mato Grosso) apresentaram uma incidência de queimadas mais elevada e alguns indicadores de crescimento e expansão das áreas de cultura de soja. Essa combinação de valores indica uma dinâmica emergente e um alto potencial de expansão da fronteira agrícola, sobretudo ao considerar a localização geográfica desses municípios, situados às margens dos grandes polos de produção de soja (Coutinho, 2005).

Além disso, retirado do IBGE, foram consideradas variáveis econômicas como o Produto Interno Bruto (PIB) e importações. As importações foram incluídas por sua menor correlação com o PIB em comparação com as exportações, fornecendo uma visão mais abrangente da economia local. Ainda nesse grupo, foram considerados dados demográficos retirados do Censo 2017, como população, para entender a dimensão humana dos municípios. Um aumento na população pode levar a um aumento na demanda por terras e recursos naturais, o que pode levar a prática de queimadas para a expansão da agricultura, pecuária, e outras atividades. Correlacionando o PIB, juntamente com indicadores de infraestrutura básica, considerados a partir do Cadastro Único 2017, a falta de abastecimento de água, esgoto e coleta de lixo adequados pode demonstrar precariedade nas condições de vida, falta de acesso a serviços básicos, até mesmo questões de saúde pública relacionados a proliferação de doenças.

Isso posto, a última variável a ser analisada, retirada do Censo 2017 é taxa de mortalidade infantil nos municípios da Amazônia Legal, considerada um indicador relevante relacionado aos cuidados com a saúde, além de demonstrar o investimento em saúde pública e desenvolvimento de uma região.

Essas variáveis, com suas respectivas médias, desvios-padrão, mínimos e máximos, proporcionam uma visão detalhada e abrangente dos municípios da Amazônia Legal, permitindo uma análise multifacetada das características e desafios enfrentados por essa região.

Tabela 1 - Descrição das variáveis e estatísticas descritivas dos indicadores

Variáveis	Descrição	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Queim	Área queimada (em mil hectares)	16,87	45,13	0,00	595,19
Aterr	Área total dos estabelecimentos agrícolas (em mil hectares)	173,01	234,97	0,00	2462,09
Aprop	Área dos estabelecimentos agrícolas cujo produtor é proprietário (em mil hectares)	156,15	220,47	0,00	2390,89
Boi	Número de cabeças de bovinos (em mil unidades)	113,35	174,02	0,02	2240,50
Apast	Área de pastagens (em mil hectares)	92,04	126,71	0,05	1648,97
IDHM	Índice de desenvolvimento humano municipal	0,66	0,07	0,45	0,84
IDEB_ai	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica para os anos iniciais do ensino fundamental (1º ao 5º ano)	4,79	0,91	0,00	7,30
IDEB_af	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica para os anos finais do ensino fundamental (6º ao 9º ano)	3,95	0,85	0,00	6,00
Gform	Grau de formalização do emprego - 18 anos ou mais	32,61	15,69	0,00	83,83
Pprobes	Percentual de pobres no Cadastro Único pós Bolsa Família	72,77	18,33	17,28	99,04
Pvprobreza	Percentual de vulneráveis à pobreza no Cadastro Único pós Bolsa Família	86,76	10,31	40,87	99,66
PBF	Percentual de pessoas inscritas no Cadastro Único que recebem Bolsa Família	73,03	16,57	18,69	97,07
Maq	Número de tratores, implementos e máquinas existentes nos estabelecimentos agropecuários	281,99	453,40	0,00	4380,00
Psoja	Soja em grão produzida (em mil toneladas)	49,87	171,32	0,00	2157,60
Asoja	Área colhida de soja (em mil hectares)	15,46	51,79	0,00	620,00
Acolh	Área colhida total (em mil hectares)	27,07	89,90	0,00	1205,63
PIB	Produto Interno Bruto (em mil R\$)	747,79	3459,96	18482,00	73225,45
Pop	População (em mil habitantes)	34,48	111,99	0,93	2130,26
Imp	Importações (em milhões R\$)	64,23	1042,56	0,00	27252,04
Psagua	Percentual de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água adequado	43,49	23,40	2,61	98,68
Pslixo	Percentual de pessoas inscritas no Cadastro Único sem coleta de lixo adequada	38,98	20,98	1,47	99,31
Pssan	Percentual de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo adequados	27,51	17,46	0,34	83,60
Mortinf	Taxa de mortalidade infantil (número de óbitos de menores de um ano de idade, por mil nascidos vivos)	17,69	9,27	2,85	90,91

Fonte: Elaborada com base nos dados compilados pelo Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2020), IBGE (2011, 2019a, 2019b, 2020a, 2020b, 2020c), INPE (2020) e MDIC (2021).

## 4 RESULTADOS

Para alcançar o objetivo geral deste estudo, que, é verificar a correlação entre as queimadas e indicadores econômicos, de produção agrícola, desenvolvimento, pobreza, infraestrutura básica de moradia e mortalidade infantil na Amazônia Legal no ano de 2017, foi utilizado um conjunto de 23 variáveis para capturar as questões multidimensionais presentes nos 752 municípios que fazem parte do Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES). Dessa forma, pretende-se obter uma tipologia dos municípios da Amazônia Legal que melhor descreva a região no período citado.

Observa-se, inicialmente, que a região apresenta um índice de desenvolvimento da educação básica para os anos finais do ensino fundamental (IDEB\_af) médio de 3,95, nível abaixo da média nacional de 2017 que era de 4,70. O mesmo ocorre com o índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) médio, que se encontrava em 0,66 abaixo da média nacional de 2017, 0,77. Ademais, os municípios da Amazônia Legal possuíam um PIB municipal médio igual a R\$ 747 milhões, inferior à média nacional para o mesmo ano (R\$ 1.182,31 milhões).

Dando sequência aos demais resultados, a técnica multivariada de análise fatorial busca descrever as interdependências entre as variáveis originais, extraíndo suas características comuns ou comunalidades a partir dos coeficientes de uma matriz de correlação. A eficiência do método se relaciona à magnitude e significância estatística das correlações entre as variáveis originais, sejam elas positivas ou negativas. Altas correlações entre determinadas variáveis devem gerar cargas fatoriais e comunalidades altas em certos fatores latentes (Campos et. al, 2022).

No entanto, caso a matriz de correlação apresente, em sua maioria, coeficientes não significativamente diferentes de zero, isso resultaria em fatores comuns compostos por variáveis com variâncias específicas elevadas. Nessas situações, as variáveis não seriam adequadamente elucidadas por esses fatores correspondentes. Portanto, Hair *et al.* (2009) recomendam uma análise prévia da matriz de correlação. A Tabela 2 apresenta os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis utilizadas para caracterizar os municípios da Amazônia Legal. Dos 253 coeficientes da matriz de correlação, cerca de 68% dos valores foram estatisticamente significativos a um nível de pelo menos 1%, o que indica que a estrutura de dados desta pesquisa é adequada para a análise fatorial.

Tabela 2 - Matriz correlação das variáveis originais

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1 Queim	1																							
2 Aterr	0,54*	1																						
3 Aprop	0,53*	0,99*	1																					
4 Boi	0,45*	0,79*	0,80*	1																				
5 Apast	0,51*	0,81*	0,82*	0,93*	1																			
6 IDHM	0,04	0,29*	0,27*	0,22*	0,16*	1																		
7 IDEB_ai	-0,02	0,21*	0,20*	0,19*	0,13*	0,56*	1																	
8 IDEB_af	-0,06	0,15*	0,14*	0,16*	0,09	0,47*	0,70*	1																
9 Gform	0,07	0,34*	0,33*	0,26*	0,21*	0,81*	0,50*	0,43*	1															
10 Pprobes	-0,06	-0,34*	-0,32*	-0,28*	-0,20*	-0,71*	-0,54*	-0,47*	-0,73*	1														
11 Pvprobreza	-0,05	-0,30*	-0,28*	-0,24*	-0,17*	-0,68*	-0,51*	-0,45*	-0,70*	0,96*	1													
12 PBF	-0,07	-0,31*	-0,29*	-0,30*	-0,21*	-0,70*	-0,53*	-0,46*	-0,73*	0,94*	0,95*	1												
13 Maq	0,25*	0,69*	0,67*	0,43*	0,43*	0,50*	0,37*	0,30*	0,57*	-0,56*	-0,54*	-0,52*	1											
14 Psoja	0,09	0,42*	0,38*	0,05	0,07	0,35*	0,26*	0,19*	0,42*	-0,41*	-0,41*	-0,36*	0,84*	1										
15 Asoja	0,09*	0,42*	0,39*	0,05	0,07	0,36*	0,26*	0,19*	0,42*	-0,41*	-0,41*	-0,37*	0,85*	0,99*	1									
16 Acolh	0,08	0,40*	0,36*	0,05	0,06	0,35*	0,25*	0,20*	0,42*	-0,40*	-0,39*	-0,35*	0,83*	0,98*	0,98*	1								
17 PIB	0,02	0,05	0,05	0,06	0,07	0,28*	0,11*	0,08	0,23*	-0,09	-0,06	-0,10*	0,10*	0,07	0,07	0,08	1							
18 Pop	0,03	0,03	0,04	0,06	0,08	0,23*	0,07	0,04	0,17*	0	0,02	-0,03	0,03	-0,01	-0,01	0	0,95*	1						
19 Imp	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0	0,12*	0,05	0,04	0,09	-0,02	0	-0,03	0,01	0,01	0	0,01	0,84*	0,77*	1					
20 Psagua	0,11*	0,06	0,08	0,19*	0,19*	-0,44*	-0,21*	-0,16*	-0,41*	0,29*	0,31*	0,29*	-0,20*	-0,22*	-0,22*	-0,21*	-0,09*	-0,05	-0,04	1				
21 Pslixo	-0,01	-0,18*	-0,17*	-0,13*	-0,12*	-0,68*	-0,36*	-0,29*	-0,65*	0,54*	0,51*	0,52*	-0,36*	-0,25*	-0,25*	-0,25*	-0,21*	-0,18*	-0,09*	0,58*	1			
22 Pssan	0,06	-0,03	-0,02	0,01	0,01	-0,56*	-0,24*	-0,17*	-0,50*	0,35*	0,34*	0,35*	-0,23*	-0,17*	-0,17*	-0,17*	-0,17*	-0,14*	-0,08	0,77*	0,81*	1		
23 Mortinf	0,05	-0,09*	-0,10*	-0,10*	-0,09*	-0,15*	-0,08	-0,1	-0,12*	0	-0,01	0	-0,13*	-0,09	-0,09	-0,09*	-0,07	-0,08	-0,02	-0,01	0,08	0,05	1	

