

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA  
FACULDADE DE ECONOMIA  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**

**REGIANE DE ARRUDA SOUZA ELY**

**PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA DA BR-163 AMAZÔNICA E SUAS IMPLICAÇÕES  
NA RETOMADA DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL: UMA ANÁLISE  
SOCIOAMBIENTAL E ECONÔMICA À LUZ DA NOVA ECONOMIA  
INSTITUCIONAL**

**CUIABÁ - MT  
2021**

**REGIANE DE ARRUDA SOUZA ELY**

**PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA DA BR-163 AMAZÔNICA E SUAS IMPLICAÇÕES  
NA RETOMADA DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL: UMA ANÁLISE  
SOCIOAMBIENTAL E ECONÔMICA À LUZ DA NOVA ECONOMIA  
INSTITUCIONAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, Mestrado em Economia, ofertado pela Faculdade de Economia da Universidade Federal de Mato Grosso como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Índio Campos

**CUIABÁ - MT  
2021**

A779p ARRUDA SOUZA ELY, REGIANE DE.  
PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA DA BR-163  
AMAZÔNICA E SUAS IMPLICAÇÕES NA RETOMADA DO  
DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL: UMA ANÁLISE  
SOCIOAMBIENTAL E ECONÔMICA À LUZ DA NOVA  
ECONOMIA INSTITUCIONAL / REGIANE DE ARRUDA  
SOUZA ELY. -- 2021

119 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Índio Campos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato  
Grosso, Faculdade Economia, Programa de Pós-Graduação  
em Economia, Cuiabá, 2021.

Inclui bibliografia.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**  
**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** Pavimentação asfáltica da BR 163 Amazônica e suas implicações na retomada no desmatamento da Amazônia: uma análise socioambiental e econômica à luz da Nova Economia Institucional

**AUTOR (A):** Regiane de Amada Souza Ely

Dissertação defendida e aprovada em 11 de outubro de 2021.

**COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA**

**Presidente Banca/Orientador:** Doutor(a) Indio Campos

**Instituição:** UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

**Examinador Interno:** Doutor(a) Arturo Alejandro Zavala Zavala

**Instituição:** UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

**Examinador Externo:** Doutor(a) João Carlos Barrozo

**Instituição:** UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

**Cuiabá, 11/10/2021.**



Documento assinado eletronicamente por **ARTURO ALEJANDRO ZAVALA ZAVALA**, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso, em 13/10/2021, às 08:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOAO CARLOS BARROZO**, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso, em 13/10/2021, às 08:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **INDIO CAMPOS**, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso, em 13/10/2021, às 16:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do

8gLS8Gb2xdY58bZ58BcHJvdmHn428gRkUgLSBTZWMuGRvFBCRyBb58PY29ub21pYSAz0TE4NzEY

SEI nº 23108.078204

REFERÊNCIA

[Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.](#)



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufmt.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador 3918712 e o código CRC 3F41D3AC.

Dedico este trabalho a Deus Todo Poderoso, a Virgem Santíssima e a minha família, na pessoa do meu esposo, Pedro Kleber Ely, e de minhas filhas Ana Luíza, Anna Karolina e Maria Eduarda.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus Onipotente, na pessoa de Nosso Senhor Jesus Cristo, ao qual continuamente entrego minha vida em sinal de amor e gratidão por sua bondade infinita, pois sem sua sabedora divina derramada por sua divina misericórdia não teria conseguido finalizar este trabalho.

Agradeço a intercessão da Virgem Santíssima, que cuidou das minhas necessidades espirituais, emocionais e materiais no decorrer desta trajetória, rogando a Deus aquilo que precisava.

Agradeço aos meus pais, Rosilene e Mauro, e a meus irmãos Geiziane, Mauro Júnior, Maurício Lucas, que viveram comigo todas as conquistas e dores desse caminho acadêmico.

Agradeço ao meu amado esposo, Pedro Kleber Ely, que esteve ao meu lado dando o apoio e cuidado necessários, vivenciando também comigo todo o crescimento e todos os percalços para a finalização desta dissertação.

Agradeço as minhas filhas Anna Karolina e Maria Eduarda por toda a torcida e, de forma especial, a minha caçula Ana Luíza, pois foi sua força que me fez voltar à vida acadêmica e trilhar os caminhos do mestrado. Ana Luíza esteve comigo em todos os momentos, até aprender derivada parcial nas aulas de método quantitativo do querido professor Arturo Zavala e participar das reuniões para resolução das listas de questões.

Agradeço ao meu orientador, professor Dr. Índio Campos, que assumiu meu projeto de pesquisa desde a arguição, defendeu a ideia junto comigo e me mostrou o caminho da Nova Economia Institucional para o debate do desmatamento na Amazônia.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Economia, a todos os professores, de forma especial aos professores Dr. Roney Fraga Souza, Dr. Felipe Resende, Dr. Arturo Zavala Zavala, Dr. Dilamar Dalemole, que me auxiliaram nas dificuldades da vida no mestrado.

Agradeço à professora Dra. Aniela Fagundes Carrara, da Universidade Federal de Rondonópolis, que me auxiliou sobremaneira na definição do caminho na Econometria Espacial, e também ao professor Arturo Zavala Zavala que na sua disciplina me mostrou o método que seria utilizado nesta dissertação.

Agradeço ao engenheiro Orlando Fanaia Machado, à época Superintendente Regional do DNIT em Mato Grosso, por ter permitido o meu afastamento do cargo para participar do Programa de Pós-Graduação em Economia.

Agradeço, também, à Coordenadora de Administração e Finanças do DNIT em Mato Grosso, Rita de Cássia de França Ferraz, por ter compreendido a minha renúncia da substituição da Coordenação de Administração e Finanças para adentrar no mundo da construção do conhecimento. E a todos os meus colegas do DNIT, muito obrigada! Agradeço aos meus colegas de turma Estela, Thainá, Antonio, Maycon, Wellington, Anadyne, Yasmin, Patrícia, por termos caminhado de mãos dadas, e especialmente a Bárbara, pois sem ela este trabalho não teria sido produzido, sobretudo na parte econométrica.

Agradeço as minhas amigas Cacilda, Carolina, Alessandra, Suzimeire que, mesmo distantes nesse período, torceram por esta causa.

A todos que, direta ou indiretamente, estiveram comigo nesse percurso acadêmico, muito obrigada!

Toda a sabedoria vem do Senhor Deus e está com Ele para sempre. Ela existe antes de todos os séculos. A areia do mar, as gotas da chuva e os dias dos séculos, quem poderá contá-los?

Toda a sabedoria vem do Senhor Deus e está com Ele para sempre. Ela existe antes de todos os séculos. A areia do mar, as gotas da chuva e os dias dos séculos, quem poderá contá-los?

Toda a sabedoria vem do Senhor Deus e está com Ele para sempre. Ela existe antes de todos os séculos. A areia do mar, as gotas da chuva e os dias dos séculos, quem poderá contá-los?

A altura do céu, a extensão da terra, a profundidade do abismo, quem poderá medi-las? Quem poderá penetrar a Sabedoria Divina que precede a tudo? Antes de todas as coisas foi criada a Sabedoria, e a inteligência prudente existe desde sempre. Fonte da sabedoria é a Palavra de Deus nas alturas, seu acesso são os mandamentos eternos.

A quem foi revelada a raiz da sabedoria? Quem conhece suas sutilezas?

A quem foi revelada e manifestada a ciência da sabedoria? Quem compreendeu sua grande experiência?

Somente o Altíssimo, Criador Onipotente, rei poderoso e muito temível, aquele que está sentado em seu trono, Deus dominador.

Foi Ele que no Espírito Santo criou a Sabedoria, ele a viu, enumerou e mediu; e difundiu-a sobre todas as suas obras e sobre todo ser mortal, segundo sua generosidade, e a concedeu aos que o temem. (ECLESIÁTICO, 1).

## RESUMO

Este trabalho tem por objeto a investigação das implicações da pavimentação asfáltica da BR-163 na retomada do desmatamento recente da Amazônia Legal. Verifica-se a correlação entre o desmatamento e as variáveis socioeconômicas e ambientais adotadas desde o início da pavimentação em 2008 até a finalização em 2019, orientando a análise por cada trecho e período de pavimentação. Toma-se como pressuposto que a pavimentação é apenas um vetor que desencadeia a expansão dessa última fronteira econômica, norteadas pelo desenvolvimento das atividades agropecuárias, especialmente pecuária, madeireira e sojicultora. A hipótese que se trabalha é de que a expansão dessa fronteira pela ocupação e pelo desenvolvimento das atividades agropecuárias se dá de forma desordenada, haja vista a violência e o conflito de terras acirrado que a permeiam, levando à desorganização e tendo como um dos resultados a intensificação do desmatamento na Amazônia Legal. Essa desordem é explicada pela falta de regras que limitem a ação do homem ou pela maneira como essas regras são impostas pelo Governo, sem a governança necessária para atender as especificidades locais, sobretudo, dos atores locais, embora o Governo Federal tenha empreendido um primeiro esforço com o Plano BR-163 - sustentável. Para o tratamento dos dados, utilizou-se a Nova Economia Institucional (NEI) como base teórica de análise, pois esta procura estabelecer uma ponte entre o desenvolvimento e a ação do ser humano, através do estabelecimento de regras, permitindo a compreensão dos resultados encontrados. Paralelamente à NEI, utilizou-se como instrumento a Econometria Espacial, através do modelo SAR e da Análise Exploratória de Dados Espaciais, para confirmação do movimento das variáveis e da fronteira, pois a literatura afirma que o desmatamento tem uma dinâmica espacial, de modo que a Econometria Espacial seria o método mais apropriado para a captação desta dinâmica. Os resultados obtidos a partir da metodologia proposta confirmam o avanço das atividades agropecuárias com a pavimentação da BR-163 Amazônica, sobretudo, das áreas de pastagem para o desenvolvimento da pecuária e posteriormente para a cultura de soja, com formação de clusters e correlação destas variáveis com o desmatamento recente. Do ponto de vista econômico, a sinalização de desenvolvimento é pouco convincente, não apresentando diferenças positivas em relação ao PIB *per capita*, educação, saúde, densidade demográfica, número de empregados nos setores da Economia. Do ponto de vista ambiental, tem-se uma queda da cobertura florestal preexistente e um recente aumento da extração madeireira, indícios de que novos desmatamentos devem acontecer. Por fim, a NEI vem sedimentar o entendimento dessa dinâmica complexa, pois juntamente com a pavimentação asfáltica, o agente Governo, com a publicação da Lei nº 13.465/2017 (Lei de anistia de terras públicas que estavam ocupadas entre os anos 2005/2011), proporciona o avanço desordenado da fronteira, de modo que, além da intensificação do desmatamento, uma pressão é exercida sobre as unidades de conservação e, especialmente sobre as terras indígenas para a expansão das áreas de pastagem para o gado e para o cultivo de soja. Tanto as unidades de conservação quanto as terras indígenas, por ora, funcionam como uma barreira de contenção ao desmatamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desmatamento. Pavimentação asfáltica. Amazônia Legal

## ABSTRACT

This work aims to investigate the implications of the asphalt paving of the BR-163 in the resumption of recent deforestation in the Legal Amazon. There is a correlation between deforestation and socioeconomic and environmental variables adopted from the beginning of paving in 2008 until completion in 2019, guiding the analysis by each stretch and period of paving. It is assumed that paving is just a vector that triggers the expansion of this last economic frontier, guided by the development of agricultural activities, especially: livestock, logging and soy. The hypothesis being worked on is that the expansion of this frontier through the occupation and development of agricultural activities takes place in a disorderly way, given the violence and fierce land conflict that permeate this frontier leading to disorganization and having as one of the results, the intensification of deforestation in the Legal Amazon. This disorder is explained by the lack of rules that limit human action or by the way these rules are imposed by the Government without the necessary governance to meet local specificities, especially of local actors, although the Federal Government has made a first effort with the BR-163 Plan - sustainable. Therefore, the New Institutional Economics was used as a theoretical basis for analysis, as this seeks to establish a bridge between Development and the action of human beings, through the establishment of rules, allowing the understanding of the results found. In parallel with the NEI, the instrument used was Spatial Econometrics, through the SAR model and the Exploratory Analysis of Spatial Data to confirm the movement of variables and the frontier, as the literature states that deforestation has a spatial dynamic in such a way that Econometrics Spatial would be the most appropriate method for capturing this dynamic. The results obtained from the proposed methodology confirm the advance of agricultural activities with the paving of the BR-163 Amazon. especially from pasture areas for the development of livestock and later for the cultivation of soy, with the formation of clusters and correlation of these variables with recent deforestation. From an economic point of view, the signs of development are unconvincing, showing no positive differences in relation to GDP *per capita*, education, health, population density, number of employees in the sectors of the economy. From an environmental point of view, there is a drop in pre-existing forest cover and a recent increase in logging, which guide that new deforestation should take place. Finally, NEI consolidates the understanding of this complex dynamic because, together with asphalt paving, the Government agent with the publication of Law No. 13.465/2017 (Amnesty Law for public lands that were occupied between 2005/2011) provides progress border disorder, so that in addition to the intensification of deforestation, pressure is exerted on conservation units and especially on indigenous lands for the expansion of pasture areas for cattle and for the cultivation of soy, which for now function as a barrier to contain deforestation.