Fonte: Elaborada a partir dos dados do estudo.

Nota: \*Indica que os coeficientes são significativos a pelos menos 1%.



Com o objetivo de atestar a confiabilidade do modelo, a Tabela 3 apresenta os resultados da análise fatorial realizada pelo método de componentes principais. O teste de esfericidade de Bartlett indicou significância estatística, evidenciando que a matriz de correlação entre as variáveis difere da matriz identidade de mesma ordem. As comunalidades das variáveis foram elevadas, com 16 das 23 variáveis apresentando valores acima de 0,80. O critério de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) atingiu 0,84, demonstrando a adequação dos dados para a análise fatorial. Essa medida, que varia de 0 a 1, oferece informações sobre a proporção da variância das variáveis contidas no banco de dados explicada pelas próprias variáveis. Valores próximos de 1 indicam uma explicação mais substancial da variabilidade pelas variáveis no banco de dados. Geralmente, valores acima de 0,70 são considerados adequados para a aplicação da análise fatorial (Mingoti, 2005; Johnson; Wichern, 2007).

Dessa forma, o número de fatores selecionados atendeu a dois critérios pré-estabelecidos. O primeiro critério, KMO, envolveu a seleção dos fatores com autovalores maiores do que 1, garantindo que cada fator retenha pelo menos a informação de uma variável original. O segundo critério considera a seleção dos fatores que, quando acumulados, conseguem capturar pelo menos 70% da variabilidade do vetor aleatório. Com base em ambos os critérios, optou-se por selecionar 6 fatores, que, em conjunto, explicam 85,2% da variância das variáveis. A Tabela 3 apresenta as cargas fatoriais após a rotação Varimax de Kaiser<sup>2</sup>.

O primeiro fator é composto pelos seguintes aspectos: Índice de desenvolvimento humano municipal, índice de desenvolvimento da educação básica para os anos iniciais e finais do ensino fundamental, grau de formalização do emprego - 18 anos ou mais, percentual de pobres no cadastro único pós bolsa família, percentual de vulneráveis à pobreza no cadastro único pós bolsa família, percentual de pessoas inscritas no cadastro único que recebem bolsa família. Sendo formado por variáveis que medem o nível de desenvolvimento da Amazônia Legal, por esta razão, foi denominado “Nível de desenvolvimento”. O fator 1 corresponde a 20,1 % da variância das variáveis.

O mapa da Figura 1: Painel A mostra a distribuição espacial dos escores fatoriais desse fator. Nesse mapa, quanto maior os valores dos escores maior o IDHM, indicadores educacionais e de formalização do emprego e menor os percentuais de pobreza. Isso ocorre basicamente na região do Pará, Mato Grosso e Rondônia. Quase todo o restante da região possui escore negativo, ou seja, resultados inferiores dos indicadores de educação básica e

---

<sup>2</sup> A rotação PROMAX foi realizada alternativamente e verificou-se robustez dos resultados em relação à rotação VARIMAX.

desenvolvimento humano e maior nível de pobreza e cadastros no Bolsa Família, incluindo todo o estado do Amazonas, Acre, Amapá e quase todo Maranhão.

Já o segundo fator é composto pelas cargas fatoriais de área queimada, área total dos estabelecimentos agrícolas, área dos estabelecimentos agrícolas cujo produtor é proprietário, número de cabeças de bovinos e área de pastagens. A associação dessas variáveis em um fator indica uma maior relação em termos de variabilidade de seus dados. Além disso, possuem a segunda maior variância das variáveis em proporção aos demais fatores, ou seja, a porcentagem explicada por esse fator é de 18,2%.

Acrescido a isso, o fator reúne alguns dos “popularmente” conhecidos como os responsáveis das queimadas, assim como criação de gado. A pecuária bovina é o uso do solo mais relevante em todos estados da Amazônia. É uma atividade, que, em geral, tem apresentado crescimento em todos os estados. Esses fatos tornam a criação de gado a atividade econômica de maior impacto em toda a região. Esses fatores tornam a pecuária a atividade mais intensamente associada aos processos de desmatamento na maior parte da região, o que incluem as queimas. Tal fato ainda está associado à baixa densidade dos rebanhos na região, visto que, a criação de gado bovino, em sua maioria, é extensiva (Rivero *et al.*, 2024). Por conseguinte, este fator foi denominado “Queimadas e determinantes” (Tabela 3).

O Painel B da Figura 1 mostra o mapa com a distribuição espacial dos escores do fator “Queimadas e determinantes”. Quanto maior são os valores mais intensas são as cores. Isso ocorre predominantemente nos estados do Mato Grosso, sudeste de Rondônia e sudoeste do Tocantins. Nessas regiões concentram-se a maior parcela da área queimada da Amazônia Legal, além dos estabelecimentos agrícolas com as maiores áreas, maior número de cabeças de bovinos e maiores áreas de pastagem. O contrário é observado na maior parte dos estados de Amazonas, Acre, Pará e Maranhão.

O terceiro fator associa as cargas fatoriais de número de tratores, implementos e máquinas existentes nos estabelecimentos agropecuários, soja em grão produzida, área colhida de soja e área colhida total. Logo, representa o fator de “Área trabalhada” indicando que quanto maior é a área colhida, maior tende a ser a área destinada à soja e maior é a produção de soja e uso de máquinas e implementos (Tabela 3). Sua contribuição é de 17,7% da variância das variáveis.

O Painel C da Figura 1 apresenta a dispersão geográfica dos escores desse fator. Nota-se que os valores mais altos se concentram principalmente na região central do Mato Grosso, que se destaca pela produção de soja e pela alta utilização de áreas agrícolas, caracterizando-se por práticas agrícolas intensivas no âmbito do agronegócio. Adiante o quarto fator denominado

“Perfil habitacional” engloba o percentual de pessoas inscritas no cadastro único sem abastecimento de água adequado, no cadastro único sem coleta de lixo adequada, e no cadastro único sem abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo adequados, que juntos representam 12,2% de variância acumulada. De forma geral, esses indicadores representam o acesso à infraestrutura básica de moradia da população inscrita no cadastro único.

O mapa da Figura 1: Painel D mostra a distribuição dos escores desse fator na Amazônia Legal. É possível concluir que se trata de uma população em situação de vulnerabilidade, na média, mais da metade da população não tem abastecimento adequado de água, esgoto e coleta de lixo. De acordo com o mapa em questão, a situação de infraestrutura básica de moradia para essa população mais vulnerável é relativamente mais homogênea, sendo mais precária na região sudoeste do Pará, Rondônia, Acre, centro-leste do Mato Grosso e no Norte e sul do Maranhão.

O quinto fator condiz com 12,1% da variância das variáveis e é denominado “Variáveis Econômicas e populacionais”, composto pelo Produto Interno Bruto, População e Importações, o quais se relacionam de forma positiva entre si, desta forma quanto maior o valor de uma variável, maior tende a ser o das outras duas.

Percebe-se valores maiores, mas de forma isolada, no Amazonas, Pará e Rondônia. Em um nível menor de escala econômica estão alguns municípios como Tocantins, boa parte do Mato Grosso e oeste do Amazonas, principalmente. Esses municípios associam economia de tamanho relativamente médio para a região, mas com volumes populacionais relativamente maiores (Figura 1: Painel E)

Por fim, o sexto fator intitulado “Mortalidade Infantil” é composto apenas pela variável taxa de mortalidade infantil (número de óbitos de menores de um ano de idade, por mil nascidos vivos) e representa 4,9% da variância dos dados. A inclusão dessa variável como um fator pode sugerir uma influência significativa na caracterização da região, diferenciando-se da maneira como as outras variáveis contribuem para esse contexto.

O local onde há indicativo de maior taxa de mortalidade infantil é no leste do Amazonas, centro sul de Rondônia, sul de Mato Grosso, centro leste do Pará, oeste do Amapá e no estado do Acre quase em sua totalidade, no entanto é possível identificar valores altos recorrentes em todos os estados (Figura 1: Painel F).

Tabela 3 -Resultados da Análise Fatorial

Variável	Descrição	Fatores						Comunalidades
		1	2	3	4	5	6	
IDHM	Índice de desenvolvimento humano municipal	0,687						0,791
IDEB_ai	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica para os anos iniciais do ensino fundamental (1º ao 5º ano)	0,703						0,657
IDEB_af	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica para os anos finais do ensino fundamental (6º ao 9º ano)	0,674						0,632
Gform	Grau de formalização do emprego - 18 anos ou mais	0,680						0,760
Pprobes	Percentual de pobres no Cadastro Único pós Bolsa Família	-0,882						0,905
Pvprobreza	Percentual de vulneráveis à pobreza no Cadastro Único pós Bolsa Família	-0,878						0,892
PBF	Percentual de pessoas inscritas no Cadastro Único que recebem Bolsa Família	-0,887						0,890
Queim	Área queimada (em mil hectares)		0,669					0,524
Aterr	Área total dos estabelecimentos agrícolas (em mil hectares)		0,890					0,933
Aprop	Área dos estabelecimentos agrícolas cujo produtor é proprietário (em mil hectares)		0,900					0,926
Boi	Número de cabeças de bovinos (em mil unidades)		0,918					0,895
Apast	Área de pastagens (em mil hectares)		0,946					0,909
Maq	Número de tratores, implementos e máquinas existentes nos estabelecimentos agropecuários			0,784				0,928
Psoja	Soja em grão produzida (em mil toneladas)			0,973				0,987
Asoja	Área colhida de soja (em mil hectares)			0,973				0,988
Acolh	Área colhida total (em mil hectares)			0,971				0,978
Psagua	Percentual de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água adequado				0,825			0,770
Pslixo	Percentual de pessoas inscritas no Cadastro Único sem coleta de lixo adequada				0,791			0,818
Pssan	Percentual de pessoas inscritas no Cadastro Único sem abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo adequados				0,924			0,904
PIB	Produto Interno Bruto (em mil R\$)					0,976		0,971
Pop	População (em mil habitantes)					0,955		0,925
Imp	Importações (em milhões R\$)					0,917		0,845
Mortinf	Taxa de mortalidade infantil (número de óbitos de menores de um ano de idade, por mil nascidos vivos)						-0,857	0,766
Autovalores		4,196	4,614	4,070	2,789	2,803	1,124	
Proporção da Variância Acumulada		0,201	0,383	0,560	0,682	0,803	0,852	

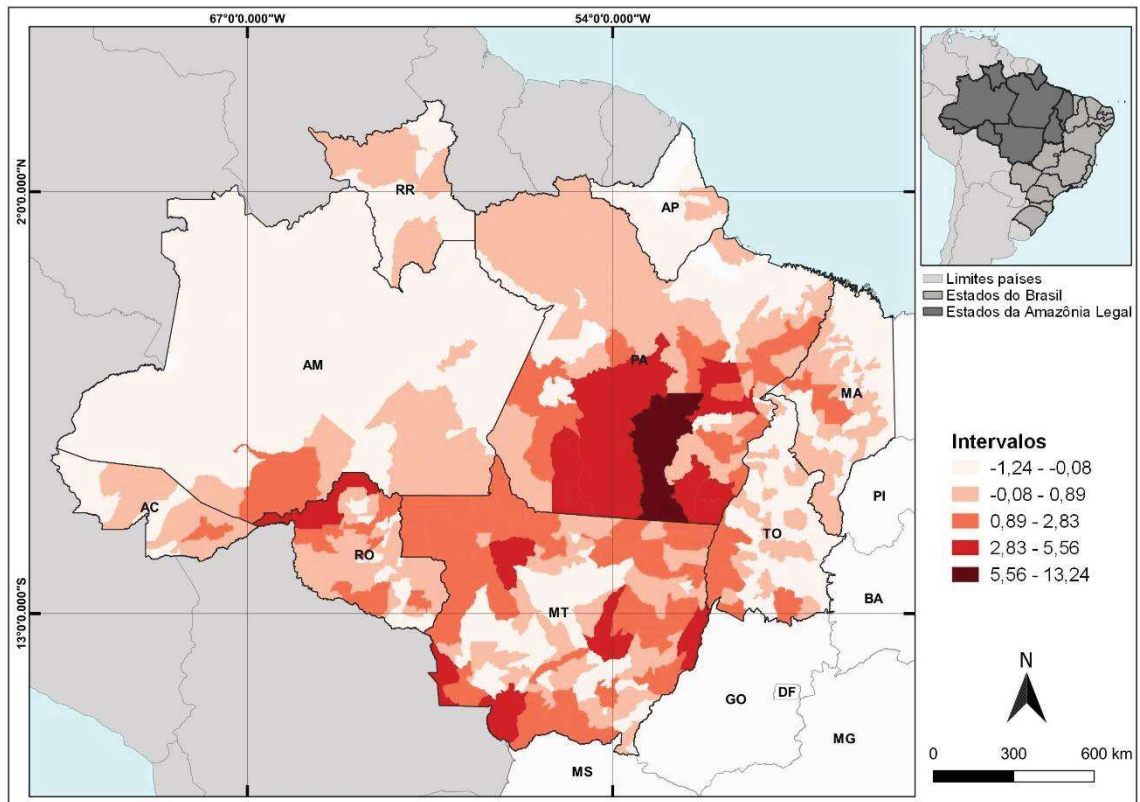
Teste de esferecidade de Bartlett: 27041,14 (p-value = 0,000)

Kaiser-Meyer-Olkin (KMO): 0,849

Fonte: Elaborada a partir dos resultados.

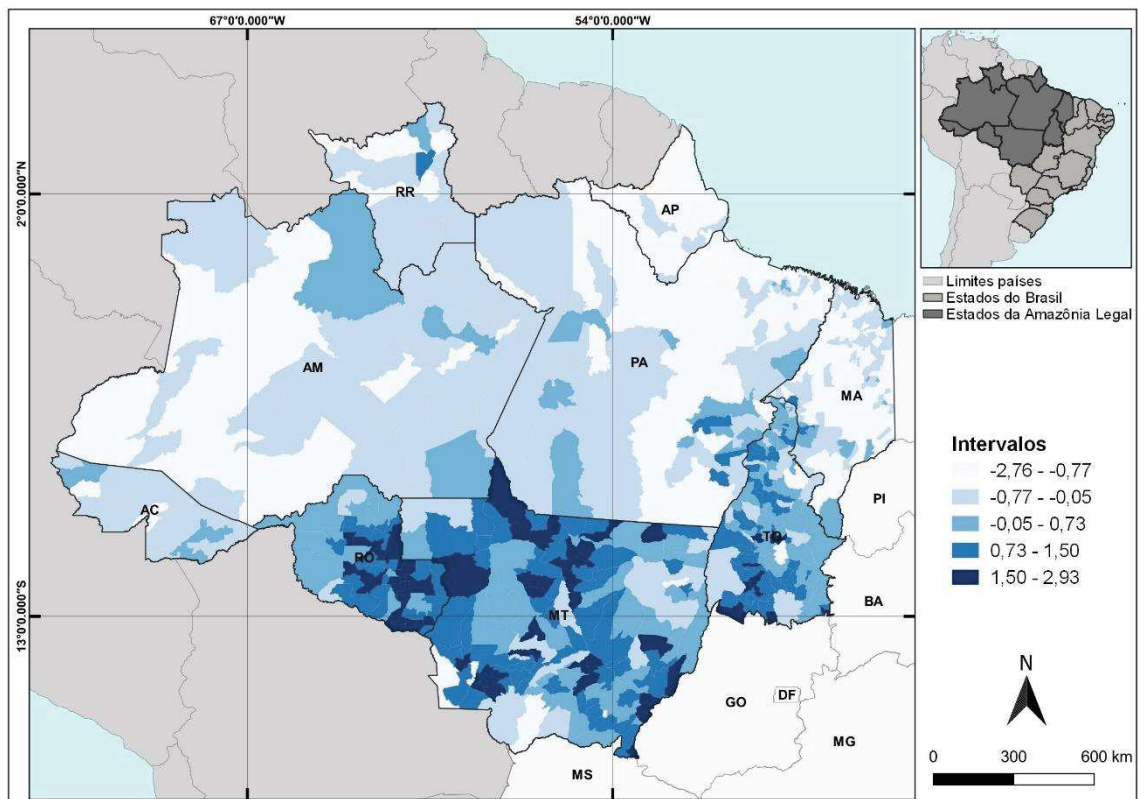
Nota: Valores dos coeficientes abaixo de 0,5 foram omitidos.