**KEYWORDS:** Deforestation; Asphalt paving; Legal Amazon.

## LISTA DE EQUAÇÕES

Diagrama 1 - clusters .....	80
-----------------------------	----

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução de incremento do desmatamento - km <sup>2</sup> .....	59
Gráfico 2 - Evolução da área de pastagem - hectares .....	59
Gráfico 3 - Evolução do efetivo bovino - mil cabeças.....	60
Gráfico 4 - Evolução de arrecadação de CFEM Minério - reais .....	61
Gráfico 5 - Evolução número de matriculados no ensino regular.....	62
Gráfico 6 - Evolução da área plantada lavoura total - mil hectares .....	63
Gráfico 7 - Evolução da área plantada de soja - mil hectares .....	64
Gráfico 8 - Evolução da quantidade produzida de soja - toneladas .....	65
Gráfico 9 - Evolução número de mortes por doença - todos os CIDs .....	65
Gráfico 10 - Evolução de número de empregados no setor agropecuária, caça e extrativismo vegetal.....	66
Gráfico 11 - Evolução número de empregados do setor de indústria de transformação .....	67
Gráfico 12 - Evolução número de empregados no setor de comércio.....	67
Gráfico 13 - Evolução do número de empregados no setor de serviços .....	68
Gráfico 14 - Evolução do número de empregados no setor de construção civil.....	69
Gráfico 15 - Extração de madeira em tora (m <sup>3</sup> ).....	70
Gráfico 16 - Evolução da extração de madeira - metros cúbicos .....	71
Gráfico 17 - Evolução da cobertura florestal preexistente - metros cúbicos.....	71
Gráfico 18 - Evolução da densidade populacional .....	72
Gráfico 19 - Evolução do PIB per capita .....	73

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Mapa de localização da área de estudo.....	47
Mapa 2 - Mapa de localização da área de estudo na Amazônia Legal .....	53
Mapa 3 - Evolução clusters de desmatamento.....	89
Mapa 4 - Mapa de desmatamento - Unidades de conservação - Ano 2019.....	90
Mapa 5- Mapa de desmatamento - Terras indígenas - Ano 2019 .....	91
Mapa 6- Área de pastagem e demarcação de terras privadas.....	93
Mapa 7- Evolução da cultura de soja .....	94
Mapa 8 - Mapa localização terras indígenas .....	95
Mapa 9- Mapa florestas públicas não destinadas - Ano 2018.....	96
Mapa 10 - Mapa distribuição do desmatamento na Amazônia Legal - ano 2018.....	97
Mapa 11 - Mapa distribuição do desmatamento por categoria fundiária - ano 2018.	98
Mapa 12 - Evolução clusters Bivariado - Desmatamento e Efetivo Rebanho Bovino	99
Mapa 13- Evolução clusters Bivariado - Desmatamento e Área de pastagem.....	100
Mapa 14 - Evolução Cluster Bivariado - Desmatamento e Área plantada de soja ..	101
Mapa 15 - Evolução cluster Bivariado - Desmatamento e Arrecadação CFEM .....	102
Mapa 16 - Evolução cluster Bivariado - Desmatamento e empregados do setor de construção civil.....	103

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Período de estudo .....	48
Quadro 2 - Descrição das variáveis incluídas no modelo empírico .....	75
Quadro 3 - Teste de dependência espacial.....	82

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatística I de Moran nas variáveis de estudo - Anos 2008 e 2010.....	86
Tabela 2 - Estatística I de Moran nas variáveis de estudo - Anos 2008 e 2010.....	88
Tabela 3- Dados de desmatamento nas terras indígenas e unidades de conservação- área km <sup>2</sup> .....	94
Tabela 4 - Dados evolutivos de desmatamento nas unidades de conservação - área km <sup>2</sup> .....	95
Tabela 5 - Dados evolutivos de desmatamento nas terras indígenas - área km <sup>2</sup> .....	95
Tabela 6 - Diagnóstico do modelo de regressão espacial SAR.....	103
Tabela 7 - Resultados Estatística modelo de regressão SAR - Ano 2008 .....	104
Tabela 8- Resultados Estatística modelo de regressão SAR - Ano 2010 .....	106
Tabela 9 - Resultados Estatística modelo de regressão SAR - Ano 2015 .....	108
Tabela 10 - Resultados Estatística modelo de regressão SAR - Ano 2019 .....	110
Tabela 11- Dados de desmatamento nas unidades de conservação.....	120
Tabela 12 - Dados de desmatamento nas terras indígenas.....	121

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AML	Amazônia Legal
BASA	Banco da Amazônia
CAGED	Cadastro Geral de Empregados e desempregados
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CFEM Minerais	Compensação Financeira pela Exploração de Recursos
CID	Classificação Internacional de Doenças
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
IESA	Instituto de Estudos Socioambientais
INEP Teixeira	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPAM	Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia
LAPIG	Laboratório de Processamento de imagens e geoprocessamento
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NEI	Nova Economia Institucional
OCTA	Organização do Tratado de Cooperação Amazônica
PAM	Pesquisa Agrícola Municipal
PAS	Plano Amazônia Sustentável
PEVS	Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura
PIB	Produto Interno Bruto
PPM	Pesquisa Pecuária Municipal
PRODES	Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia
SAR	Semi autocorrelacionado regressivo
SPVEA Amazônia	Superintendência do Plano de Valorização Econômica da
SUDAM	Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia
UFG	Universidade Federal de Goiás

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	18
1 NOVA ECONOMIA INSTITUCIONAL: O PAPEL DAS INSTITUIÇÕES E DA GOVERNANÇA NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA .....	24
1.1 Da compreensão da racionalidade de expansão econômica na amazônia à luz da nova economia institucional .....	24
1.2 Asfaltamento como vetor de potencialização do processo de expansão da fronteira agropecuária e da dinâmica de desmatamento e as forças capazes de frear essa expansão	38
2. PAVIMENTAÇÃO DA BR-163 AMAZÔNICA E DESMATAMENTO: DEFINIÇÃO DE UMA REGIÃO DE ANÁLISE, DA CARACTERIZAÇÃO DE DESMATAMENTO E DAS VARIÁVEIS DE CORRELAÇÃO A SEREM ADOTADAS .....	46
2.1 Que Amazônia tratar: a delimitação de uma região de estudo .....	49
2.2 Desmatamento ou desflorestamento? Que definição adotar? .....	53
2.3 Das variáveis indicativas da dinâmica de desmatamento adotadas na análise .	54
3 DO MODELO EMPÍRICO ADOTADO .....	76
4. RESULTADOS .....	84
CONCLUSÃO .....	111
REFERÊNCIAS .....	114
ANEXO A - Tabela evolução do desmatamento nas unidades de conservação ....	120
ANEXO B - Tabelas dados de desmatamento nas terras indígenas .....	121

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a comprovação de viabilidade de pavimentação da BR-163 na Amazônia esteve em debate no meio acadêmico, na sociedade civil e principalmente no Governo Federal. De um lado, os agentes privados e o Governo defendiam que isso facilitaria o escoamento de grãos pelos Portos de Santarém e de Miritituba, com a redução de custos em comparação com o escoamento pelos Portos de Santos e Paranaguá, bem como levaria ao desenvolvimento da Amazônia, com a chegada da infraestrutura de transportes. Em contrapartida, havia preocupação com as resultantes negativas da pavimentação dessa BR na Amazônica, sobretudo, com o desmatamento, com o processo de ocupação e com o avanço desordenado das atividades agropecuárias, assim como da extração madeireira.

Tal preocupação baseia-se no entendimento de que a região detém uma “vocação natural” de provimento de serviços ambientais e de conservação do acervo de biodiversidade para a manutenção das condições climáticas globais (SANTOS, 2010; OLIVEIRA et al, 2010). Assim, há uma pressão para a redução do desmatamento na Amazônia, inclusive com o estabelecimento de metas, como a proposta de redução em 72% até o ano de 2017, conforme o Plano Nacional sobre Mudança no Clima (BARRETO et al., 2008). Destarte, a dinâmica de oscilação das taxas de desmatamento na Amazônia tem sido objeto de acompanhamento e análise, especialmente, a partir dos anos 1988, com os dados disponibilizados tanto pelo Programa de Cálculo de Desflorestamento da Amazônia (PRODES) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), como pela academia (BARRETO, 2005; CAMPOS, 2007).

Observa-se, a partir dos anos 2004, uma queda nas taxas de desmatamento na Amazônia, sobretudo, nos estados que lideravam as mais altas: Mato Grosso, Pará e Rondônia, desde os anos 1988 (INPE, 2021). Essa manutenção na queda do desmatamento permanece até o ano de 2015 (CAMPOS; FARIA, 2019). Barreto (2005), Fernandes et al. (2016) argumentam que a contenção nas taxas de desmatamento se deve ao avanço na criação de Unidades de conservação na fronteira do desmatamento, no aprimoramento do controle e na intensificação da fiscalização. Contudo, esses autores salientam que a queda nas taxas de desmatamento é fracamente explicada pela ação do Governo Federal no controle e fiscalização das fronteiras de desmatamento. O que explica o vetor aprimoramento do

controle aliado à implantação das Unidades de conservação é a organização da população local (OSTROM, 2010; SACHS, 1999; FERNANDES et al, 2016).

Nessa perspectiva, no ano de 2004, foi criado o GTI - Grupo de Trabalho Interministerial - com o objetivo de debater a sustentabilidade da pavimentação da BR-163 Amazônica, que resultou no Plano BR-163 Sustentável. O Governo Federal colocou a BR-163 como obra-modelo, pois almejava discutir e unificar a proposta de desenvolvimento regional, a qual envolvia os movimentos sociais e os agentes privados, numa tentativa de reversão do processo de ocupação desordenada e dos possíveis impactos socioambientais (sobretudo o desmatamento) e econômicos, que resultariam do acirramento do conflito pela terra, e do uso inadequado dos recursos naturais, pelas já conhecidas atividades pecuária, madeireira e sojicultora (ALENCAR, 2005). Contudo, unificar interesses diversos e antagônicos dos agentes privados e da sociedade civil, acerca do uso da terra e dos recursos naturais na região, com a finalidade de contenção destes possíveis resultados negativos que teriam como propulsor a pavimentação da BR-163, não seria uma tarefa fácil, mas foi um primeiro exercício do Governo Federal de planejamento participativo no que tange à construção de uma rodovia.

Após implementação do Plano BR-163 Sustentável, em 2008 teve início a pavimentação da BR-163 no trecho amazônico, que vai do município de Garantã do Norte, localizado no Estado de Mato Grosso, ao Porto de Santarém, no Estado do Pará. Esse trecho foi construído em 2019. O exame dos dados disponibilizados pelo PRODES/INPE mostra uma retomada no crescimento da taxa de desmatamento na região de pavimentação dessa rodovia, a partir dos anos 2017, concomitante ao avanço e conclusão do asfaltamento, sobretudo no trecho final, nas microrregiões de Altamira, Itaituba e Santarém, no Estado do Pará, concentradas no entorno da BR-163.

A literatura permite afirmar que o vetor infraestrutura rodoviária pode potencializar o desmatamento na região Amazônica, não por si só, mas pela viabilidade financeira para o desenvolvimento de atividades agropecuárias (BARRETO, 2005; FERNANDES et al, 2016). Nesse ponto, a análise dos fatores que guardam maior correlação estatística com as taxas anuais de desmatamento na Amazônia Legal a partir dos anos 2000 encontra como resultado que a pecuária continua sendo um elemento explicativo do desmatamento para toda a Amazônia Legal (FERNANDES et al., 2016; BARRETO, 2005; CAMPOS; FARIA, 2016), seguida

de perto pelos fatores populacionais e, com maior distanciamento, pela área plantada de soja (SANTOS, 2010).

Em síntese, o asfaltamento propicia a intensificação do desmatamento por abrir caminho para um processo de expansão pautado no desenvolvimento da pecuária, da agricultura e do setor madeireiro. Esse movimento de territorialização é verificado pela concentração do desmatamento no raio de 05 (cinco) quilômetros ao redor das estradas (BRANDÃO Jr., 2007; FERNANDES et al., 2016). E estas estão diretamente ligadas à exploração madeireira e à grilagem de terras (VERÍSSIMO et al., 1998). Do mesmo modo, a pecuária é precedida da apropriação ilícita de terras (MARGULIS, 2004).

Vale destacar que existe uma pressão também da agricultura de subsistência. Contudo, como analisam Fernandes et al. (2016), no corte ao longo da BR-156 na Amazônia, o padrão de manchas de desmatamento concentrou-se ao longo da rodovia. Já as manchas encontradas ao longo dos principais cursos d'água eram bem mais dispersas e menores, ligadas à implantação de pequenas roças por moradores locais ou relacionadas, dentre outras, a iniciativas de manejo florestal. Também a análise espacial realizada por Santos (2010) demonstra que a expansão da fronteira agrícola está em plena marcha, dada a mobilidade das atividades agropecuária e da ocupação humana. Além disso, verifica que o desmatamento continua a abrir novas frentes de devastação.

Embora haja entendimentos divergentes quanto à força de avanço da fronteira agrícola, há consenso em que restam alguns impulsos à expansão da fronteira, como no caso da BR-163 Amazônica (SAWYER, 2000). Todavia, a constatação da retomada recente do crescimento nas taxas de desmatamento na região Amazônica por onde passa a BR-163 e nas microrregiões vizinhas concomitantemente à finalização da obra de infraestrutura rodoviária requer análise das implicações resultantes desse movimento, em seus aspectos socioambientais e econômicos.

Trata-se de uma análise complexa que remonta a diversos fatores, como preço das *commodities* (BARRETO et al., 2008), aspectos econômicos (KRUG, 2001), falta de infraestrutura regional (FEARNSIDE, 2001), indisponibilidade de crédito e dinâmica populacional (MARGULIS, 2003; RODRIGUES, 2004; PRATES, 2008), implementação de políticas públicas municipais e estadual (TONI; KAIMOWITZ, 2001) e restrições geológicas para a expansão das atividades agropecuárias (CAMPOS, 2007; FEARNSIDE, 2001; MARGULIS, 2004).

Ademais, além da complexidade de aspectos envolvidos, Prates (2008) afirma que o desmatamento é espacialmente desigual e motivado por diferentes fatores que incidem sobre os Estados da Amazônia Legal. Desse modo, aqueles que afetam o desmatamento variam imensamente de lugar para lugar e, portanto, devem ser definidos a partir de estudos locais. Nessa perspectiva, este estudo tem como objetivo verificar como a conclusão da pavimentação da BR-163 na região Amazônica pode ter se tornado um instrumento responsável por elevar o incremento recente de desmatamento na Amazônia ao permitir o avanço da fronteira agropecuária e propiciar um processo de ocupação por meio do desenvolvimento das atividades pecuária, agrícola, madeireira e do movimento da ocupação humana.

Para compreender esse processo, foram adotadas variáveis socioeconômicas e ambientais indicadas pela literatura como correlacionadas à prática de desmatamento e que estão ligadas ao deslocamento da fronteira a partir do propulsor pavimentação asfáltica. Num segundo momento, foi analisado o comportamento dessas variáveis ao longo do trecho asfaltado, sendo verificada a evolução do desenvolvimento socioeconômico e ambiental, com foco no efetivo do rebanho bovino, área de pastagem e área plantada de soja, bem como da quantidade produzida de soja; também foram considerados a extração de madeira, com ênfase na cobertura florestal preexistente, o PIB *per capita*, levando-se em consideração o número de empregados nos setores da Economia, o número de mortes por motivo de doença – todos os CIDs, além do número de mortes por desnutrição, do número de matriculados no ensino regular e densidade demográfica.

Tomou-se como recorte para análise a divisa do Estado do Mato Grosso, com as microrregiões de Aripuanã, Alta Floresta, Colíder, Norte Araguaia, e as demais 23 (vinte e três) microrregiões que compõem o Estado de Pará, entendendo-as como a fronteira locus de verificação. Levando em conta tal recorte, o estudo se concentra em três períodos específicos, que correspondem ao início e fim de pavimentação de um trecho de pavimentação: 2008-2010 (divisa do Estado de Mato Grosso com o Pará); 2010-2015 (divisa entre os Estados até Itaituba); 2015-2019 (Itaituba-Santarém).

Para mensurar o efeito deslocamento da fronteira, das atividades agropecuárias e da ocupação humana, utilizar-se-ão, enquanto método, a Econometria Espacial e a Análise Exploratória de Dados Espaciais, dado que o desmatamento tem uma dinâmica espacial. Ademais, na concepção de fronteira de Turner (2020), esta é móvel e tal compreensão foi trazida para o trabalho. Portanto,

essa metodologia torna-se a mais apropriada para confirmação de resultados com mais robustez, bem como para a identificação de clusters espaciais. A partir dos testes de dependência espacial, adotou-se o modelo econométrico espacial “Spatial Lag”. O modelo fora elaborado, com dados *cross-section*, para os anos de 2008, 2010, 2015, 2019.