FIGURA 1 – Mapas dos escores fatoriais dos municípios da Amazônia Legal  
 Painel A - NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO

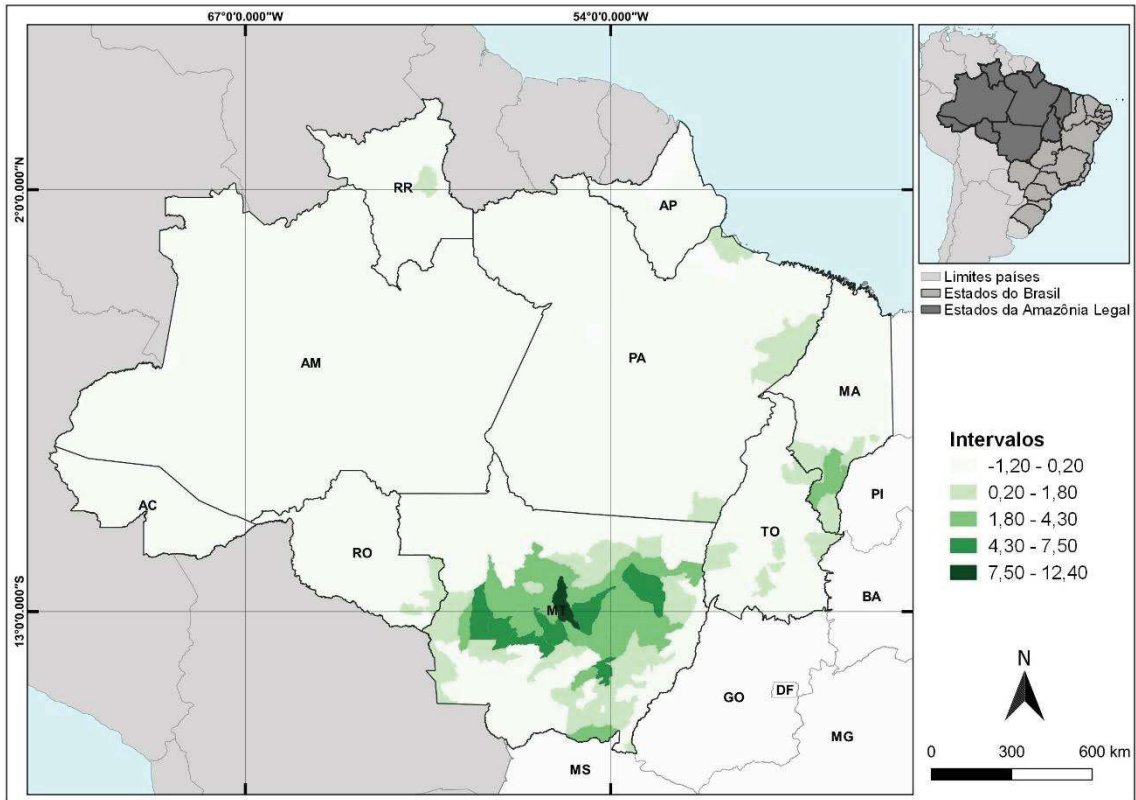


Fonte: Elaboração própria

Painel B - QUEIMADAS E DETERMINANTES

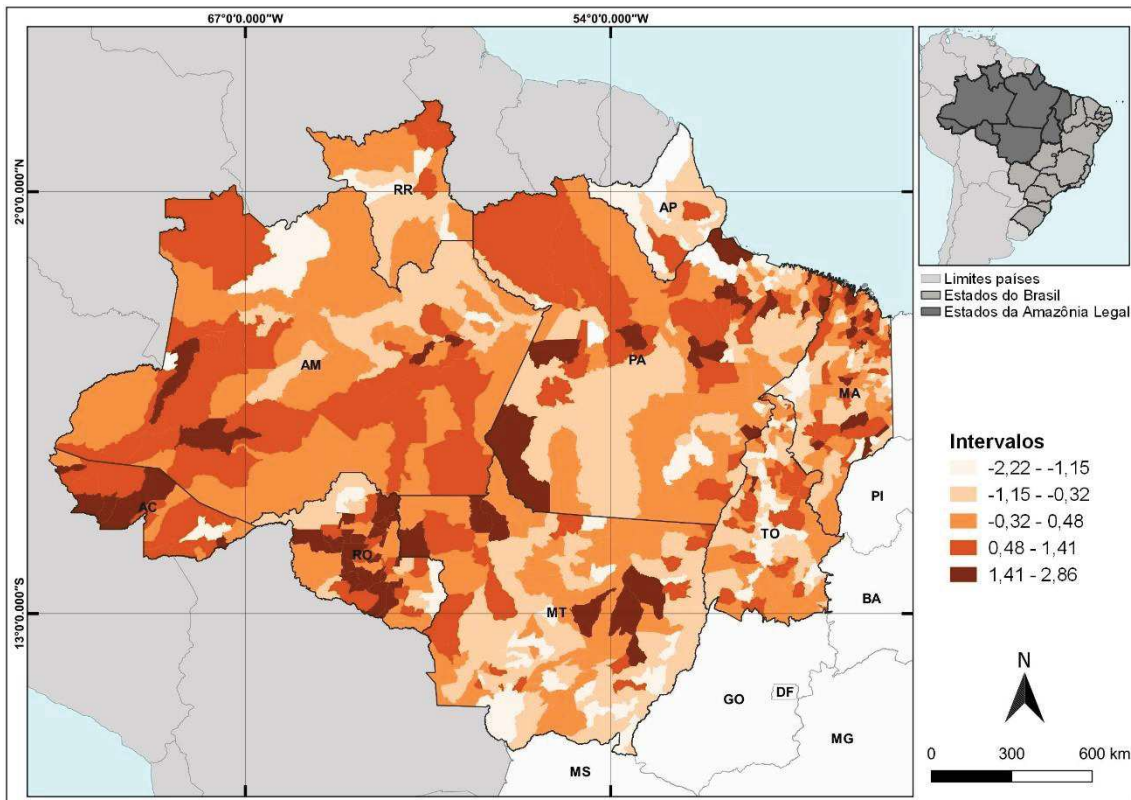


Painel C - AREA TRABALHADA



Fonte: Elaboração própria

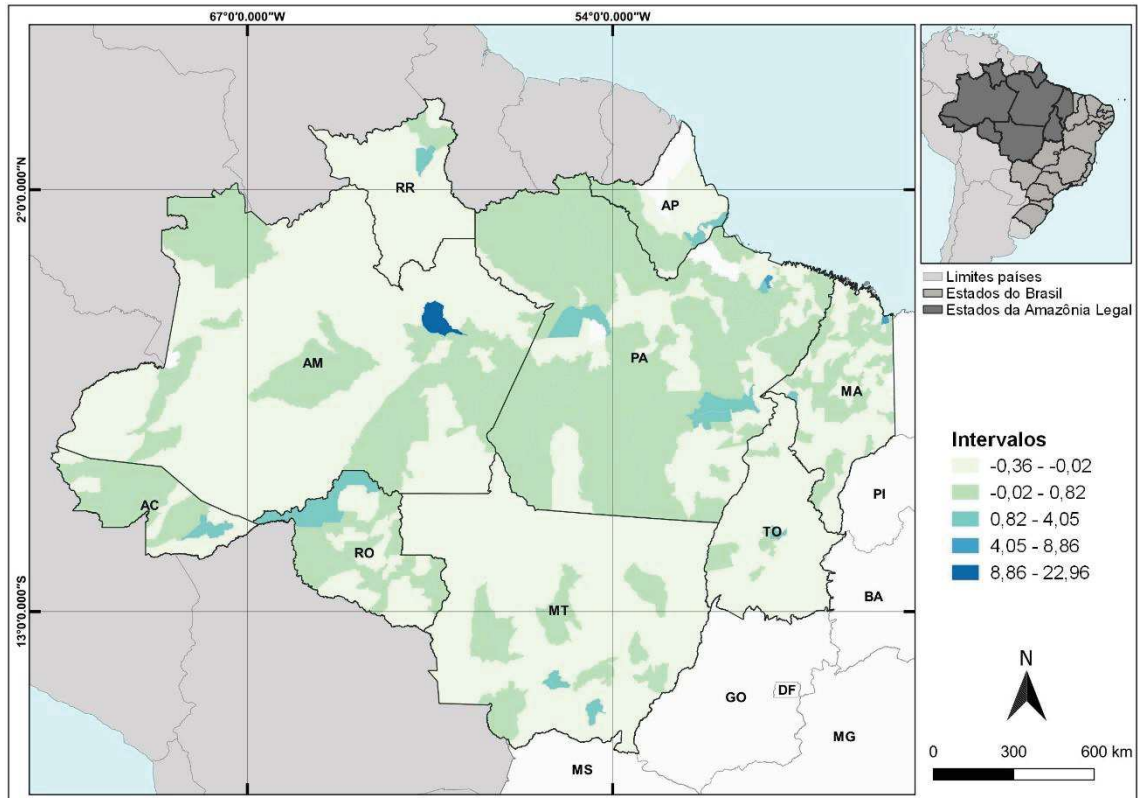
Painel D - VARIÁVEIS ECONÔMICAS E POPULACIONAIS