Somado a isso, parte-se do pressuposto de que a concentração do incremento do desmatamento, bem como o desenvolvimento das atividades e da ocupação humana, dão-se no entorno da rodovia, e o que permite que tal feito aconteça é a pressão por parte dos agentes, da população local e populações indígenas, que neste trabalho serão representadas pelas variáveis unidades de conservação e terras indígenas com vistas ao controle e contenção do desmatamento. Por isso, essas variáveis foram incluídas para verificar se, de fato, são uma força contrária ao avanço da fronteira, e portanto do desmatamento, tendo como cenário a pavimentação da rodovia BR-163.

Nessa perspectiva, a análise se dará tendo como base teórica a Nova Economia Institucional. Compreender a complexidade da dinâmica do desmatamento sob os aspectos socioeconômico e ambiental, considerando os diversos atores envolvidos, passa pelo entendimento de que as instituições impactam no desempenho socioeconômico e ambiental.

Dessa forma, o entendimento dos processos contração e expansão do desmatamento na Amazônia decorre da tessitura institucional. A ação do Estado, pavimentando a BR-163, leva à reação de um conjunto de Instituições envolvidas, cujas ações eficientes, por exemplo, por meio do estabelecimento de regras que condicionem o comportamento dos agentes privados, podem impactar nos fatores correlacionados ao desmatamento.

A importância da Amazônia, atestada por diversos agentes e órgãos nacionais e internacionais como elemento de preservação da biodiversidade e de manutenção das condições climáticas globais, e um anseio pela queda das taxas de desmatamento justificam a necessidade deste estudo enquanto observação dos resultados que o asfaltamento da BR-163 – Amazônica inicialmente tem provocado, do ponto de vista socioeconômico e ambiental, especialmente da elevação recente nas referidas taxas.

Esse trabalho está composto, além desta introdução, pelo capítulo 2, em que se discute a Nova Economia Institucional, o que está traz de novo ao pensamento econômico, inserindo o comportamento humano na lógica econômica, e a

compreensão de como as regras podem limitar a ação do ser humano, numa perspectiva de desenvolvimento. Dentro dessa discussão, discorre-se sobre o papel das instituições e da governança no processo de desenvolvimento da Amazônia e como o vetor asfaltamento se relaciona com a expansão agropecuária e implica em resultados econômicos positivos ou negativos, como o desmatamento. No capítulo 3, trata-se diretamente da pavimentação da BR-163 e dos recortes metodológicos de análise, do conceito de desmatamento e das variáveis de correlação adotadas. Ainda no capítulo 3, dá-se atenção a cada variável adotada, observando-se o seu comportamento nos anos de estudo. No capítulo 4, traz-se de forma esmiuçada o modelo econométrico adotado, bem como o debate da dependência espacial do desmatamento, razão pela qual se torna o modelo até o momento adequado para a obtenção de respostas significativas. No capítulo 5, expõem-se os resultados obtidos a partir do modelo econométrico espacial “Spatial Lag” e da Análise Exploratória de Dados Espaciais. Por último, apresenta-se no capítulo 6, o que se conclui, tendo como base de sustentação a Nova Economia Institucional e como instrumento, a Econometria Espacial acerca das implicações da pavimentação asfáltica da BR-163 na Amazônia, em seu processo de desenvolvimento.

## **1 NOVA ECONOMIA INSTITUCIONAL: O PAPEL DAS INSTITUIÇÕES E DA GOVERNANÇA NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA**

### **1.1 Da compreensão da racionalidade de expansão econômica na Amazônia à luz da nova economia institucional**

A compreensão da dinâmica complexa do desmatamento na Amazônia depende do entendimento de como as estruturas de mercado se expandem nesse espaço e de qual racionalidade econômica promove esse fenômeno. E essa percepção depende do conhecimento de mecanismos que condicionarão ou não essa expansão. Tais mecanismos podem ser eficientes, culminando num processo de desenvolvimento, ou ineficientes, resultando na acentuação do desmatamento, neste caso específico de análise, a partir da pavimentação da BR-163 na Amazônia, que teve início no ano de 2008.

A Nova Economia Institucional apresenta em seu cerne de debate a ponte entre o ser humano e o desenvolvimento e como os mecanismos e as instituições podem impactar nesse processo, a partir do estabelecimento de regras que condicionam a ação humana. E esta ação do ser humano, condicionada pela presença ou ausência de regras do jogo, pode desembocar em efeitos e comportamentos específicos, quais sejam, nesta investigação, o aceleração do processo de ocupação e do desenvolvimento das atividades agropecuárias, propulsionado pelo asfaltamento da BR-163 na Amazônia. A ocupação desse território, que adiante se chamará de instituição fronteira, pode se dar para fins econômicos e comerciais, tanto pela população urbana como pela população rural, de modo que, na falta de instituições e regras, pode ser desordenada e levar a uma intensificação do desmatamento. Por outro lado, a ocupação pelas populações tradicionais, se amparadas por dispositivos legais e instituições, como a presença de reservas, podem frear o desmatamento. O desenrolar dessas forças na forma de instituições é o debate central deste trabalho, juntamente com a pretensão de verificação de seus resultados no tocante ao desmatamento.

Esclarecido que a Nova Economia Institucional ampara teoricamente esse esforço, dadas suas características de análise, é válido frisar que já existia um empenho, mesmo que limitante, nas escolas de pensamento anteriores à NEI, no que concerne ao papel das instituições. Desse modo, desde o pensamento clássico, o

entendimento de que as instituições afetam a eficiência está na análise de funcionamento dos mercados. Segundo Greif (2006), Adam Smith bem argumenta que a “propensão à troca” está na natureza humana e examina como as instituições implicam na tendência de eficiência, afirmando que, indiscutivelmente, essas instituições afetam a eficiência, ao influenciar a alocação de recursos e dos agentes econômicos e o conjunto de relação de trocas que estão dispostos a assumir.

Já a sugestão neoclássica é de que os mercados e o seu processo de integração promovem eficiência e crescimento. Contudo, conforme Greif (2006), essa constatação é de difícil comprovação, se se tomarem como base as informações históricas e não teóricas. Historicamente, então, os preços são utilizados para avaliar o processo de integração do mercado e suas covariações ao longo do tempo. Destaca Greif (2006) que a disponibilidade de dados de preços restringe essa técnica neoclássica de análise para examinar principalmente os mercados de trabalho e financeiro.

A abordagem neoclássica da história das instituições se distancia do que afirma a história tradicional, que argumenta ser recente o processo de governança na troca. Além disso, essa abordagem neoclássica das instituições apoia a visão coasiana das instituições não mercantis como substitutos para o mercado. Sendo assim, a partir de Coase (2012), em seu trabalho seminal, a abordagem neoclássica de entendimento do funcionamento dos mercados é influenciada pela abordagem das instituições não mercadológicas.

As instituições não mercantis aparecem como relações contratuais e padrões de propriedade que são compreendidos como respostas eficientes às imperfeições de mercado ou à alta de preços. Todavia, como afirma Douglas North, Coase não avançou muito na compreensão das instituições não mercantis, não conseguindo explicar por que algumas sociedades desenvolvem economias de mercado e outras não.

A Nova Economia Institucional, especialmente em Douglas North, procura responder por que “instituições que produzem fraco desempenho econômico e político podem existir e persistir.” (NORTH, 1991, p. 12). As instituições, segundo North (1991, p. 18), são identificadas como “restrições ao comportamento na forma de regras, regulamentos e procedimentos de execução.” E a cultura – enquanto restrição informal – é importante na medida em que os princípios éticos e morais determinam normas comportamentais, as quais reduzem os custos de execução. Assim, não há

como se pensar a atividade econômica ou os resultados dessa atividade de forma isolada e fechada. Esse fato é visto e abordado pela Nova Economia Institucional, na perspectiva de que existe uma mudança na sensibilidade do desenvolvimento da atividade econômica.

A Nova Economia Institucional pode ser compreendida e observada como uma linha de pensamento que se esforça para o estabelecimento de uma ponte entre o desenvolvimento e as ações do ser humano, já que este está dentro do processo de desenvolvimento. Nesse processo, a Nova Economia Institucional percebe que, dependendo do comportamento do ser humano, dependendo de suas ações, resultantes diferentes serão obtidas no processo de desenvolvimento. E o que limita suas ações ou seu comportamento, conforme Azevedo (2000), são as Instituições, sendo estas as regras que os restringem, de modo a garantir a eficiência econômica e o desenvolvimento. Ou, ainda, são as Instituições compreendidas como “as regras do jogo” formais e informais que respondem pela “interação social, econômica e política.” (NORTH, 1991, p. 97).

O esforço de análise dessa mudança pode ser observado em Coase, Prêmio Nobel de Economia em 1991, quando relaciona a natureza da firma e os direitos de propriedade. E em Douglas North, também Prêmio Nobel, ao ligar instituições e desenvolvimento econômico.

É preciso esclarecer com veemência que a análise da Nova Economia Institucional quanto ao papel das instituições se dá em dois níveis distintos: no nível macro, tem-se o ambiente institucional que contempla as macroinstituições, nas quais são estabelecidas as bases para a interação entre os seres humanos. No nível micro, estão as estruturas de governança que regulam uma transação específica (AZEVEDO, 2000).

Azevedo (2000) pontua a Nova Economia Institucional, tanto sob o enfoque da agricultura, como do ponto de vista das macroinstituições: direitos de propriedade da terra, políticas de preços mínimos, reforma agrária, assim como políticas de segurança alimentar – em seu sentido amplo de acesso a alimentos – e de garantia de qualidade dos alimentos são elementos que impactam e que têm efeitos sobre as ações dos que compõem os sistemas agroindustriais.

Do lado das microinstituições, Azevedo (2000) destaca igual importância, uma vez que são as regras que vão regular uma relação específica entre indivíduos, associações, cooperativas ou empresas. Dessa forma, os diferentes arranjos

institucionais têm forte impacto sobre o desenvolvimento de um sistema. Dito de outro modo, as regras que disciplinam o comportamento dos participantes de um sistema (regras do jogo de Douglas North) podem ser decisivas no que diz respeito a sua eficiência e competitividade, implicando em melhores resultados em comparação com o velho sistema de preços.

Sob o prisma micro, os agentes fazem uso de mecanismos com o intuito de reduzir os custos de transação, denominados de “estruturas de governança”. Azevedo (2000, p.36) cita exemplos como “mercado spot, contratos de suprimento alimentar, contratos de longo prazo com cláusula de monitoramento, integral vertical, etc.” Do ponto de vista macro, as instituições, então, consistem no conjunto de regras formais (constituições, leis, direitos de propriedade) e informais (costumes, tradições e códigos de conduta), de direitos de propriedade da terra criado pelos seres humanos e que ao longo da história estruturam políticas, impondo ordem e reduzindo a incerteza na troca. Esse conjunto de regras formais e informais que restringem a ação humana tem uma necessidade de existir e, segundo Douglas North, a compreensão da existência das instituições tem como contexto a teoria dos jogos.

Na teoria dos jogos, os indivíduos que querem maximizar riqueza entendem que vale a pena cooperar com outros jogadores quando a jogada é repetida, quando as informações são completas, quando possuem informações sobre as jogadas passadas do outro jogador e quando conhecem o número de jogadores. De modo contrário, argumenta North (1991) que, se o jogo for invertido, será difícil manter a cooperação quando este não se repete (ou existe um final de jogo), quando faltam informações sobre os outros jogadores e quando há muitos jogadores.

Assim, quando o ambiente não é de maximização e de cooperação, e entendendo os jogadores que haverá perdas e então custos de transação, as instituições aparecem como determinantes da escolha do empresário, definindo os custos de transação e de produção e a rentabilidade e viabilidade de se envolver em uma atividade econômica.

Dito de outro modo, sob o prisma da Nova Economia Institucional e tomando os conceitos microeconômicos, os custos de transação são um determinante crítico do desempenho econômico, uma vez que a transação exige dispêndio de recursos na troca e quanto mais assimétricas as informações num contexto de um indivíduo maximizador de riqueza, mais aumenta a necessidade de recursos na realização da troca. Nesse sentido, o que determina a minimização do custo de transação, e assim

o desempenho econômico, é a presença de instituições. Salienta-se não somente a presença de instituições, mas, sobretudo, a eficácia de sua aplicação.

North (1991) considera que instituições eficazes aumentam os benefícios de soluções cooperativas, reduzindo os custos de transação e de produção na troca e possibilitando que os ganhos potenciais do comércio sejam realizáveis. E que instituições políticas e econômicas são partes essenciais de uma matriz institucional eficaz. Em outras palavras, o conceito de eficiência se ancora na adequação das estruturas de governança a cada tipo de transação a que se vincula (AZEVEDO, 2000).

Destarte, a defesa da Nova Economia Institucional é de que os resultados econômicos dependem de mudanças institucionais eficientes. E atenção deve ser dada à medida que há especialização, pois esta aumenta os custos de transação (mantendo as instituições constantes).

Outros dois componentes que merecem observação em uma estrutura teórica dos jogos do ponto de vista institucional e que estão inter-relacionados são expectativas e organizações. As expectativas devem ser levadas em conta porque afetam o comportamento e, dessa forma, as expectativas em relação ao comportamento de outros jogadores fazem parte do processo, determinando restrições não tecnológicas que esse jogador deve enfrentar. Já as organizações são restrições não tecnológicas que impactam no comportamento, introduzindo um novo ator (a própria organização), alterando as informações disponíveis aos jogadores ou alterando os pagamentos associados a determinadas ações. O tribunal, o regulador, a cooperativa de crédito, a firma e a cooperação mercantil são exemplos dessas organizações (GREIF, 2006).

North (1991) constata que são as instituições que fornecem a estrutura de incentivos de uma economia, de modo a determinar como essa estrutura evolui e, ainda mais, moldar a direção da mudança econômica, seja para o crescimento, seja para estagnação, seja para declínio. Desse modo, Douglas North pontua que a análise quanto às instituições deve observar sua evolução incremental, de modo a conectar o passado e o futuro. Portanto, o desempenho da economia só pode ser compreendido como parte de um processo sequencial.

Aqui, aproveita-se para ponderar que a teoria *mainstream*, com seu mecanismo de preços, já não é suficiente para compreensão das estruturas de mercado e resolução dos problemas, que são complexos e resultados de diversos

arranjos institucionais. E estes passam por necessidades de mudanças frequentes, dada a emergência de novas situações de mercado e da imposição dos diversos atores envolvidos no processo.

Posto isso, compreender a complexidade do desmatamento na Amazônia e sua dinâmica, neste caso, propulsionada pelo vetor asfaltamento da BR-163 Amazônica, passa pelo entendimento de que existem instituições, atores envolvidos e, então, governança. Assim, essa análise, se não for imbricada pelo esforço teórico da Nova Economia Institucional, tornar-se-á uma tarefa de difícil conclusão.

Tomando esse esforço teórico, as discussões adiante se darão especificamente na tentativa de compreensão dos pressupostos da Nova Economia Institucional na Amazônia, abordando a análise de Instituições e governança na região amazônica, bem como a evolução e a pressão por eficiência dessas instituições.