Fonte:

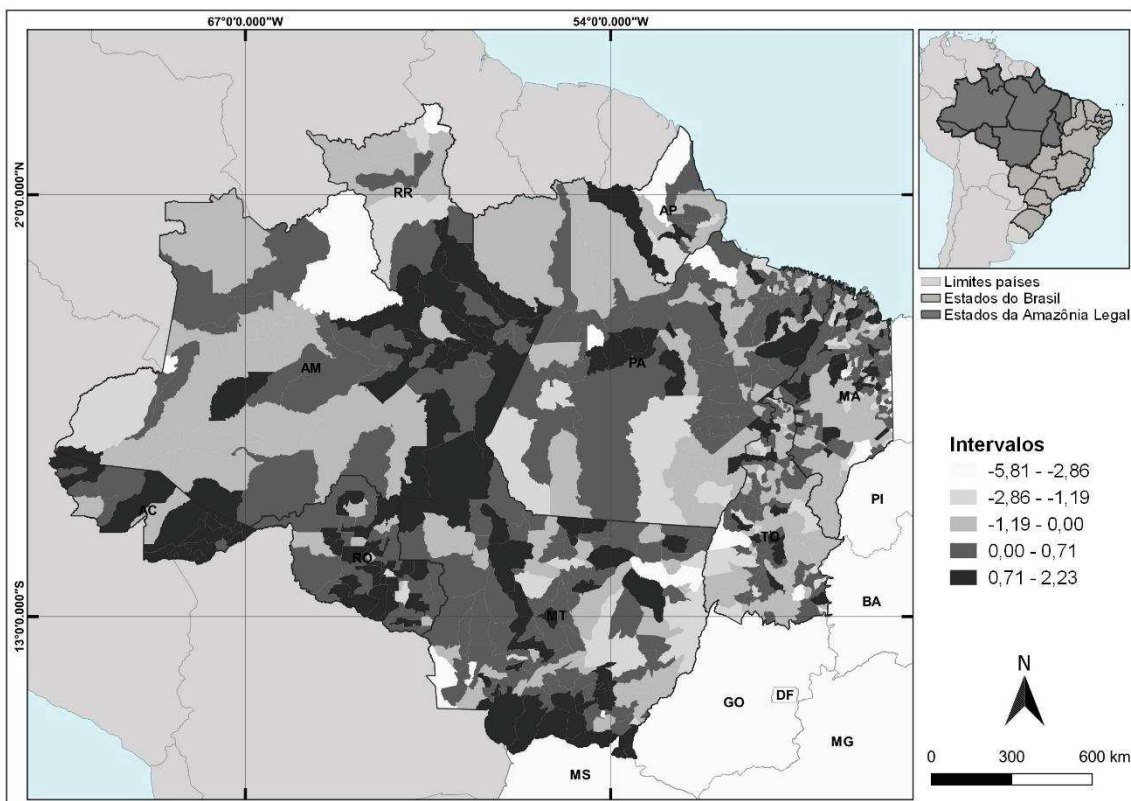
Fonte: Elaboração própria

Painel E - PERFIL HABITACIONAL



Fonte: Elaboração própria

Painel F - MORTALIDADE INFANTIL



Fonte: Elaboração própria

Ao analisar os 6 fatores nos nove estados, foi observado que o estado do Pará apresentou alto índice de desenvolvimento humano na porção central e sul do estado, enquanto o Norte apresenta números significantes de pobreza e maior adesão ao Bolsa família, além de um menor grau de formalização do emprego. Além disso na porção oeste do estado demonstrou indicadores médios para área queimada, área total dos estabelecimentos agrícolas, área dos estabelecimentos agrícolas cujo produtor é proprietário e número de cabeças de bovinos e área de pastagens. Enquanto a parte sudeste demonstrou valores mais altos nos indicadores citados. De forma geral a atividade agropecuária está presente, mas não é tão intensiva quanto em outros estados da região.

Ao analisar a produção de soja e o nível de mecanização no campo, o estado de forma geral, apresentou valores baixos comparado às demais regiões, apenas com um leve aumento no nordeste do estado. Demonstra baixo número de tratores, implementos e máquinas nos estabelecimentos agropecuários. A produção de soja em grão, a área colhida de soja e a área colhida total são relativamente baixas. A atividade agrícola é presente, mas com baixa intensidade, no que diz respeito à mecanização e produção de soja. O estado, de forma geral, apresenta um alto percentual de pessoas inscritas no Cadastro Único que não têm acesso adequado a serviços essenciais como abastecimento de água, coleta de lixo e esgotamento sanitário. Isso indica que uma grande parte da população vulnerável enfrenta sérias deficiências em infraestrutura básica, refletindo desafios significativos no fornecimento de serviços públicos.

Quanto as variáveis econômicas e populacionais o Pará apresenta um nível moderado em termos de Produto Interno Bruto, população e importações. Isso indica uma economia relativamente desenvolvida, com uma população e volume de importações medianos. Por fim, o estado do Pará de forma geral, mas principalmente em sua área central apresenta uma alta taxa de mortalidade infantil.

O estado do Amazonas apresenta, de forma geral, baixo índice de desenvolvimento humano, educação básica, empregabilidade formal e maior vulnerabilidade econômica. Acrescido a isso, apresenta um nível médio-baixo nos indicadores de queimadas e determinantes, com um leve aumento nas porções Norte e sul do estado e uma retração na parte oeste. A região é caracterizada por uma menor pressão agrícola, considerando os indicadores de área de pastagens, número de cabeças de bovinos e área total dos estabelecimentos agrícolas, apresentando atividades agropecuárias menos intensas e uma área queimada menor comparada aos demais estados. No período analisado, o Amazonas apresentou baixo número de tratores, implementos e máquinas nos estabelecimentos agropecuários. A produção de soja em grão, a



área colhida de soja e a área colhida total também apresentaram valores menores em comparação às demais regiões analisadas. A agricultura mecanizada é reduzida e a produção de soja é inferior aos demais estados da Amazônia Legal.

Assim como o Pará, o Amazonas possui um alto percentual de pessoas inscritas no Cadastro Único sem acesso adequado a serviços essenciais, com destaque a região oeste do estado. A infraestrutura de abastecimento de água, coleta de lixo e esgotamento sanitário é insuficiente para atender a uma grande parte da população vulnerável. Ao analisar as variáveis econômicas e populacionais o nordeste do estado apresenta um nível alto em termos de Produto Interno Bruto, população e importações. Isso sugere uma área altamente desenvolvida economicamente, com uma grande população e volume significativo de importações. Essa região inclui a capital Manaus, um importante centro econômico. Já no restante do estado do Amazonas, os indicadores são moderados. A economia é menos desenvolvida comparada ao nordeste do estado, refletindo uma disparidade regional significativa dentro do estado. Além disso, o Amazonas possui uma significativa taxa de mortalidade infantil entre os estados analisados, principalmente na fração leste do estado.

O estado de Roraima, demonstrou baixo nível de desenvolvimento humano, formalização do emprego e porção significativa de habitantes cadastrados no Bolsa família, demonstrando uma maior vulnerabilidade social. Similar ao Pará e Amazonas, com indicadores médios-baixos de área queimada, área total dos estabelecimentos agrícolas, área dos estabelecimentos agrícolas cujo produtor é proprietário e número de cabeças de bovinos e área de pastagens. Apresentou valores mais altos nesses indicadores na porção nordeste do estado. A atividade agrícola e pecuária é moderada, refletindo uma verticalidade entre áreas queimadas, estabelecimentos agrícolas e pastagens, com exceção a fração nordeste. O estado possui um número muito baixo de tratores, implementos e máquinas nos estabelecimentos agropecuários, ligeiramente superior ao Amazonas. A produção de soja em grão, a área colhida de soja e a área colhida total são igualmente baixas, indicando uma atividade agrícola de pequena escala e baixa mecanização relacionada a produção de soja.

Roraima apresenta um percentual médio-alto de pessoas inscritas no Cadastro Único sem acesso adequado a serviços essenciais. A situação é ligeiramente melhor que no Pará e Amazonas, mas ainda há uma significativa parcela da população que enfrenta falta de infraestrutura básica, indicando grandes desafios no setor de saneamento e abastecimento de água. Além disso, o estado apresenta níveis baixos a moderados de PIB, população e importações. A economia do estado é menos desenvolvida, com uma população menor e menor volume de importações em comparação a estados mais economicamente robustos. O município

possuiu taxa média-alta de mortalidade infantil, indicando que ainda há muitos desafios a serem superados nos cuidados de saúde materno-infantil e nas condições gerais de saúde e nutrição para reduzir os óbitos de menores de um ano de idade.