Uma das instituições presentes na Amazônia e que deve estar nessa discussão é a fronteira. E, para compreender a questão do desmatamento, deve-se balizá-la pela discussão, em especial, na região do Pará, de que existe uma fronteira econômica ligada ao processo de ocupação e de expansão das atividades agropecuária, madeireira e de mineração, e também do avanço da agricultura de subsistência (CARVALHO et al., 2014).

A ideia fundamental de Turner (2020) sobre a fronteira norte-americana pode ser utilizada na compreensão da fronteira Amazônica. Para esse autor, a fronteira foi a grande força construtora da nação americana com suas terras disponíveis (*free lands*) e se encerrou com a própria extinção da oferta de terras disponíveis. Turner (2020) apresenta mais três pontos importantes que caracterizam a fronteira americana, que se trazem à análise para compreensão da fronteira Amazônica: o fator capital da fronteira, a mobilidade da fronteira ao longo do processo e a fragilidade institucional do Governo. Para o autor, a fronteira foi o fator capital de americanização que estimulou o deslocamento do europeu, arriscando-se à vida primitiva na América. Observa que a fronteira era móvel ao se deslocar para o Oeste americano, o que não aconteceu somente uma vez, mas durante três séculos. Por último, o pioneiro americano estava longe do controle governamental e evitava a ingerência estatal. Contudo, às vezes, era inevitável recorrer à ajuda do governo, como em situações relacionadas ao setor de transporte, o que abriu precedentes para o fortalecimento do governo e o estreitamento dos laços nacionais. Desse modo, utiliza-se a abordagem de Turner neste o trabalho entendendo-se que a fronteira Amazônica é um fator capital

que impulsiona os agentes, que essa fronteira é móvel e assume-se que há fragilidade relativa entre os agentes Governo, populações tradicionais e produtores.

Carvalho et al. (2014) então frisam que do avanço da fronteira resultou na Amazônia a incorporação de áreas antes inacessíveis ou relativamente despovoadas. Esse avanço ocorreu com o apoio de instituições e organizações regionais criadas pelo governo militar, com destaque para a Operação Amazônia, que deu origem à Instituição Amazônia Legal, à Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) e ao Banco da Amazônia S.A. (BASA). Nesse passo, argumentam ainda Carvalho et al. (2014) que os incentivos fiscais-financeiros constituíram o mais importante instrumento da política econômica usada pela SUDAM, tendo a pecuária como atividade econômica responsável pela ocupação de terras, em especial, na fronteira econômica no Estado do Pará.

A resultante dessa política de financiamento por meio de incentivos fiscais foi o desmatamento para a formação de pastagens e pecuária em regime extensivo. E, dadas a importância dessa fronteira e as externalidades negativas decorrentes da destruição da biodiversidade, o olhar internacional se volta para a Amazônia e passa a exercer uma pressão sobre o Governo para que institua leis e regulamentos que contenham o desmatamento e minimizem os conflitos nessa fronteira econômica. Esse diagnóstico é feito por Carvalho et al. (2014, p. 24), do ponto de vista da Nova Economia Institucional, para o que os autores chamam de fronteira agropecuária do Pará e vale ser colocado na íntegra:

[...] a importância dessa imensa fronteira agropecuária, [...] deve ser entendida como sendo um novo território econômico, palco de conflitos sociais que forcem o Estado à criação de instituições com vistas ao estabelecimento das 'regras do jogo' necessárias à funcionalidade das instituições privadas. A fronteira é o lócus do descumprimento das leis no âmbito de uma sociedade democrática, isto é, é o lugar onde o aparato normativo e coercitivo do Estado encontra-se ausente e quando existe está a serviço do poder do capital.

Finalmente, o que se extrai enquanto marco para o entendimento ou pela busca da compreensão do desmatamento na Amazônia são dois elementos, pontos de partida teóricos: a fronteira que, segundo Carvalho et al. (2014), encontra seu significado enquanto processo de expansão de uma sociedade num território ainda não ocupado ou não suficientemente ocupado do ponto de vista econômico. Então, a

fronteira, em outras palavras é uma zona de ocupação de um território anteriormente vazio demograficamente falando e que se dá dentro de uma lógica de acumulação capitalista (CARVALHO et al., 2014).

A questão é que nesse território – e aqui coloca-se o segundo ponto de partida – a forma precária das instituições públicas responsáveis pela manutenção da ordem jurídica, com o fim de estabelecimento da “regras do jogo” para a funcionalidade das atividades privadas, impacta na forma de ocupação e, dependendo dessa forma de ocupação, pode levar a resultados negativos, especialmente no que diz respeito ao desmatamento. Nas palavras de Carvalho et al. (2014, p. 24):

É a combinação das ações políticas e econômicas, operadas pelas instituições, que permite a formulação de políticas públicas direcionadas para solucionar os problemas sociais, econômicos e ambientais da agenda governamental, sendo que essa interpenetração dos interesses políticos e econômicos é a chave para compreensão das motivações dos atores no seio das instituições governamentais quanto à questão do desmatamento.

No caso brasileiro, a Amazônia é a última grande fronteira, segundo a literatura, e essa fronteira é palco de conflitos de terra, dos problemas ambientais oriundos do processo de ocupação – que será melhor abordado adiante – advindos da força da lógica de acumulação capitalista e da pressão por instituições que realmente estabeleçam regras do jogo e que criem estruturas de governança capazes de minimizar os conflitos, garantindo eficiência do ponto de vista socioeconômico e ambiental. Essa tratativa é que será trazida agora.

Como diz North (1991), as restrições econômicas formais, ou direitos de propriedade, são especificados e aplicados por instituições políticas. A crítica de Douglas North é que a literatura toma isso como dado. E a história econômica mostra, evidentemente, uma história de economias que não produziram um conjunto de regras econômicas do jogo (com fiscalização) e que, portanto, não induziram a um crescimento econômico sustentado.

A compreensão do desenvolvimento econômico passa por esmiuçar como a evolução de instituições políticas e econômicas cria um ambiente econômico que induz ao aumento da produtividade. North (1991) observa que a evolução de inovações específicas e instrumentos institucionais específicos partem da interação de duas grandes forças econômicas: da economia de escala associada a um volume

crescente do comércio e do desenvolvimento de mecanismos aprimorados para fazer cumprir contratos a custos mais baixos. Observa, ainda, que esse processo foi longo. Sobretudo a evolução institucional, segundo Douglas North, envolveu não somente organizações voluntárias que expandiram o comércio e tornaram as trocas mais produtivas, mas o desenvolvimento do Estado para assumir a proteção e fiscalização dos direitos de propriedade. Contudo, observa o autor que, onde o Estado não desenvolve essa capacidade, as organizações carecem de poder coercitivo efetivo, tornando a execução de contratos muito mais onerosa.

Nesse contexto, o *path dependence* aparece não somente como um processo incremental de evolução em que o quadro de ontem oferece a oportunidade para as organizações de hoje e empreendedores individuais, sejam estes políticos ou ecológicos. A matriz institucional consiste em uma rede interdependente de instituições econômicas e políticas que garantirão os retornos crescentes.

North (1991) acredita que o conceito de *path dependence* pode ajudar no entendimento da mudança institucional. Tanto na mudança tecnológica como na mudança institucional, os retornos crescentes são elementos chave. A diferença está na complexidade que envolve a mudança institucional, haja vista que esta depende do papel fundamental das organizações políticas no processo. A análise histórica diz que os mercados emergem e se integram após as mudanças tecnológicas, particularmente na melhoria das tecnologias de transporte e comunicação e após mudanças políticas que promovem a paz (GREIF, 2006).

Quando aplica o conceito de *path dependence* para a compreensão da evolução institucional, Douglas North enxerga caminhos institucionais distintos. Na Inglaterra, por exemplo, vê um quadro institucional que evoluiu e permitiu uma troca impessoal complexa necessária à estabilidade política. Na Espanha e na América Latina, a presença de relacionamentos “personalísticos” é a essência dos aspectos políticos e de intercâmbio econômico. Desse modo, tais relacionamentos trouxeram como consequência uma estrutura de evolução institucional que culminou num crescimento econômico irregular, sem estabilidade política ou econômica, nem realização do potencial de tecnologia moderna.

Essa constatação de North, segundo o próprio autor, abre mais perguntas do que respostas. Trata-se de questões complexas sobre as instituições e o seu papel no desempenho da economia: como o processo de relacionamentos “personalísticos” podem ser revertidos? Por que as restrições informais têm maior influência no longo

prazo sobre as economias? Como as economias desenvolvem restrições informais que levam os indivíduos a restringir seu comportamento, de modo a tornar o sistema político e judicial forças efetivas para aplicação de terceiros?

Na tentativa de responder essas questões, Greif (2006) destaca, analisando historicamente, que as instituições são geralmente ineficientes, pois são determinadas através de um processo político e são influenciadas pelos custos de transação da negociação. Portanto, a seleção institucional e o *path dependence* refletem o interesse político de grupos. Cita o exemplo da relação entre segurança de direitos de propriedade, regulamentação governamental e industrial no Brasil, México e Estados Unidos, no período de 1830 a 1930, em que direitos de propriedades mal definidos e o governo complicando os regulamentos resultaram nos dois primeiros países com maior concentração do que os Estados Unidos.

Libecap (1989) analisa o processo pelo qual as instituições são determinadas. Ao examinar a formação dos direitos de propriedade em diversos espaços, a exemplo de bosques, cordilheiras, pesqueiros, verifica que elementos como questões distributivas, informações assimétricas, falha na negociação e os interesses políticos de políticos e burocratas impactaram crucialmente a natureza e, dessa forma, a especificação dos direitos de propriedade. Aqui, duas sinalizações importantes necessitam ser feitas. A primeira delas vem à luz da análise de Carvalho et al. (2014), que denominam, a “Amazônia Legal” como uma “invenção institucional” criada com a intenção de permitir que a União, como “agente”, pudesse planejar e executar sua política de ocupação e desenvolvimento, passando por cima, sobretudo, dos atores locais.

Para Carvalho et al. (2014), essa nova estrutura institucional foi montada em virtude da exigência de uma Amazônia que incorporasse uma parte da região Nordeste (uma parte do Maranhão) e uma parte da região Centro-Oeste (uma parte de Mato Grosso), com o intuito de servir aos interesses do governo militar, que, dispondo dos recursos orçamentários e incentivos fiscais, fazia manobras à vontade relativas à política nacional de integração da Amazônia ao centro capitalista do Brasil que é a região sudeste.

A própria ação do Governo Federal com o plano BR-163 Sustentável surge como uma tentativa de fortalecimento das instituições até então insuficientes na Amazônia e com interesses divergentes no tocante ao uso da terra e dos recursos naturais, tendo como resultante o acirramento do conflito de terras até então

pertencentes ao Governo Federal, tendo como resultantes, também, a ocupação desordenada e o uso inadequado dos recursos naturais. A proposição seria unificar os interesses dos agentes privados e da sociedade civil, em prol de que a pavimentação resultasse em desenvolvimento regional e local. Para tanto, no plano BR-163 Sustentável, várias medidas emergenciais e estruturais foram estipuladas: fortalecimento dos órgãos do Governo Federal com atuação local, ordenamento fundiário e territorial, monitoramento e controle ambiental, fomento a atividades produtivas sustentáveis, fortalecimento institucional, inclusão social, infraestrutura de transportes e energia, planejamento de núcleos urbanos.

Contudo, a execução dessas medidas, em sua maioria, restou frustrada. A tentativa de unificação de interesses sem uma delimitação fundiária e sem um envolvimento de fato da população local torna-se uma tarefa institucional de complicada finalização, sobretudo, pela constatação do próprio desinteresse estadual e de alguns governos locais por essa causa na Amazônia.

Outra constatação recente na Amazônia Legal é a implementação da Lei Federal nº 13.465/2017. Essa nova Lei consiste na concessão de anistia àqueles que ilegalmente ocuparam terras públicas entre 2005 e 2011. Essa nova regra permite que grileiros comprem terras públicas abaixo do preço de mercado, além de estender esse benefício a grandes áreas de até 2500 hectares, o que representa 1000 hectares a mais em relação à legislação anterior.

Para Brenda Brito et al (2019), esses fatores têm como potencial estimular mais grilagem de terras e perda de florestas, uma vez que reforçam um mecanismo de preempção para aquisição de direitos à terra historicamente vinculados ao desmatamento na região Amazônica.

Explicam Brenda Brito et al (2019) que o mecanismo de preempção opera da seguinte forma: primeiramente, as partes privadas ocupam terras públicas, e em alguns casos expulsam povos indígenas ou comunidades tradicionais que anteriormente ocupavam essas áreas. Depois, eles desmatam a área e plantam capim para criar gado, tornando-se uma maneira de sinalizar o uso da terra. E em seguida, solicitam ao Governo um título de terra como reconhecimento formal de sua ocupação.

Outro fator de preocupação é que a mesma Lei, além de promover a privatização de terras públicas na Amazônia Legal, reduziu o ritmo de demarcação de terras indígenas e também das unidades de conservação (BRITO et al 2019). Estes dois são mecanismos importantes para o reconhecimento de direito de terras

indígenas e comunidades, atuando como barreiras à contenção do desmatamento (FERNANDES et al., 2016; BRITO et al., 2019).

Segundo ainda Brenda Brito et al. (2019), existem cerca de 70 milhões de hectares de floresta não alocada na Amazônia, área com potencial para criação de reservas protegidas e alocação para uso social. No entanto, o foco na privatização da terra pode estimular novas ocupações ilegais de terras associadas ao desmatamento.

Brenda Brito et al. (2019) percebem duas resultantes da implementação dessa nova lei: a primeira, o aumento recente nas taxas de perda de florestas, alcançando o índice mais alto da última década no ano de 2018 (7900km<sup>2</sup>). Isso representa uma ameaça para a conservação da biodiversidade da Floresta Amazônica e dificulta as promessas do Brasil ao Acordo de Paris de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, num esforço de mitigação das mudanças climáticas que dependem da redução do desmatamento.

A segunda resultante da implementação dessa Lei Federal é a intensificação dos conflitos de terra. Existe uma relação entre desmatamento, apropriação de terras e conflitos de terra na Amazônia. Brito et al (2019) destacam que, no ano de 2017, o Brasil teve a maior taxa de assassinatos de defensores ambientais e de direitos à terra, e 80% das ocorrências envolveram vítimas na região Amazônica. Assim, do ponto de vista da Nova Economia Institucional, além das implicações financeiras e sociais, o cenário dessa Lei Federal entra em contradição com outras leis federais e estaduais de conservação, direitos humanos e desenvolvimento.

Observa-se no embate colocado nos parágrafos anteriores a existência de um conflito que vai além do conflito de terras e de direitos de propriedade na Amazônia. Há, sobretudo, um choque entre o estabelecimento de regras formais, como no caso da Lei Federal nº 13.465/2017, que diverge do estabelecido nas outras leis federais e estaduais.

Há um conflito na Lei Federal nº 13.465/2017 com o papel das instituições, a partir da estruturação de mecanismos de governança que garantam a eficiência e o desenvolvimento, nesse caso tendo como objetivo a contenção do desmatamento, enquanto essa Lei restringe a demarcação de terras indígenas e comunidades – por meio das unidades de conservação –, desestruturando mecanismos de governança ora eficientes na contenção do desmatamento. Tal Lei pode ter impactado inclusive no que frearia o avanço do desmatamento por conta da pavimentação asfáltica da BR-163-Amazônica. Essas são duas medidas que não restringem a ação humana e que

podem ter como resultante a ineficiência dos mecanismos de governança, o que se tentará demonstrar nos capítulos seguintes.

Azevedo (2000) argumenta que no setor agrícola há a presença de regras informais e que estas conflitam com regras formais. Este é um ponto. O outro ponto é que verifica que muito do sucesso das organizações cooperativas e do *pool* de produtores vem de regras informais. Destaca Azevedo (2000, p. 43) que o “modo como uma cultura nativa relaciona-se com a terra é bastante particular, e frequentemente, mostra-se como um dos valores mais importantes para seus membros”. Em sua análise, o autor apresenta o trabalho de Ensmiger (1997), no qual relata um conflito entre o estabelecimento de direitos formais de propriedade da terra e os direitos informais (costumes) de uso comum desse recurso na África. Azevedo (2000, p. 43) descreve:

Para as culturas africanas, o uso da terra era compartilhado, havendo práticas de migração periódicas e utilização limitada do pastejo, que permitiam uma utilização sustentável dos recursos naturais. A introdução da propriedade privada, garantida formalmente, criou um óbvio conflito entre regras formais e informais, o que se traduziu em violência e dissipação da renda.

Historicamente, verifica-se a ineficiência do Estado em garantir que os agentes se comprometam a respeitar os direitos de propriedade. Isso se deve, na perspectiva de Greif (1989), à assimetria de informações nas relações entre os agentes e aos custos e mesmo impedimentos de transação. Segundo Greif (1996), essa ineficiência se dá principalmente na ausência de um sistema jurídico centralizado. Nesse cenário, acontece de os próprios atores locais intervirem e estabelecerem regras informais que garantam a eficiência das instituições.

Greif (2006) apresenta o exemplo dos Margribis, por volta do século XI. Inexistindo um sistema jurídico enquanto instituição que estabelecesse as regras do comércio, as relações de agência passaram a ser governadas por uma punição coletiva autoimpositiva por parte dos comerciantes. Especificamente, a regra do jogo era a seguinte, explica Greif (2006): existe um equilíbrio no que ele chama de subjogo, cuja estratégia exige que todos os comerciantes não contratem alguém que trapaceou com qualquer um deles. Essa estratégia de punição coletiva foi rentável aos comerciantes, e potencialmente a todos os agentes, e aumentou a eficiência, tendo em vista que permitiu estabelecer relações de agência quando estas não foram possíveis sob um mecanismo de reputação bilateral.

Outro exemplo é dado por Argila (1994 apud CARVALHO et al. 2014): na ausência de um sistema legal formal, comerciantes mexicanos prestavam serviços de agência uns aos outros e vendiam bem nas comunidades locais. Assim, a execução dos contratos se baseava em sanções sociais informais. Essa era a forma de garantir ao comerciante a aplicabilidade do contrato, tornando-se parte do mecanismo informal de seu cumprimento.

Pela Amazônia Legal, há um apelo de organismos internacionais, da sociedade civil, consubstanciado em acordo pela conservação de sua biodiversidade para a manutenção das condições climáticas globais. Segundo Zaroni et al. (2000), a preservação se caracteriza como um refúgio à impotência e conveniência advindas da fragilidade dos apelos éticos ao uso adequado dos recursos naturais. Assim, as sociedades contemporâneas vêm implementando medidas reguladoras do meio ambiente e criando espaços de preservação, na tentativa de garantir a reprodução da biodiversidade dos ecossistemas existentes.

Nesse caminho, a natureza passa a ser um patrimônio comum a ser gerido (TONNEAU, 2004). Segundo Sachs (1999), a gestão dos bens internacionais e do patrimônio comum da humanidade passou a ser assunto de alta prioridade, pois há os que propõem a privatização da natureza e dos serviços do ecossistema através da emissão de títulos e há os que defendem que deve ser evitada a atribuição de valores comerciais a esses recursos. Sachs (1999) percebe também que a proteção da biodiversidade tem se concretizado em santuários invioláveis. Segundo o autor, a natureza sem pessoas é um conceito fortemente presente no pensamento conservacionista americano: “E a multiplicação de reservas sem os meios necessários para a sua proteção efetiva é uma política autoderrotada.” (SACHS, 1999, p. 68). O autor comenta que as pessoas retiradas das reservas ou, ainda, impedidas de coletar os produtos florestais de que sempre dependeram consideram uma violação do seu direito à vida. E sua reação é de invasão a essas reservas.

Então, para Sachs (1999), a conservação da biodiversidade não pode ser equacionada com a opção do não-uso dos recursos naturais essenciais. Embora seja importante a criação de reservas naturais, este é apenas um instrumento de conservação. Para o autor, um componente da estratégia de desenvolvimento seria o estabelecimento de um aproveitamento racional e ecologicamente sustentável da natureza em benefício das populações locais, incorporando-lhes a preocupação com a conservação da biodiversidade.

Tal concepção de conservação da biodiversidade vem do próprio conflito entre regras formais e informais de direitos de propriedade da terra, no qual, conforme apontado, há um sufocamento dos direitos formais – como na Lei Federal – sobre os direitos informais da terra. Na verdade, é necessário, no argumento de Sachs (1999), um planejamento local e participativo das autoridades locais, comunidades e associações de cidadãos envolvidos na proteção da área. Para autores mais radicais, é necessário o reconhecimento dos direitos legítimos aos recursos e às necessidades das comunidades locais, dando a estas a função central de planejar a proteção e monitorar as áreas protegidas, para que se permita uma interação entre conhecimento tradicional e a ciência moderna

## **1.2 Asfaltamento como vetor de potencialização do processo de expansão da fronteira agropecuária e da dinâmica de desmatamento e as forças capazes de frear essa expansão**

Os fatores responsáveis pelo desmatamento na Amazônia são diversos e sua dinâmica e correlação varia de presença e de intensidade de lugar para lugar, devendo cada caso ser observado e analisado. Contudo, a literatura aponta amplamente o avanço da pecuária (CAMPOS; FARIA, 2016; MARGULIS, 2003) e da soja (FEARNSIDE, 2001), os preços dos produtos agropecuários, condições de acesso, os gastos do governo em abertura e pavimentação de estradas ou outras obras de infraestrutura (FEARNSIDE, 2001), o nível de renda e a presença da população como explicadores do desmatamento na Amazônia (SANTOS, 2010; PRATES; SERRA, 2009).

Segundo Prates e Serra (2009), a dinâmica desses fatores está em sua maioria, direta ou indiretamente, ligada a políticas realizadas pelo governo federal, especialmente o crédito rural ou a ampliação e melhoria das rodovias. Ocorre que o governo, por meio de políticas públicas, pode estimular o desmatamento mediante a liberação de recursos que indiretamente influenciam o desenvolvimento de atividades que necessitam do solo, como a pecuária.

No caso das rodovias, o Ministério dos Transportes é responsável pela aplicação dos gastos na ampliação e melhoria das condições logísticas que, por sua vez, impactam o desmatamento, como no caso da BR -163 Amazônica, objeto de análise deste estudo.

Trabalhos como de Arima et al (2005) concluíram, ancorados na teoria do comportamento do consumidor e do sistema de informações geográficas, que o avanço do desmatamento se deu por conta das rodovias. De modo semelhante, Pfaff et al (2007) identificaram que o aumento das rodovias, pavimentadas ou não, contribuiu para o aumento do desmatamento. Há estudos, também, que analisaram a correlação entre investimento e infraestrutura e crescimento populacional e constataram que o crescimento em infraestrutura influencia o crescimento populacional que, por sua vez, intensifica o desmatamento (PRATES; SERRA, 2009).

Prates e Serra (2009) ainda apontam trabalhos empíricos, os quais confirmaram que os gastos do governo em crédito agrícola tiveram resultados econômicos positivos após a derrubada da floresta, enquanto os gastos do governo com construção de rodovias podem não trazer os resultados econômicos esperados. Outro diagnóstico é de Ferraz (2001), mostrando que a expansão agrícola e a pecuária se relacionam com a presença de estradas. Especificamente, a expansão agrícola se relaciona positivamente com o crédito agrícola e o preço da terra, e a pecuária, negativamente com o preço do gado.

Do ponto de vista da dinâmica do desmatamento e de um possível avanço da fronteira agropecuária na Amazônia, destacam Prates e Serra (2009) que os gastos do governo na melhoria da infraestrutura de transportes podem levar a dois resultantes que estão diretamente relacionados: o primeiro, em permitir o acesso a lugares remotos que antes eram inacessíveis, e o segundo em contribuir para a queda do custo do transporte, tornando economicamente viável expandir a produção de certos bens para áreas mais distantes do seu mercado ou do seu ponto de escoamento. Outro ponto de observação é que a literatura aponta a presença de estradas não oficiais na Amazônia, abertas principalmente por madeireiros, como provocadoras do desmatamento. No entanto, conforme Prates e Serra (2009), essas estradas não oficiais são conectadas às oficiais, de modo que a expansão destas últimas provoca a ramificação das não oficiais.

No caso da pavimentação da BR-163 Amazônia, a sua conclusão já era um anseio dos sojicultores do Estado de Mato Grosso na perspectiva de redução dos custos de transporte, ao escoar a produção pelos Portos de Miritituba e Santarém, no Estado do Pará (CAMPOS, 2007).

É clara a correlação entre desmatamento e acessibilidade por rodovias (ANGELSEN; KAIMOVITZ, 1999). Contudo, considerar as estradas como causadoras

do desmatamento é uma percepção limitada do problema, tendo em vista que ele é bem mais complexo (RODRIGUES, 2004). Margulis (2004) sinaliza que não são as estradas por si mesmas que estimulam o desflorestamento, mas a viabilidade financeira da pecuária que é ajudada pela existência de estradas. Os próprios pecuaristas e madeireiros as constroem se a atividade for favorável. Desse modo, três fatores devem ser analisados juntos para a acessibilidade da BR-163 na Amazônia: o processo de ocupação, a pecuária, a soja e atividade madeireira.

Nas décadas de 70 e 80, houve um movimento de ocupação da Amazônia, amplamente induzido por políticas governamentais e subsídios, que teve como resultado o crescimento da pecuária de grande e médio portes, altamente rentável, encabeçada por agentes poderosos e, além disso, responsável por grande parte do desmatamento recente (MARGULIS, 2003). O Governo quando percebe que a política de subsídios e incentivos fiscais e financeiros propulsionaram o aumento do desmatamento, interrompe-os. Contudo, mesmo essa medida, não foi suficiente para reduzir o crescimento do desmatamento porque, brilhantemente concluiu Margulis (2003), existe uma racionalidade econômica subjacente a esse processo.

Além do mais, Margulis (2003) traz algumas premissas e suposições adotadas e internalizadas aqui para a compreensão dessa racionalidade, a saber: não se conhece em plenitude o potencial econômico da região Amazônica, de modo que se deve buscar alternativas de desenvolvimento sustentável para ela; as atividades da pecuária e do extrativismo madeireiro não sustentável são as atividades econômicas que caracterizam o atual processo de ocupação e do desmatamento e não fazem o uso social ótimo da rica base de recursos naturais; os agentes do desmatamento têm um horizonte de planejamento de curto prazo e os modelos alternativos de uso mais sustentáveis são desconhecidos. O próprio Governo desconhece todo o potencial da Amazônia, o que provoca riscos e incertezas nas suas decisões. Além disso, as estradas são causadoras do desmatamento e não consequência do alto potencial da região, os pequenos produtores também são agentes importantes do processo de desmatamento e existem inúmeras atividades alternativas sustentáveis que poderiam substituir a pecuária, gerando benefícios sociais, econômicos e ambientais.

Passemos à compreensão da lógica de expansão da pecuária de corte: essa atividade na Amazônia Oriental (que chamamos aqui de fronteira econômica) é altamente rentável do ponto de vista privado, com taxas de retorno superiores às da pecuária nas regiões tradicionais do país. Essa rentabilidade se explica pela

disponibilidade de terra barata, condições geológicas particularmente favoráveis à pecuária, temperatura e umidade do ar que garantem a alta produtividade das pastagens.

Somada a esse ponto, conforme dito, a pecuária de médio e grande porte é o motor do desmatamento pela viabilidade financeira. Isso acontece porque, menciona Margulis (2003), existe nessa atividade um grande número de agentes intermediários, os quais têm baixo custo de oportunidade e se antecipam a esses pecuaristas, sendo responsáveis de forma direta por parte do desmatamento. Ocorre que suas atividades são viabilizadas em grande parte pela garantia de venda futura da terra, o que motiva o desmatamento em grande escala pelos agentes intermediários. Por fim, a consolidação dessa pecuária mais profissional e produtiva marca o fim do ciclo especulativo e da mineração de nutrientes dos primeiros agentes e dá início à consolidação dessa fronteira econômica. E os pequenos proprietários se apresentam como fornecedores de mão de obra ou intermediários que “esquentam” a posse da terra, mas que contribuem pouco para o desmatamento (MARGULIS, 2003).

Do ponto de vista social, argumenta Margulis (2003) que há uma exclusão na divisão dos benefícios advindos da pecuária, não contribuindo para a redução das desigualdades sociais e econômicas. Contudo, vê o autor que a diminuição do preço da carne no mercado nacional e o aumento das exportações propiciados pela expansão da pecuária poderão significar benefícios sociais que ultrapassam as fronteiras setoriais e regionais.

Quanto à soja, essa vem se expandindo no cerrado e exerce uma pressão sobre as áreas de florestas. Contudo, não existe uma competição entre pecuária e agricultura nessa fronteira Amazônica. As barreiras geológicas são mais restritivas à agricultura, de forma especial a pluviosidade, que chega a ser superior a 2000 mm/ano. Por outro lado, o favorecimento do desenvolvimento da pecuária nessa fronteira leva a uma relação simultânea e direta entre desmatamento e abertura de estradas. Desse modo, afirma Margulis (2003) que essa endogeneidade entre a viabilidade financeira da pecuária e a construção de estradas pelo Governo leva ao processo de ocupação e aumenta o desmatamento nessa fronteira.

Barreto et al (2008) também reiteram o alerta de que a pecuária é o principal uso das áreas desmatadas na Amazônia. Smeraldi e May (2008) demonstram que a tendência da amazonificação da pecuária deve continuar. Há um movimento de

iniciativas de grandes grupos financeiros de investir, com captação de recursos em fundos internacionais.

Dentre todo o debate já colocado, fica a constatação de que, como bem afirmam Carvalho et al. (2013, p. 23), a investigação do desmatamento na fronteira econômica amazônica “requer um tratamento sobre o papel das Instituições numa fronteira em que a penetração do capital ocorre num espaço de conflitos como consequência da luta pela terra entre posseiros, grileiros e fazendeiros.”