O estado de Rondônia apresentou índice de desenvolvimento humano médio, sendo mais significativo na porção Norte do estado, apresentando números melhores de IDHM, IDEB e melhor grau de formalização do emprego. Ademais, apresentou grande intensidade de áreas queimadas, vasta área total de estabelecimentos agrícolas, significativa área de estabelecimentos cujo produtor é proprietário, elevado número de cabeças de bovinos e ampla área de pastagens. A agropecuária é uma atividade altamente desenvolvida no estado. No entanto o estado apresenta um número baixo de tratores, implementos e máquinas nos estabelecimentos agropecuários. A produção de soja em grão, a área colhida de soja e a área colhida total são baixas, refletindo uma agricultura mecanizada limitada e uma produção de soja não muito expressiva.

Rondônia possui proporcionalmente o maior percentual entre os nove estados, com um número muito alto de pessoas inscritas no Cadastro Único sem acesso adequado a abastecimento de água, coleta de lixo e esgotamento sanitário. O estado enfrenta sérios problemas de infraestrutura, especialmente para a população mais vulnerável, refletindo uma situação crítica. Além disso, apresentou níveis moderados de Produto Interno Bruto, população e importações. A economia é relativamente desenvolvida, com uma população e volume de importações medianos, semelhante ao Pará. O estado tem uma presença econômica significativa na região. Por fim, Rondônia apresentou a maior taxa proporcional de mortalidade infantil entre os estados analisados. Este valor extremamente alto sugere graves problemas nos serviços de saúde, na infraestrutura e nas condições socioeconômicas, que precisam ser abordados para melhorar a sobrevivência infantil.

O estado do Amapá, indicou baixo IDHM, fraco desempenho na educação básica e baixo grau de formalização do emprego. Apresentando altos percentuais de pobreza, vulnerabilidade à pobreza e de pessoas inscritas no Cadastro Único recebendo Bolsa Família. Além disso, demonstrou menor área queimada, reduzida área total dos estabelecimentos agrícolas, pequena área dos estabelecimentos cujo produtor é proprietário, baixo número de cabeças de bovinos e menor área de pastagens. A atividade agropecuária é mínima se comparada outros oito estados da Amazônia Legal. Nesses parâmetros, evidenciou um número muito baixo de tratores, implementos e máquinas nos estabelecimentos agropecuários. A produção de soja em grão, a área colhida de soja e a área colhida total são muito baixas. A

agricultura mecanizada é quase inexistente, e a produção de soja é mínima em comparação aos demais estados.

O Amapá apresenta um percentual menor de infraestrutura de moradia em comparação com estados como Rondônia, Pará e Amazonas, mas ainda significativo. Uma parte considerável da população inscrita no Cadastro Único não tem acesso adequado a serviços essenciais, evidenciando a necessidade de melhorias na infraestrutura de saneamento e abastecimento de água, principalmente na porção sudeste do estado. A região ainda apresenta níveis medianos em termos de PIB, população e importações, com foco na porção Norte do estado. A região possui uma economia moderadamente desenvolvida, com uma população e volume de importações que refletem uma posição intermediária na região da Amazônia Legal. Ademais, o Amapá também apresenta uma alta taxa de mortalidade infantil, na região oeste do estado, o que reflete a necessidade de melhorias significativas nos serviços de saúde e nas condições de vida para reduzir a mortalidade entre os recém-nascidos e bebês.

O estado do Maranhão, obteve índice de desenvolvimento humano municipal, desempenho na educação básica e grau de formalização do emprego medianos. Percentuais de pobreza, vulnerabilidade à pobreza e de pessoas inscritas no Cadastro Único recebendo Bolsa Família também são moderados, apresentando um nível de desenvolvimento socioeconômico intermediário. Além disso, os indicadores de queimadas e seus determinantes são levemente superiores aos do Amapá, principalmente na porção oeste, mas ainda baixos. A área queimada, a área total dos estabelecimentos agrícolas, a área dos estabelecimentos cujo produtor é proprietário, o número de cabeças de bovinos e a área de pastagens são limitados, refletindo uma atividade agropecuária relativamente baixa.

Além disso, o Maranhão possui um número moderado de tratores, implementos e máquinas nos estabelecimentos agropecuários. A produção de soja em grão, a área colhida de soja e a área colhida total são medianas. O estado tem uma agricultura mecanizada em desenvolvimento e uma produção de soja significativa, principalmente na porção sul do estado. Possui um percentual moderadamente alto de pessoas inscritas no Cadastro Único sem acesso adequado a serviços básicos. No entanto, ainda há muitos desafios a serem enfrentados para melhorar a infraestrutura de saneamento, abastecimento de água e coleta de lixo, principalmente para a população mais vulnerável no Norte e Sul do estado. Além disso, foi observado que o Maranhão tem níveis baixos a moderados de PIB, população e importações. A economia do estado é menos desenvolvida comparada ao protagonismo de outros estados dentro da Amazônia Legal, com uma população menor e um volume de importações relativamente baixo. Por fim, foi verificado que o Maranhão possui uma taxa de mortalidade infantil menor em

comparação a estados como Rondônia, Amazonas e Pará, mas ainda relativamente alta no Norte do estado.

O estado do Tocantins, apresentou relativamente baixos índices de desenvolvimento humano municipal (IDHM), desempenho na educação básica (IDEB) e grau de formalização do emprego. Percentuais elevados de pobreza, vulnerabilidade à pobreza e de pessoas inscritas no Cadastro Único recebendo Bolsa Família, indicando desafios socioeconômicos significativos. Entretanto, demonstrou grande área queimada, extensa área total dos estabelecimentos agrícolas, vasta área dos estabelecimentos cujo produtor é proprietário, elevado número de cabeças de bovinos e ampla área de pastagens. A atividade agropecuária é significativa, com forte presença no estado, em especial na fração sudoeste do estado. Apesar disso, apresentou um número relativamente maquinário agrícola. A produção de soja em grão, a área colhida de soja e a área colhida total são baixas a moderadas. A agricultura mecanizada está presente, mas ainda em menor escala comparada a estados mais desenvolvidos nesse setor.

Além disso, Tocantins apresentou um percentual elevado, mas inferior a estados como Rondônia e Amazonas, a respeito da infraestrutura básica de moradia, a qual, ainda precisa de melhorias significativas para atender a população vulnerável, apesar da situação ser relativamente melhor que em estados com os maiores percentuais. O município também apresentou níveis baixos em termos de Produto Interno Bruto, população e importações. Refletindo um estado com menor participação econômica na região. Por fim, similar ao Maranhão, apresentou uma taxa de mortalidade infantil menor, mas ainda preocupante. Indicando que, embora a situação seja um pouco melhor, ainda há espaço para melhorias nos serviços de saúde e nas condições de vida das crianças.

O estado do Mato Grosso apresenta um índice de desenvolvimento médio a alto principalmente na porção centro-oeste do estado, bom desempenho na educação básica e grau significativo de formalização do emprego. Percentuais baixos de pobreza, vulnerabilidade à pobreza e de pessoas inscritas no Cadastro Único recebendo Bolsa Família nessa mesma região, se contrastando com a parte leste do estado. Além disso, apresenta o mais alto em todos os indicadores do Fator 2, máxima área queimada, maior área total dos estabelecimentos agrícolas, extensa área dos estabelecimentos cujo produtor é proprietário, maior número de cabeças de bovinos e vasta área de pastagens. O estado em sua totalidade lidera em termos de agropecuária intensiva e incidência de queimadas. O Mato Grosso também lidera com um número muito alto de tratores, implementos e máquinas nos estabelecimentos agropecuários. A produção de soja em grão, a área colhida de soja e a área colhida total são as mais altas entre todos os nove

estados da Amazônia Legal. O estado é altamente mecanizado e é um dos maiores produtores de soja do país.

O município também apresenta um percentual significativo de pessoas inscritas no Cadastro Único sem acesso adequado a serviços essenciais, em especial na fração centro e leste do município. Há uma grande necessidade de melhora na infraestrutura de saneamento, abastecimento de água e coleta de lixo para atender a população de forma mais eficaz. Além disso, ao analisar as Variáveis Econômicas e populacionais o Mato Grosso, embora conhecido por sua forte atividade agrícola, apresenta níveis baixos em termos de Produto Interno Bruto, população e importações. Isso pode indicar que, apesar da significativa produção agrícola e pecuária, outros setores econômicos, população e importações são relativamente menores. Por fim, foi observado que o estado tem uma alta taxa de mortalidade infantil no Sul do estado, semelhante à do Pará. Isso sugere que o estado enfrenta desafios significativos nos serviços de saúde materno-infantil e nas condições gerais de vida que afetam a sobrevivência dos bebês.

O estado do Acre, assim como o Mato Grosso apresenta índices de desenvolvimento humano, educação e formalização do emprego médios de forma geral e mais altos na porção sudeste do estado. Consequentemente apresentam porção também média a alta de habitantes cadastrados no Bolsa família, e vulneráveis a pobreza. Ademais, demonstra indicadores médios-baixos em todos os indicadores de queimadas e determinantes. A atividade agropecuária é moderada, com áreas queimadas, estabelecimentos agrícolas e pastagens em níveis medianos. Similar ao Pará, Amazonas e Roraima, mantendo uma posição intermediária nos aspectos avaliados.

O Acre tem um número muito baixo de tratores, implementos e máquinas nos estabelecimentos agropecuários. A produção de soja em grão, a área colhida de soja e a área colhida total são muito baixas. A agricultura mecanizada é quase inexistente, e a produção de soja é mínima se comparado as demais regiões analisadas nesse estudo. Além disso, apresenta um dos maiores percentuais de pessoas inscritas no Cadastro Único sem acesso adequado a serviços básicos, quase tão alto proporcionalmente quanto Rondônia. A infraestrutura de abastecimento de água, coleta de lixo e esgotamento sanitário é altamente insuficiente, refletindo sérios desafios sociais e de saúde pública. Não obstante, o Acre tem níveis medianos em PIB, população e importações. A economia do estado é moderadamente desenvolvida, com uma população e volume de importações que colocam o estado em uma posição intermediária na região. Entretanto, ainda sim, apresenta a taxa de mortalidade infantil mais alta, junto com Rondônia. Este número aponta para sérios problemas na saúde pública, necessitando de intervenções urgentes para melhorar a sobrevivência infantil e as condições de saúde.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo principal deste estudo foi obter uma tipologia dos municípios da Amazônia Legal que melhor descreveria a região no período de 2017 a fim de verificar a correlação entre as queimadas e indicadores econômicos, de produção agrícola, desenvolvimento, pobreza, infraestrutura básica de moradia e mortalidade infantil. As contribuições deste estudo, além de servir como fonte de pesquisa para este tema, transpassam a identificação de perfis de municípios da região com base em múltiplas variáveis. A motivação central para o estudo permeia o fato de que a Amazônia Legal além de abrigar nove estados e três biomas, ou seja, divergir das demais regiões do território brasileiro, uma vez que a questão ambiental possui relevância estratégica nas discussões, é o local que mais há incidências de queimadas no país. Nesse sentido, a caracterização implementada, buscou associar a variável ambiental queimadas com variáveis que contemplam outras dimensões e circunstâncias do território.

Foi utilizado o método multivariado de análise fatorial, considerado o mais adequado para alcançar os objetivos propostos. A análise fatorial tem como principal função reduzir o número de variáveis originais, de modo que os fatores independentes extraídos possam explicar, de forma simplificada e resumida, as variáveis originais. A construção da base de dados foi elaborada com indicadores que representam as inter-relações socioeconômicas, ambientais e demográficas no nível municipal da região analisada. Essa base é composta por 23 variáveis obtidas do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Todas as informações referem-se ao ano de 2017 para 752 municípios da Amazônia Legal.

Os resultados obtidos pela análise fatorial indicaram 6 fatores: Fator 1: Nível de desenvolvimento; Fator 2: Queimadas e determinantes; Fator 3: Área trabalhada; Fator 4: Perfil habitacional; Fator 5: Variáveis Econômicas e populacionais; e Fator 6: Mortalidade Infantil. Ao examinar as correlações entre as variáveis e os municípios analisados, compreende-se que no Fator 1 quanto maior os valores dos escores maior o Índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM), Índice de Educação Básica para os anos iniciais do ensino fundamental e para os anos finais do ensino fundamental (IDEB), maior grau de formalização do emprego e menor os percentuais de pobreza, ou seja, resultados inferiores dos indicadores de educação básica e desenvolvimento humano indicam maior nível de pobreza e mais cadastros no Bolsa Família. Enquanto no Fator 2, foi constatado que os estabelecimentos agrícolas com as maiores áreas, maior número de cabeças de bovinos e maiores áreas de pastagem, concentram a maior

parcela da área queimada da Amazônia Legal. No Fator 3 quanto maior a área colhida, maior a área destinada à soja e maior é a produção de soja e uso de máquinas e implementos. Já o Fator 4, representa o acesso à infraestrutura básica de moradia da população inscrita no cadastro único e o Fator 5 composto pelo Produto Interno Bruto, População e Importações, demonstra que os escores se relacionam de forma positiva entre si, desta forma quanto maior o valor de uma variável, maior tende a ser o das outras duas, resultando na caracterização da economia local. Por fim o Fator 6 é composto apenas pela variável taxa de mortalidade infantil, a inclusão dessa variável como um fator pode sugerir uma influência significativa na caracterização da região, diferenciando-se da maneira como as outras variáveis contribuem para esse contexto.

Além disso, ao analisar os municípios, foi observado que o Pará, Mato Grosso e Rondônia demonstraram melhores índices de desenvolvimento e menor percentual de pobreza. O Mato Grosso, sudeste de Rondônia e sudoeste do Tocantins concentraram a maior parcela da área queimada da Amazônia Legal, além dos estabelecimentos agrícolas com as maiores áreas, maior número de cabeças de bovinos e maiores áreas de pastagem. Além disso, a região central do Mato Grosso, também se destacou pela produção de soja e pela alta utilização de áreas agrícolas, caracterizando-se por práticas agrícolas intensivas no âmbito do agronegócio. Enquanto o Pará, Rondônia, Acre, centro-leste do Mato Grosso e no Norte e Sul do Maranhão, não apresentaram uma infraestrutura básica de moradia, visto que, na média, mais da metade da população não tem abastecimento adequado de água, esgoto e coleta de lixo. O Amazonas, Pará e Rondônia apresentaram maior Produto Interno Bruto, com foco em uma maior população no estado do Pará. Por fim, foi possível observar a maior taxa de mortalidade infantil no leste do Amazonas, centro Sul de Rondônia, Sul de Mato Grosso, centro leste do Pará, oeste do Amapá e no estado do Acre quase em sua totalidade, apesar de ser possível identificar valores altos recorrentes em todos os estados.

Logo, ao analisar os nove estados da Amazônia Legal, quatro estados se destacaram com os maiores índices dentro dos 6 Fatores analisados. De forma geral, o estado do Pará apresenta nível de desenvolvimento alto, baixo índice de áreas queimadas, menor número de cabeças de boi, menor área total de estabelecimentos agrícolas, baixa mecanização no campo e produção de soja inferior comparada aos demais estados. Perfil habitacional com deficiências em infraestrutura básica, economia relativamente desenvolvida, com uma população e volume de importações medianos, e alta taxa de mortalidade infantil. Já o estado de Rondônia, demonstra nível de desenvolvimento médio, alto índice de áreas queimadas, alto número de cabeças de boi, maior área total de estabelecimentos agrícolas, baixa mecanização no campo e produção de soja inferior comparada aos demais estados. Perfil habitacional com muitas

deficiências em infraestrutura básica, economia relativamente desenvolvida, com uma população e volume de importações medianos, e taxa de mortalidade infantil superior aos 9 estados, se igualando ao Acre.

Enquanto o estado do Tocantins apresentou de forma geral baixo nível de desenvolvimento humano e grau de formalização do emprego, alto índice de áreas queimadas e número de cabeças de boi, assim como, maior área total de estabelecimentos agrícolas, baixa mecanização no campo e produção de soja inferior comparada aos demais estados. Além disso, indicou deficiências em infraestrutura básica, PIB relativamente menor em comparação aos demais estados, economia pouco desenvolvida, com uma população e volume de importações baixos e taxa de mortalidade infantil média. Por fim, o estado do Mato Grosso apresentou um índice de desenvolvimento humano médio a alto. Demonstrou, o maior índice de áreas queimadas dos nove estados, assim como, maior número de cabeças de boi, maior área total de estabelecimentos agrícolas e área de pastagens, agricultura intensiva com alta mecanização no campo e produção de soja superior aos demais estados. O perfil habitacional do estado apresentou deficiências em infraestrutura básica. Embora conhecido por sua forte atividade agrícola, apresenta níveis baixos em termos de PIB, população e importações, isso pode indicar que, apesar da significativa produção agrícola e pecuária, outros setores econômicos, população e importações são relativamente menores. Por fim, apresentou alta taxa de mortalidade infantil.

Desta forma, foi possível correlacionar que dos quatro estados que se destacaram, Pará, Rondônia, Tocantins e Mato Grosso, os municípios que apresentaram nível de desenvolvimento baixo a médio-alto apresentaram área queimada total mais significativa, comparado ao estado com maior IDHM que demonstrou baixo índice de queimadas, menor quantidade de cabeças de boi, menor área de pastagem e menor área total de estabelecimentos agrícolas. O que confirma a hipótese esperada desse estudo que regiões que possuam maior produção agrícola, cabeças de gado, áreas de pastagem e indicadores mais desfavoráveis em termos de desenvolvimento estariam também associados a maiores índices de área queimada.