Fernandes et al. (2016), quando analisam a importância da Resex Cajari no Estado do Amapá, no que tange à contenção do desmatamento na Amazônia, tomam como locus a BR-156, sob o pressuposto de que a infraestrutura rodoviária é um importante vetor do desmatamento. Separam, então, em três cortes de análise e identificam que as áreas que sofreram alterações estão próximas à rodovia. As alterações percebidas no entorno da BR-156 estão caracterizadas por tipos de uso da terra que demandam grandes áreas – pecuária ou grandes projetos florestais – os quais provocam um desequilíbrio ambiental mais intenso e substituição total da cobertura vegetal existente. A conclusão da análise é que o corte que abrange os limites da Unidade de conservação, no caso Resex Cajari, tem servido como barreira de contenção ao desmatamento que acompanha o eixo da estrada aberta a partir dos anos de 1992.

Argumentam Fernandes et al. (2016, p. 117) que as Unidades de conservação tomadas sob o enfoque socioambiental, e em menor dimensão econômico, “têm sido uma das medidas mais eficazes ao atendimento das questões sociais e contra o desmatamento na Amazônia, por conseguinte, à redução de gases de efeito estufa.” Em menor número, as Unidades de conservação também têm sofrido com o desmatamento, ocasionado pela exploração madeireira e ocupação ilegal, especialmente em áreas ribeirinhas, provocado pelo acesso facilitado a tais espaços de conservação, e por uma fiscalização ineficiente, em detrimento da ocupação e garantia do uso dos recursos naturais pela população local extrativista (FERNANDES et al., 2016).

Assim, do ponto de vista institucional, Fernandes et al (2016) chamam esse comportamento do Governo Federal de uma política ambiental na Amazônia de criação de Unidades de conservação, enquanto Fearnside (2003) o chama de “parques de papel”, concepção que, inclusive, é defendida por alguns ambientalistas, como Barreto et al (2005).

Apresentado todo o cenário, o ponto central e a ferida que a Nova Economia Institucional procura fechar ao ligar o comportamento do ser humano e o desenvolvimento por meio das instituições, aqui verificado no evento da pavimentação asfáltica da BR-163 na Amazônia, é o velho diagnóstico histórico de Sachs (1990, p. 114-115):

[...] num país rico em território e em recursos é grande a tentação de promover um crescimento extensivo, baseado na incorporação predatória do capital na natureza na venda corrente sem se preocupar com uma gestão patrimonial dos recursos naturais.

Segundo José Augusto Padua (1998, p. 20), o Brasil tem uma tradição esquizofrênica nesse campo: a glorificação retórica da natureza e sua devastação impiedosa. Consequentemente, os sucessivos ciclos de sua história econômica representam uma série de desastres ecológicos e atualmente prossegue o desmatamento maciço.

Diz Sachs (1990) que o desmatamento é um dos preços ecológicos (não o único) advindos do progresso e narra, de forma assertiva e sintética, a desgovernança provocada pelo avanço do capital, o que chama de causas profundas do “prejuízo do progresso” quando o ser humano é deixado sem rédea e sem regras ou estas são deturpadas por interesses e assimetrias. Nas palavras de Sachs (1990, p. 115):

Deixadas por sua própria conta, as empresas tendem a internalizar os lucros e a externalizar os custos, sejam eles econômicos, sociais ou ecológicos. Como bem observa Celso Furtado (1988, p. 11), os custos não contabilizados das decisões dos dirigentes das empresas são particularmente elevados nos países do capitalismo tardio. A estrutura social heterogênea e o enorme excedente estrutural da mão de obra provocam um distanciamento pronunciado entre os critérios micro e macroeconômicos de produtividade (diríamos que entre os critérios microeconômicos e macrosociais). Esse distanciamento é resultado da disputa das forças do mercado. Suas consequências sociais negativas pedem uma correção pela ação reguladora do sistema político. Essa medida torna-se tão mais urgente na medida em que o endividamento força a superexploração dos solos e dos recursos naturais, privilegiando mais que nunca o prazo muito curto em detrimento da longa duração.

Além disso, com o avanço da fronteira, acontecerá um movimento necessário à população que precisa atender suas necessidades básicas e para isso precisará dispor de uma renda monetária, ou, ainda, há que considerar sua autoprodução

através de um pedaço de terra cultivável (SACHS, 1990). O cenário é, de um lado, a prudência ecológica que determina que os recursos sejam poupados, de modo que o solo, a água e as matas devem ser administradas para garantir a continuidade e a regularidade da produção. Contudo, na contramão, os recursos são frequentemente devastados.

Nessa dicotomia, Sachs (1990) faz alusão ao que Gandhi chama de economia da permanência em oposição à economia de exploração. Desse modo, enquanto a equidade social leva ao princípio ético da solidariedade sincrônica com a geração à qual pertencemos, a prudência ecológica chama o princípio da solidariedade diacrônica com as gerações futuras.

Sachs (1990) conclui que esse balanço entre a prudência ecológica e a economia de exploração é um difícil equilíbrio no qual o asseguramento da rentabilidade das empresas e da exploração em detrimento da utilização dos recursos naturais necessita de uma delicada regulação que as livres forças de mercado não são capazes de garantir. Daí, então, a necessidade das instituições eficientes para sustentar esse equilíbrio.

Portanto, o que o acontece na Amazônia, agora, com a pavimentação da BR-163 é a repetição de um diagnóstico histórico recorrente: no lócus de uma última fronteira e de uma possibilidade de expansão dos mercados, a força do processo de ocupação impulsionado pelo desenvolvimento de atividades agropecuárias com a rodovia presente, juntada à força da Lei Federal nº 13.465/2017, que vem determinar os direitos de propriedade da terra na Amazônia acentuando a grilagem das terras para fins comerciais e econômicos, intensificando o conflito de terras e prejudicando aqueles que têm o direito e conhecimento do uso dos recursos naturais. Conforme exposto, a própria Lei Federal nº 13.465/2017 enfraqueceu os mecanismos que seriam forças contrárias e freariam o processo de desmatamento, ao desacelerar o processo de demarcação das instituições Unidades de conservação com suas populações tradicionais e dos territórios indígenas. Nesse cenário, tem-se como resultado uma retomada do desmatamento e, se mecanismos eficientes não forem pensados e implementados, essa ação desordenada do ser humano tomado pela lógica expansiva do capital poderá trazer aquelas mesmas taxas de desmatamento anteriores ao ano 2008, que foram seguradas naquela época pela força de instituições, como os organismos internacionais, e dos movimentos sociais e dos

mecanismos, como os acordos internacionais e possibilidade de aplicação de sanções.

Na verdade, são esses dois eventos que acenderam o sinal verde para o processo de expansão e de ocupação recente na Amazônia, a pavimentação da BR-163 e a Lei Federal nº 13.465/2017. E o impulso desses eventos foi mais forte que os contrapesos, que seriam o fortalecimento da presença das Unidades de Conservação e das terras indígenas, com suas populações tradicionais. A força desses eventos foi superior porque a Instituição Governo atuou de forma a estabelecer regras formais conflitantes com outras regras formais e que não dialogam com as regras informais daqueles que são os atores locais.

Por seu turno, o fortalecimento dos atores locais que possuem um conhecimento específico e peculiar desse espaço, com suas regras informais e aliadas à presença das reservas, pode ser um instrumento que segure o crescimento desordenado das atividades agropecuárias e da ocupação de terras e, por fim, contenha o desmatamento.

Como diz Margulis (2003), a região amazônica apresenta uma gama de desafios complexos, como: a própria falta de consenso sobre o desenvolvimento, as ambiguidades sobre direitos de propriedade e conflitos de uso da terra, rápida urbanização e baixa qualidade de vida das pessoas, dificuldades para controlar desmatamentos e queimadas, o entendimento do papel das comunidades indígenas e populações tradicionais no desenvolvimento e na gestão ambiental, a baixa capacidade institucional e governança fraca, que culminam na expansão não planejada da pecuária e da agricultura.

Fica aqui registrado, nesse caso, a ineficiência das Instituições apontada por Greif (2006) quanto à especificação dos direitos de propriedade por meio da Lei Federal nº 13.465/2017, atendendo a interesse de grupos políticos em detrimento dos atores locais, verificada na acentuação dos conflitos de terra e no desmatamento, como se depreende dos dados do INPE e dos resultados que serão demonstrados neste trabalho. A eficiência passaria pela compreensão por parte das Instituições, especialmente pelo Governo com seu poder de polícia e seus dispositivos legais, da necessidade de ações específicas que mitiguem ou, ao menos, minimizem a desarmonia e desarranjo que se estabeleceu na Amazônia, de modo que o processo de desenvolvimento possa acontecer e ser pautado pelo uso sustentável dos recursos naturais, a partir de uma estratégia ambiental que inclua os atores sociais locais.

## **2. PAVIMENTAÇÃO DA BR-163 AMAZÔNICA E DESMATAMENTO: DEFINIÇÃO DE UMA REGIÃO DE ANÁLISE, DA CARACTERIZAÇÃO DE DESMATAMENTO E DAS VARIÁVEIS DE CORRELAÇÃO A SEREM ADOTADAS**

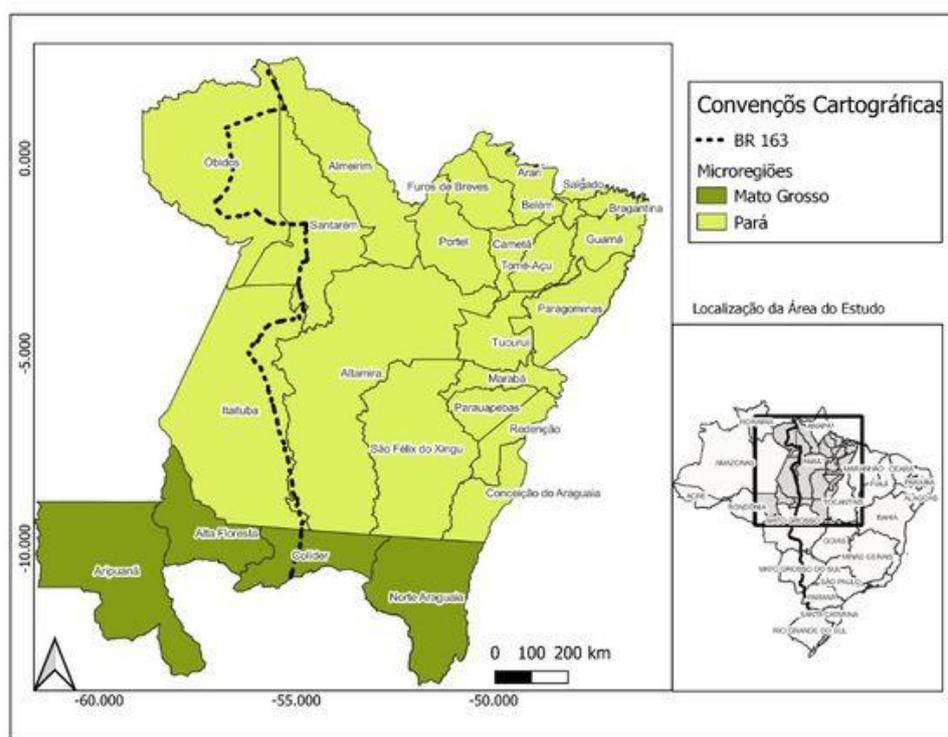
O trecho da BR-163 entre Cuiabá e o município de Santarém no Estado do Pará, com extensão de 1756 km, é conhecido como rodovia Cuiabá-Santarém. A partir do Governo Fernando Henrique Cardoso, e posteriormente com o Governo Lula, essa rodovia entrou em pauta como uma das obras de infraestrutura mais comentadas e disputadas pelo Governo, pelos movimentos socioambientais e pelas populações tradicionais, devido ao cenário de fragilidade e insegurança perante os conflitos pela posse da terra e de uma possível exploração desordenada dos recursos naturais, impulsionada pela expansão das atividades agropecuárias, especialmente as propícias à região: pecuária, madeireira e sojicultora, em menor escala. Desse modo, no ano de 2004, foi criado um grupo interministerial com o objetivo de discutir a sustentabilidade da rodovia e propor um plano de ação.

A BR-163 compreende uma extensão total de 3579 km. É uma das principais rodovias brasileiras, juntamente com a BR-158 e BR-364. Em seu trecho principal, liga as cidades de Tenente Portela, no Rio Grande do Sul, a Santarém, no Estado do Pará, integrando o sul e o centro-oeste e o norte do país. Possui um trecho complementar ligando as cidades de Oriximiná e Óbidos, ambas no Estado do Pará. No Estado de Mato Grosso, foi construída no ano de 1976 até o município de Sinop.

Do total dos 1756km do projeto Cuiabá-Santarém, nos anos 1990, 759km da malha rodoviária já tinham sido asfaltados até o município de Guarantã do Norte, no Estado de Mato Grosso, de modo que, nos anos 2000, a atenção voltou-se para o trecho Guarantã do Norte-Santarém, restando 997 km a serem asfaltados. Por isso, a análise se concentrará na pavimentação do trecho da rodovia BR-163 que liga o ponto do Norte do Estado de Mato Grosso, a partir do município de Guarantã do Norte, perfazendo 54 km, até a divisa com o Estado do Pará e todo o percurso do sudoeste do Pará até o Porto de Miritituba – ponto aonde chegou o asfaltamento – que compreende um trecho de 997 km, totalizando 1051Km, de acordo com as informações do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2020).

Este estudo centra foco nos estados do Pará e no Norte de Mato Grosso e Pará, as regiões mais diretamente afetadas pelo asfaltamento do trecho da BR-163.

Mais especificamente, a atenção será voltada para as microrregiões que compõem a divisa do Estado de Mato Grosso (Aripuanã, Alta Floresta, Norte Araguaia e Colíder) e, sobretudo, para as microrregiões do Estado do Pará que perpassam esse trecho da BR-163 Amazônica, a saber: Itaituba, Altamira, Óbidos e Santarém, com o objetivo de verificação de concentração ou não do incremento do desmatamento ao longo dos anos de pavimentação.



Mapa 1 - Mapa de localização da área de estudo  
Fonte: Acervo do autor (2021)

O processo de pavimentação asfáltica desse trecho teve início no ano de 2008 e apenas foi finalizada sua última etapa, de 51km, no ano de 2019, com inauguração pelo Governo Federal e o Exército Brasileiro em fevereiro de 2020. Portanto, os resultados serão observados nesse intervalo de 11 (onze) anos, mais especificamente no ano de 2008, quando tem início a pavimentação do trecho amazônico da rodovia. Serão analisados, também, os resultados encontrados para os anos de 2010 e 2015, concomitantes a expansão e andamento da pavimentação asfáltica da BR-163 Amazônica, e para o ano de 2019, quando se conclui o asfaltamento. Portanto, o período de análise fica definido conforme o quadro abaixo:

Ano	Etapa de asfaltamento
2008	Início do asfaltamento Guarantã do Norte - Divisa PA
2010	Conclusão do asfaltamento Guarantã do Norte-Divisa PA e início do asfaltamento Divisa PA - Moraes de Almeida
2015	Conclusão do asfaltamento Divisa do PA -Moraes de Almeida e início do asfaltamento Moraes de Almeida - Porto de Miritituba
2019	Conclusão do asfaltamento Moraes de Almeida - Porto de Miritituba

Quadro 1 - Período de estudo

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações do DNIT/MT e DNIT/PA(2021)

Esse recorte de 1051km da BR-163, que aqui denominaremos BR-163 Amazônica, corresponde à fronteira econômica de análise porque é aí que se encontra o embate, do ponto de vista do desenvolvimento socioambiental e econômico, pois, se de um lado é evidente a importância para o escoamento da produção do centro norte do Estado de Mato Grosso, por outro, para as populações tradicionais, é o lócus da violência e do conflito de terras e da exploração desordenada dos recursos naturais, especialmente pelo movimento das atividades pecuária, madeireira e sojicultora.