Em conclusão, para mitigar os impactos negativos das queimadas e melhorar os indicadores socioeconômicos na Amazônia Legal, é essencial implementar políticas públicas que promovam o desenvolvimento sustentável. Primeiramente, investir na educação e no grau de formação profissional da população local pode contribuir para a redução da pobreza e para o aumento do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Além disso, é fundamental fomentar práticas agrícolas sustentáveis, incentivando o uso de tecnologias que minimizem a necessidade das queimadas. Programas de incentivo à diversificação econômica, que reduzam a dependência da agricultura extensiva e da pecuária, podem ser implementados. A melhoria da



infraestrutura básica, como abastecimento de água, saneamento e coleta de lixo, também é crucial para elevar a qualidade de vida e reduzir a mortalidade infantil. Por fim, a fiscalização rigorosa e a aplicação de políticas ambientais eficazes são necessárias para controlar o uso do fogo e proteger as áreas de floresta. Estas ações, se bem coordenadas e focadas nas áreas mais vulneráveis, como os municípios dos estados do Pará, Rondônia, Tocantins e Mato Grosso, têm o potencial de promover um desenvolvimento mais equilibrado e sustentável na região da Amazônia Legal.

## REFERÊNCIAS

- AZAR, Z. S. **A concentração fundiária como centralidade da questão agrária no Maranhão. 2011.** In: Jornada Internacional de Políticas Públicas, 2011, São Luís, MA. UFMA, São Luís: 2011.
- BEZERRA, D; DIAS, B; RODRIGUES, L; TOMAZ, R; SANTOS, A; SILVA JUNIOR, C (2018). **Análise dos Focos de Queimadas e seus Impactos no Maranhão Durante Eventos de Estiagem no Período de 1998 a 2016.** Revista Brasileira de Climatologia ISSN: 2237-8642 (Eletrônica); Ano 14 – Vol. 22 – JAN/JUN 2018.
- CAMPOS, A.; FARIA, W.; LÍRIO, V.; GeoSul, Florianópolis, v. 37. **Tipologia dos Municípios da Amazônia Legal**, jan./abr. Disponível em: <2022.https://doi.org/10.5007/2177-5230.2022.e66047>. Acesso em 28 de nov de 2022.
- CARVALHO, E; BATISTA, A; COELHO, M; NEVES, C; SANTOS, GIL; GIONGO, M. **Caracterização de áreas queimadas no estado do Tocantins no ano de 2014.** FLORESTA, Curitiba, PR, v. 47, n. 3, jul/set. 2017
- CASTRO, F. R. DE, BASTOS, D. M. R. F., LUANA, M. M. E S., & NUNES, J. L. S. (2016). **Impactos das Queimadas Sobre a Saúde da População Humana na Amazônia Maranhense.**
- COCHRANE, M.A. (2003). **Ciência do fogo para florestas tropicais.** Nature 421: 913-919.
- COPERTINO, M.; PIEDADE, M. T. F.; VIEIRA, I. C. G.; BUSTAMANTE, M. **Desmatamento, fogo e clima estão intimamente conectados na Amazônia.** Ciência e Cultura, v.71. n. 4. SãoPaulo, outubro- dezembro, 2019.
- COUTINHO, A. **Dinâmica das queimadas no estado do Mato Grosso e suas relações com as atividades antrópicas e a economia local.** 2005. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) - Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.  
doi:10.11606/T.90.2005.tde-24042008-103602. Acesso em: 2022-12-11.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite. Principais focos e fontes de queimadas no Brasil e suas causas In: EMBRAPA. Departamento de Pesquisa e

Desenvolvimento. Assessoria de Comunicação Social. **Alternativas para a prática das queimadas na agricultura: recomendações tecnológicas**. Brasília, 2000.

EMBRAPA. **Nota técnica sobre queimadas, desmatamentos e imóveis rurais no bioma amazônia em 2019**. Campinas, 2020.

FEARNSIDE, P. M. **Desmatamento e desenvolvimento agrícola na Amazônia brasileira**.

In: Léna, P.; Oliveira, A. E. Eds. *Amazônia: A Fronteira Agrícola 20 Anos Depois*. Museu Paraense Emilio Goeldi, Belém. Disponível em:

<[http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/1991/Desmat%20e%20desenv%20agricola.pdf](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/1991/Desmat%20e%20desenv%20agricola.pdf)>.

Acesso em: 02 de dez de 2022.

FEARNSIDE, P. M. **Destruição e conservação da floresta amazônica**. Philip M. Fearnside.

- Manaus: Editora do INPA, 2022.

GUITARRARA, Paloma. **Amazônia Legal, 2024**; Brasil Escola. Disponível em:

<<https://brasilecola.uol.com.br/brasil/Amazônia-legal.htm>>. Acesso em 28 de abril de 2024.

HOMMA, A. K. O. **Amazônia: desenvolvimento sustentável como segunda natureza?**. In:

BARROS, A. C. (Org.). *Sustentabilidade e democracia para as políticas públicas na Amazônia*. Rio de Janeiro: FASE/ IPAM, 2001. (Série Cadernos Temáticos, 8)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Amazônia Legal, 2021**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapasregionais/15819-Amazônia-legal.html?=&t=sobre>>. Acesso em 01 de dez de 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017 -**

**Resultados Definitivos, 2017**. Disponível em:

<[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro\\_2017\\_resultados\\_definitivos.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf)>. Acesso em 28 de dez de 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estrutura territorial - Amazônia**

**Legal, 2019b**. Disponível em: < [https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-](https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15819-Amazônia-legal.html?=&t=resolucoes-e-legislacao)

[territorio/estrutura-territorial/15819-Amazônia-legal.html?=&t=resolucoes-e-legislacao](https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15819-Amazônia-legal.html?=&t=resolucoes-e-legislacao)>.

Acesso em 01 de dez de 2022.

IMAZON – Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. **A Amazônia em Números, 2009**. Disponível em: <<https://imazon.org.br/imprensa/a-Amazônia-em-numeros/#:~:text=A%20%C3%A1rea%20abrange%20seis%20pa%C3%ADses,%2C%20Maranh%C3%A3o%2C%20Goi%C3%A1s%20e%20Tocantins.>>. Acesso em 08 de dez de 2022

IMAZON – Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. **O Brasil termina 2017 com um número recorde de queimadas desde 1999, 2017**. Disponível em: <<https://imazon.org.br/imprensa/brasil-termina-2017-com-numero-recorde-de-queimadas-desde-1999>>. Acesso em 28 de dez de 2022

MASULLO, Y. A. G. CASTRO, C. E. de. **Aspectos socioeconômicos e a incidência de queimadas nas terras indígenas do estado do Maranhão**. Revista Geografar - UFPR, Curitiba, v.10, n.2, p.112-139, dez./2015.

MIRANDA, E; MARTINHO, R. P; CARVALHO, A. C. **Nota Técnica sobre Queimadas, Desmatamentos e Imóveis Rurais no Bioma Amazônia em 2019**. Emprapa; Campinas, julho de 2020

MIRANDA, E; MORAES, A; OSHIRO, O. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Comunicado Técnico: Amazônia brasileira em 2005**. Disponível em:<[https://queimadas.dgi.inpe.br/~rqueimadas/material3os/embrapa\\_comunicatecnico\\_am2005.pdf](https://queimadas.dgi.inpe.br/~rqueimadas/material3os/embrapa_comunicatecnico_am2005.pdf)>. Acesso em 11 de dez de 2022

MIRANDA, E; **Natureza, conservação e cultura: ensaio sobre a relação do homem com a natureza no Brasil**. São Paulo: Metalivros, 2003.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. [s.l.] Editora UFMG, 2005

NOGAROTO, L; PONTE, L; PARDO, M (2021). **As Queimadas dos Biomas Brasileiros Frente as Divergências Políticas e Agropecuárias**; Revista Juris UniToledo, Araçatuba, SP, v. 06.

OLIVEIRA, I; SANTOS, K; ARAUJO, A; OLIVEIRA, L (2005). **Queimadas e suas Consequências na região Centro Oeste**. Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos, Goiás, ISSN 1808-8597, v.1.

PRADO, A. R. M. **Crime de poluição: uma resposta do direito penal aos novos riscos.** 2003. 426 f. Tese (Doutorado em Direito) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2003.

REBELLO, F; HOMMA, A. **Uso da terra na Amazônia: Uma Proposta para reduzir Desmatamentos e Queimadas;** Amazônia: Ci. & Desenv., Belém, v.1, n.1, jul. /dez. 2005

SALES, L; SILVA, D; LIMA, E; FONSECA, G; ALMEIDA, G; RODRIGUES, J. **10 municípios maranhenses mais atingidos por focos de queimadas nos anos de 2014 e 2015.** Revista de Geografia (Recife), v. 36, n. 1, 2019.

SILVA, T; PONTES, A; AMORIM, I. **Alternativas ao uso do fogo na agricultura como forma de mitigar queimadas na Amazônia.** Research Society and Development, 2020

TORRES, F.T.P. **Relações entre fatores climáticos e ocorrências de incêndios florestais na cidade de Juiz de Fora (MG).** Caminhos de Geografia, v. 7, n. 18, p. 162-171, 2006