A análise que se pretende fazer neste trabalho requer, *a priori*, algumas definições de forma inequívoca, para que se desenrole metodologicamente a discussão do desmatamento na Amazônia, com foco no fator pavimentação da BR-163. Uma primeira e necessária definição é a de qual Amazônia se irá tratar. Os resultados alcançados dependem dessa determinação, concomitantemente à delimitação a ser utilizada com a extensão da malha rodoviária asfaltada. Uma segunda discussão é da caracterização do desmatamento a ser adotada no presente estudo, que implicará na análise da dinâmica gênese do desmatamento na Amazônia. A terceira seção apresentará as variáveis consensuais na literatura que explicam o desmatamento na Amazônia, que aqui serão consideradas mais relevantes para a análise econométrica espacial que corroborará a base teórica de fundamentação, a saber, a Nova Economia Institucional.

## 2.1 Que Amazônia tratar: a delimitação de uma região de estudo

De antemão, tem-se a difícil tarefa de definição para análise do que seria a Amazônia. Santos (2010), quando procura definir a Amazônia para fins de análise espacial e econométrica do desmatamento, sinaliza essa dificuldade diante dos superlativos que a Amazônia apresenta os quais tornam a compreensão dos fenômenos mais complexa.

De fato, trata-se de uma região de grande extensão de floresta, que abarca a maior fração do segundo maior rio do mundo, em volume de água e em extensão linear, e em sua maior parte está concentrada no Brasil. A Amazônia, afirma Santos (2010), é tida como uma região de megabiodiversidade terrestre, onde coexistem civilizações ocidentalizadas e populações silvícolas possuidoras de saberes e visões de mundo diferenciadas.

Segundo Aragon (2018), são 7 milhões de km<sup>2</sup> de superfície que compreendem o território de 07 (sete) países e um departamento francês. Tanta é a importância dada a Amazônia, que, conforme Amin (apud Aragon, 2018), é uma realidade que se tornou interesse não somente nacional, mas regional e global, pelo seu papel nas mudanças climáticas e pelo estoque de natureza, cujos controle e exploração são motivo de disputa acirrada entre os detentores da moderna tecnologia localizada nos países hegemônicos.

Metodologicamente, há a necessidade de uma definição da Amazônia que, segundo Aragon (2018) e Santos (2010), comumente se dá pelos critérios hidrográfico, ecológico e político-administrativo. A escolha do critério, ou da combinação desses critérios, então, definirá o alcance e as limitações de análise das taxas de desmatamento no tempo e no espaço.

Antes de apresentar o critério adotado, vale discorrer brevemente sobre a evolução histórica do que se compreende como Amazônia, diante da dificuldade que permeia a delimitação da região que, de acordo com Aragon (2018), é uma região dividida em nove partes, cada uma sob uma soberania diferente, que permanece sendo uma região só, porém diversa.

São diversos os superlativos dados a Amazônia ao longo do tempo: “sertão bravo” (SEVCENKO apud Santos, 2010, p. 28), “dádiva da natureza” (ARBEX Jr. apud SANTOS, 2010, p. 28), “paraíso perdido” (CUNHA apud SANTOS, 2010, p. 28), “celeiro” e “pulmão” do mundo (HUMBOLDT – SÁ apud SANTOS, 2010, p. 28). No

entanto, a extensão exata da Amazônia resta indefinida (SANTOS, 2010). Apesar disso, alguns termos fazem parte do esforço do entendimento da Amazônia como um todo, como a Pan Amazônia, a Amazônia Continental, a Amazônia Sul-Americana, grande Amazônia, já que estes ignoram, segundo Santos (2010), o limite da fronteira internacional.

O critério hidrográfico se refere à bacia Amazônica, que é constituída pela bacia do rio Amazonas em toda sua extensão e por todos os seus afluentes, que compõem seu sistema fluvial e o do rio Tocantins. Sendo assim, por este critério, não fariam parte da Amazônia o Suriname, nem a Guiana Francesa, já que os rios desembocam diretamente no Atlântico (ARAGON, 2018). Somente uma pequena parte da Guiana se enquadraria no critério. Mas, em compensação, grandes extensões do cerrado e das altas montanhas nevadas dos Andes fariam parte da Amazônia. Desse modo, a bacia Amazônia, além de incluir a biota de floresta tropical de planície (*Amazônia sensu stricto*), inclui também a biota andina acima da cota de 700 metros de altitude e a biota típica do planalto brasileiro (SANTOS, 2010). Especificamente, por esse critério, a Amazônia se estenderia pelo Brasil (67,66% do total da bacia), Bolívia (10,31%), Colômbia (5,06%), Equador (1,98%), Guiana (0,21%), Peru (13,89%) e Venezuela (0,89%). Não há consenso se a bacia do rio Tocantins, de fato, se enquadraria nesse critério. Na análise de Aragon (2018), este autor o exclui no critério hidrográfico. Dessa forma, sem o rio Tocantins, a bacia do rio Amazonas ocupa 6.015.940,68 km<sup>2</sup>, abrigando a maior rede hidrográfica do planeta, escoando cerca de um quinto do volume de água doce do mundo até o oceano (SANTOS, 2010).

Outro critério de abrangência internacional é o ecológico. Por este critério, a Amazônia corresponde à área coberta pela floresta tropical úmida com altas temperaturas. Diz Aragon (2018) que, sob o ponto de vista desse critério, não integrariam a Amazônia a parte alta dos Andes e o cerrado brasileiro. Em contrapartida, fariam parte maiores áreas ao norte, incluindo toda a Guiana, Guiana Francesa, Suriname e uma parte da Venezuela. Tanto o critério hidrográfico quanto o critério ecológico destoam da metodologia do PRODES, não compreendendo áreas para análise no território brasileiro, além de se deparar com a dificuldade de análise de uma Amazônia vista em sua totalidade. Contudo, essa problemática da inexatidão da abrangência internacional não implicará em limitações a este trabalho, já que a análise terá como lócus a Amazônia presente no território brasileiro, mais

precisamente por onde passa a BR-163 recentemente asfaltada. Portanto, a centralização agora é em definir que critério de Amazônia presente no território brasileiro adotar.

Outro critério relacionado pelos autores é o político-administrativo, que compreende a delimitação da região conforme a lei ou as divisões administrativas. Aragon (2018) dá como exemplo, na Venezuela, o estado Amazonas; no Equador, o Oriente formado por seis províncias - Napo, Sucumbios, Orellana, Pastaza, Morana Santiago e Zamora Chichipe; no Brasil, a Amazônia Legal.

Fora da abrangência internacional, um dos conceitos observados é o de Amazônia Brasileira. No entanto, Santos (2010) bem adverte que este conceito é mais semântico e coberto de imprecisão em relação à extensão território. Alguns autores o utilizam como sinônimo de Amazônia Legal ou para se referir à floresta tropical (Pan Amazônia) existente no território brasileiro. Adiante, o Plano Amazônia Sustentável – PAS – vem dar precisão ao termo Amazônia Brasileira e definir que este corresponde à integridade dos nove estados que compõem a Amazônia Legal, isto é, incluindo a porção leste do meridiano de 44º no Maranhão. O diagnóstico do PAS é de que a Amazônia Legal engloba a totalidade do Maranhão, correspondendo a uma área total de 5.008.688 km<sup>2</sup>, cerca de 59% do território nacional.

Essa abordagem da Amazônia, segundo o Plano Amazônia Sustentável, embora razoável, não atenderá aos requisitos metodológicos. Ocorre que os dados de desmatamento a serem utilizados são do PRODES/INPE e, dentro de uma perspectiva histórica, o PRODES tem como finalidade a análise de desmatamento num espectro de ocupação da fronteira via colonização incentivada pelo Governo Federal (o que atende a perspectiva teórica deste estudo) e que começou pelos Estados de Mato Grosso, Rondônia e pela porção ao sul do Estado do Pará e ao longo da calha do rio Amazonas. Posteriormente, com o avanço e consolidação da metodologia do PRODES e a popularização das técnicas de geoprocessamento, nas décadas de 1990 e 2000, foi ampliada a área de monitoramento do PRODES. Essa ampliação, contudo não inclui a porção leste do meridiano 44º do Maranhão, não havendo dados pertinentes para essa área (SANTOS, 2010).

Outra definição no âmbito nacional, e a partir do critério ecológico, é o de Bioma Amazônia. Este tem uma definição e importância ambiental dada a sua relevância planetária, em virtude de seus atributos e funções específicas no que se refere à biodiversidade, às florestas, à água, aos ciclos hidrológicos, à biomassa, à

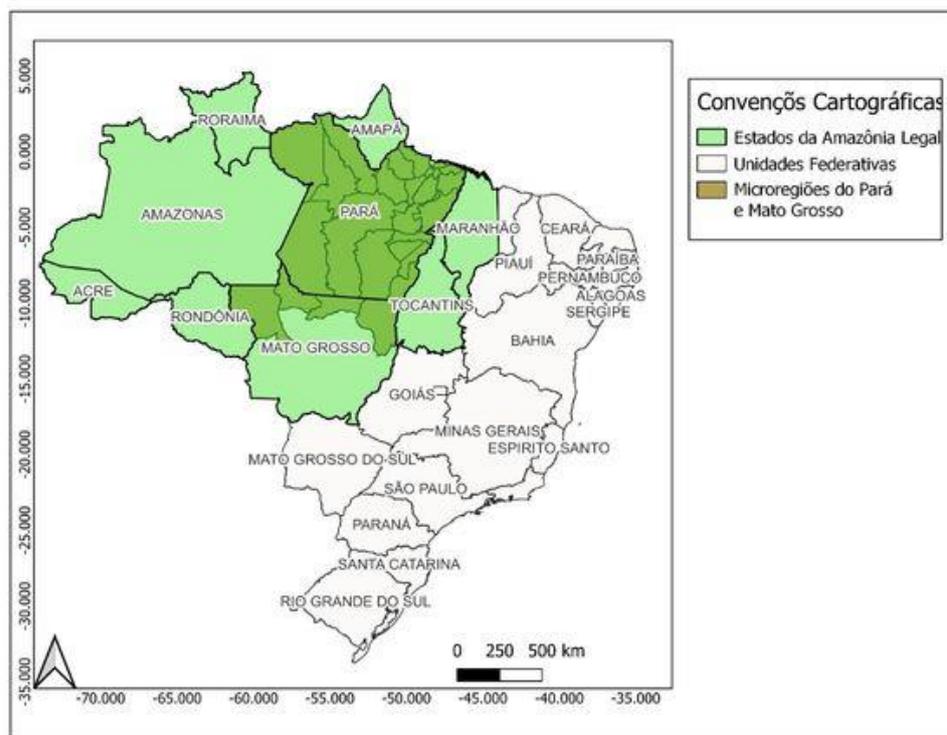
ciclagem de carbono e regulação climática, tanto na forma de produtos florestais como de serviços ambientais, com capacidade de afetar a vida humana em todo o planeta (SANTOS, 2010). Pelo critério de Bioma Amazônia, o recorte geográfico diverge do recorte adotado pelo PRODES, principalmente nas áreas de cerrado nos Estado do Maranhão, de Mato Grosso e do Tocantins. Conforme Santos (2010), há uma tendência do monitoramento do PRODES considerando o desmatamento na área do cerrado, que se encontra na fronteira da ocupação consolidada. Por isso, adotar o critério de bioma para definição de Amazônia não seria adequado, por não considerar a dinâmica de avanço do desmatamento na área de fronteira ocupada no cerrado.

Por fim, tem-se o critério político-administrativo mais conhecido e utilizado atualmente, que é o de Amazônia Legal. Essa delimitação foi instituída pela Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), por meio da Lei n. 5.173, de 27 de outubro 1966. Esta lei, em seu artigo 2º, define Amazônia Legal como:

Art. 2º [...] a região compreendida pelos Estados do Pará e do Amazonas, pelos territórios federais do Acre, Amapá, Guaporé e Rio Branco, e ainda, a parte do Estado do Mato Grosso a norte do paralelo 16º, a do Estado de Goiás a norte do paralelo 13º e do Maranhão a oeste do meridiano de 44º.

Posteriormente, a Lei Complementar n. 31, de 11 de outubro de 1977, criou o Estado de Mato Grosso do Sul, extinguindo, dessa forma, o limite da Amazônia Legal – AML – estabelecido pelo paralelo 16º. Depois, a atual Constituição Federal criou o Estado de Tocantins, e os territórios de Amapá e Roraima foram transformados em estados federados. Desse modo, o limite norte do paralelo 13º foi substituído pelos limites políticos entre Goiás e Tocantins (MARTINS; SANTOS apud SANTOS, 2010).

Feitos esses apontamentos, a Amazônia Legal hoje tem 5.019.805,49 km<sup>2</sup> e compreende a totalidade do Estado do Acre (3,04% da área da AML), Amapá (2,85%), Amazonas (31,29%), Mato Grosso (18,0%), Pará (24,86%), Rondônia (4,76%), Roraima (4,47%) e Tocantins (5,53%) e uma parte do Estado do Maranhão (5,24%) a oeste do meridiano de 44º (SANTOS, 2010).



Mapa 2 - Mapa de localização da área de estudo na Amazônia Legal  
 Fonte: Elaborado por Bárbara Tairine Campos (2021)

Esse recorte político-administrativo de AML é atualmente recorrentemente utilizado nas análises da região amazônica brasileira, pois, embora não seja idêntico ao do PRODES, dentre os apresentados, é o que mais se aproxima. Exemplo disso, enfatiza Santos (2010), é a evidência de que a dinâmica de desmatamento observada pelo INPE se interrompe no Maranhão no meridiano de  $44^{\circ}$ , coincidente com o recorte da AML. Portanto, metodologicamente, tratar-se-á a Amazônia, deste ponto em diante, como Amazônia Legal – AML.

## 2.2 Desmatamento ou desflorestamento? Que definição adotar?

Nos estudos acerca da temática, os conceitos de desmatamento e desflorestamento são utilizados como sinônimos, embora sejam distintos. Explica Santos (2010) que o desmatamento se refere a qualquer corte raso de feições naturais em qualquer fitofisionomia de florestas, campos ou arbustos, mesmo que estes estejam em regeneração, podendo ocorrer em qualquer bioma brasileiro. Já o desflorestamento está relacionado ao corte raso de feições de florestas naturais que,

conforme o autor, se concentram em grande escala no bioma Amazônia e em menor amplitude no bioma Mata Atlântica.

O PRODES INPE realiza o monitoramento por satélites do desmatamento por corte raso na Amazônia Legal, produzindo, desde o ano de 1988, as taxas anuais de desmatamento. Para tanto, considera o desmatamento que se inicia com a floresta amazônica intacta e finaliza com a conversão total da floresta em outras coberturas, de modo que esse processo pode demorar alguns anos, de acordo com os atos de exploração da floresta feitos por empreendimentos especializados em cada processo (INPE, 2020).

Como se trabalhará com os dados e diagnósticos do PRODES INPE, mais especificamente os incrementos anuais de desmatamento por município do trecho de análise, utilizar-se-ão indistintamente os conceitos de desmatamento e deflorestamento, compreendendo o estágio final da degradação da cobertura florestal original. Tal decisão metodológica é semelhante à adotada por Filho & D'Ávila (2008 apud SANTOS 2010), que entendem o desmatamento como um processo que visa à retirada total da vegetação nativa para fins de utilização do solo, caracterizado pelas práticas de capina, corte ou queimada.

### **2.3 Das variáveis indicativas da dinâmica de desmatamento adotadas na análise**

Existe um consenso na literatura dentre as diversas variáveis correlacionadas ao desmatamento e aquelas mais relevantes, do ponto de vista empírico e de análise, serão adotadas neste estudo. Especificamente no Estado do Pará, onde se concentra a maior extensão rodoviária da BR-163 na Amazônia Legal, a literatura aponta como variáveis pertinentes: dimensão do rebanho bovino, população, implantação e melhoria de rodovias.

No intuito de compreensão dos impactos socioambientais e econômicos, e conforme debatido no Capítulo 02, foram incluídas as variáveis apresentadas pela literatura como pertinentes para a discussão do desmatamento da Amazônia tendo como modo propulsor o asfaltamento da BR-163. Essas variáveis são apresentadas a seguir, bem como o seu comportamento ao longo dos anos de estudo.

A variável dimensão do rebanho bovino será medida, além do tamanho do efetivo rebanho bovino, pelo tamanho da área de pastagem. A variável área de

pastagem é importante nesta análise pela sua dupla função no processo de desenvolvimento das atividades agropecuárias e no processo de desmatamento, pois, primeiro, a área de pastagem tem a função de espaço para a criação de gado e, posteriormente, é utilizada para o cultivo agrícola, principalmente o de soja, que tem iniciado a sua difusão na região de estudo. Então, para o período desejado de estudo – 2008; 2010; 2015;2019 – adotou-se como variável explicativa o efetivo do rebanho bovino por microrregião da divisa do Estado do Mato Grosso com o Pará e do Pará na abrangência da Amazônia Legal disponível na Pesquisa da Pecuária Municipal - PPM fornecido pelo SIDRA IBGE. E os dados relativos à área de pastagem foram encontrados no LAPIG-IESA-UFG.

Para avaliação da correlação entre o desmatamento e o desenvolvimento das atividades agrícolas, foram incluídas as variáveis área plantada de lavoura total - temporária e permanente, medidos em hectares, e as variáveis relacionadas ao cultivo de soja: área plantada de soja (hectares) e quantidade produzida de soja (toneladas), estas últimas para investigação do comportamento da cultura na região no período de estudo, ambos os dados fornecidos pela Pesquisa Agrícola Municipal – PAM IBGE.

Outra variável que a literatura traz como pertinente no entendimento do desmatamento na Amazônia é a extração de madeira, inclusive indicando que esse movimento precede novos desmatamentos. Por isso, a variável extração de madeira em tora (metros cúbicos) foi incluída na análise para verificação de seu correlacionamento neste caso.

Do ponto de vista ambiental, incluiu-se a variável cobertura florestal preexistente encontrada no MAPBIOMAS, observando-se como se dá o comportamento expansivo ou retroativo desta variável ao longo do período de estudo e como ela se relaciona com o desmatamento.

Institucionalmente, além da movimentação do agente governo, com a pavimentação asfáltica (de um lado) e a fragilidade de regras a partir da flexibilização com a Lei Federal nº 13.465/2017, dos agentes privados, com o avanço das atividades agropecuárias, observa-se o comportamento das populações tradicionais, a partir dos dados de desmatamento nas terras indígenas e nas unidades de conservação, na tentativa de se verificar a força contrária ao avanço do desmatamento ocasionado pelas atividades agropecuárias, propulsionadas pelo governo através do asfaltamento da BR-163 na Amazônia.

Outra variável foi a observação de um movimento crescente e recente concomitante à conclusão do asfaltamento e da flexibilização obtida pela Lei Federal nº 13.465/2017 foi a arrecadação de *royalties* de minério. Observou-se um crescimento na arrecadação, mormente em 2019, bem como no número de licenças para extração mineral no Estado do Pará.

Na perspectiva socioeconômica, inseriram-se no trabalho as variáveis PIB *per capita*<sup>1</sup>, encontradas no SIDRA IBGE, o número de alunos matriculados no ensino regular, fornecidos pelo INEP, o número de empregados nos setores da Economia, obtidos no CAGED, o número de mortes por motivo de doenças - todos os CIDs e número de mortes por desnutrição, além da a densidade demográfica, elaborada pelo autor a partir dos dados censitários e estimativas populacionais registrados pelo IBGE. A perspectiva é observar a evolução ou não dessas variáveis ao longo dos anos de asfaltamento, de modo a verificar uma sinalização ou não de desenvolvimento socioeconômico.

A opção pela variável número de matriculados no ensino regular se deu pelo entendimento de que, na falta de um indicador consolidado para todos os anos de análise, como o IDEB, que traz um apontamento do desenvolvimento do aluno na escola, seria necessário acrescentar ao trabalho um indicador que sinalizasse a inserção e seu crescimento ou não no processo educacional. E, dessa forma, ao trabalhar com o número de matriculados, estabeleceu-se que os dados seriam organizados desde a primeira educação, ensino fundamental e médio (menos o técnico profissionalizante), na tentativa de captação dos estudantes matriculados até os dezoito anos de idade. Somado a isso, na perspectiva da observação de melhoria ou não no âmbito da saúde, incluíram-se no modelo as variáveis número de mortes por motivo de doença, incluindo todos os CIDs, e por desnutrição.

O número de empregados admitidos nos setores, por sua vez, capta se há uma inserção e expansão ou não dos empregados nos setores da Economia. Contudo, registra-se que os dados são obtidos no CAGED e que, portanto, tratam dos trabalhadores formais. O trabalho informal fica excluído da análise.

O desenvolvimento pode ser observado por indicadores como IDH e PIB *per capita*. Neste trabalho, utilizou-se o PIB *per capita* como proxy de desenvolvimento.

---

<sup>1</sup>O PIB *per capita* foi deflacionado, a partir do IGP-M - FGV, tendo como ano-base 2008. Para o ano de 2019, foi realizada a estimativa desta variável, a partir da expectativa de crescimento, pois os dados não estão disponíveis para esse ano no SIDRA IBGE.

Na intenção de percepção de uma continuidade ou não do processo de desmatamento, colocou-se no estudo a variável PIB *per capita*<sup>2</sup>. A literatura aponta uma relação direta entre desmatamento e desenvolvimento, de modo que, quando há uma correlação positiva entre desmatamento e desenvolvimento, ainda haverá uma continuidade do processo de desmatamento<sup>2</sup>. De modo contrário, se a sinalização for negativa, indica-se um retrocesso no crescimento do desmatamento. Essa hipótese é defendida por Grossmann e Krueger (1990), indicando que, em níveis baixos de desenvolvimento, o crescimento da renda *per capita* leva a aumento dos níveis de degradação. Contudo, dado um certo nível, essa lógica inverte-se, onde um aumento da renda *per capita* leva a um decréscimo da degradação ambiental. Essa relação é representada na literatura por uma curva em formato de "U" invertido, chamada de curva ambiental de Kuznets.

Trabalhos como de Oliveira et al (2007) identificaram que na Amazônia Legal a curva ambiental de kuznets encontra-se na parte ascendente, permeada pelo efeito de escala, caracterizado pelo aumento da produção, que causa maior pressão sobre o meio ambiente, devido à maior utilização dos recursos naturais. Pontua-se que o efeito escala será observado pelas variáveis já descritas quanto ao crescimento da produção na Amazônia Legal: efetivo rebanho bovino, produção da lavoura total e de soja e extração de madeira em tora.

A variável população impacta o desmatamento e será considerada na análise, embora haja visões divergentes na literatura sobre a sua capacidade explicativa, já que ela deriva de outras variáveis e com elas está correlacionada. A consideração dessa variável na análise se dá tendo em vista que ela se utiliza dos recursos naturais, *in natura*, ou semielaborados, que vêm da floresta, como também do uso do solo e extração de recursos do subsolo (PRATES; SERRA, 2009). Afirmam Silva et al (2017 apud PRATES; SERRA, 2009) que o crescimento do contingente populacional é um fator de pressão sobre o meio ambiente, à medida que se intensifica o uso dos recursos naturais. Desse modo, quanto maiores o contingente populacional e a densidade demográfica, espera-se que seja maior o desmatamento. Para o tratamento dos dados, será utilizada a variável densidade populacional (razão entre a população em cada microrregião e sua área territorial) de maneira semelhante ao

---

<sup>2</sup>Ver literatura sobre Curva Ambiental de Kuznets.

trabalho realizado por Santos (2010) na análise de correlação com o desmatamento da Amazônia Legal.

Outro fator não menos importante, e que tem um legado à frente de devastação da floresta Amazônia, é o setor madeireiro. A característica dessa variável é que o desmatamento provocado pela atividade madeireira provavelmente não será observado no ano pesquisado, mas indicará um desmatamento futuro, pois o desmatamento é a etapa final do processo iniciado pela atividade madeireira (SANTOS, 2010). Para observação da influência desse setor, incluiu-se a variável extração madeireira em tora, disponível na Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura - PEVS IBGE.

Com a definição do recorte por microrregião para os Estados de Mato Grosso e Pará abrangendo a Amazônia Legal, e da variável dependente incremento de desmatamento anual fornecida pelo PRODES INPE, dirigiu-se o esforço para a coleta de dados, cobrindo preferencialmente o período de 2008; 2010; 2015 e 2019.

O gráfico 1, adiante, mostra a evolução do incremento anual de desmatamento em quilômetros quadrados em cada microrregião. Nota-se que, na maioria das microrregiões, os picos de desmatamento concentram-se no ano de 2008, fruto de um processo histórico anterior de desmatamento, com queda no ano de 2010, e uma retomada do desmatamento no ano de 2015, caminhando para novos picos em 2019. O interessante é que na microrregião de Altamira o pico no ano de 2019 é muito maior que no ano de 2008, em que o incremento de desmatamento foi de 833.36km<sup>2</sup>, enquanto no ano de 2019 foi de 1732.36 km<sup>2</sup>, o dobro do desmatamento ocorrido em 2008. Em Itaituba, também, o caso é semelhante. Em 2008, computavam-se 558.75km<sup>2</sup> de incremento de desmatamento. No ano de 2019, esse valor passa para 729.63km<sup>2</sup> de incremento de desmatamento. Nas demais microrregiões, vê-se uma retomada crescente do desmatamento, não nos moldes do ano de 2008, mas com sinalização de uma potencial retomada, sobretudo, em São Félix do Xingu, Santarém, Aripuanã, Alta Floresta e Norte Araguaia, conforme gráfico 2. Respectivamente, no ano de 2008, os valores de incremento foram de 1020.91km<sup>2</sup>, 286.48km<sup>2</sup>, 537.58km<sup>2</sup>, 255km<sup>2</sup> e 1259.57km<sup>2</sup>. O incremento de desmatamento cai nessas microrregiões nos anos de 2010 e 2015 e volta a se elevar no ano de 2019, passando a 613.02km<sup>2</sup> em São Félix do Xingu, 300.61km<sup>2</sup> em Santarém, 516.31 em Aripuanã, 321.75 em Alta Floresta e 623.08 em Norte Araguaia.

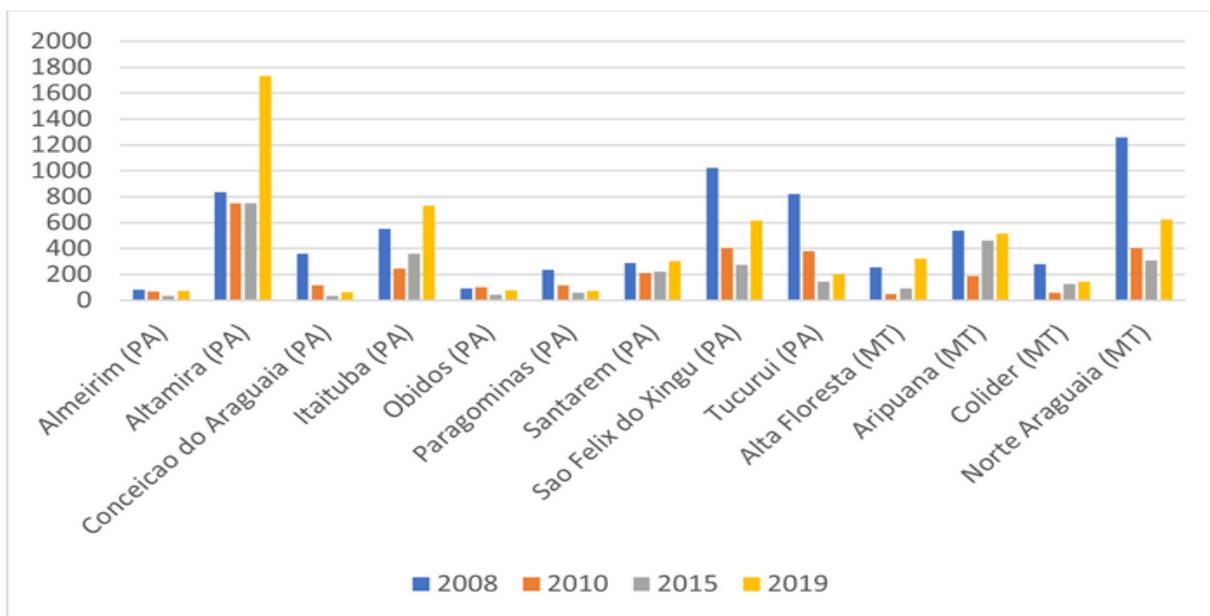


Gráfico 1 - Evolução de incremento do desmatamento - km<sup>2</sup>

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do PRODES INPE (2021)

Quanto à área de pastagem, o gráfico 2 mostra que as áreas destinadas a pastagem nos anos 2008, 2010, 2015 e 2019 apresentam grandes dimensões. As maiores dimensões estão na microrregião de Altamira, Norte Araguaia, Aripuanã, Conceição do Araguaia e Colíder, correspondendo nos anos de 2008, respectivamente. Observa-se que em Altamira, Tucuruí, Alta Floresta, Conceição do Araguaia, Itaituba e Marabá essas dimensões são crescentes nos anos de observação, correspondendo no ano de 2008.

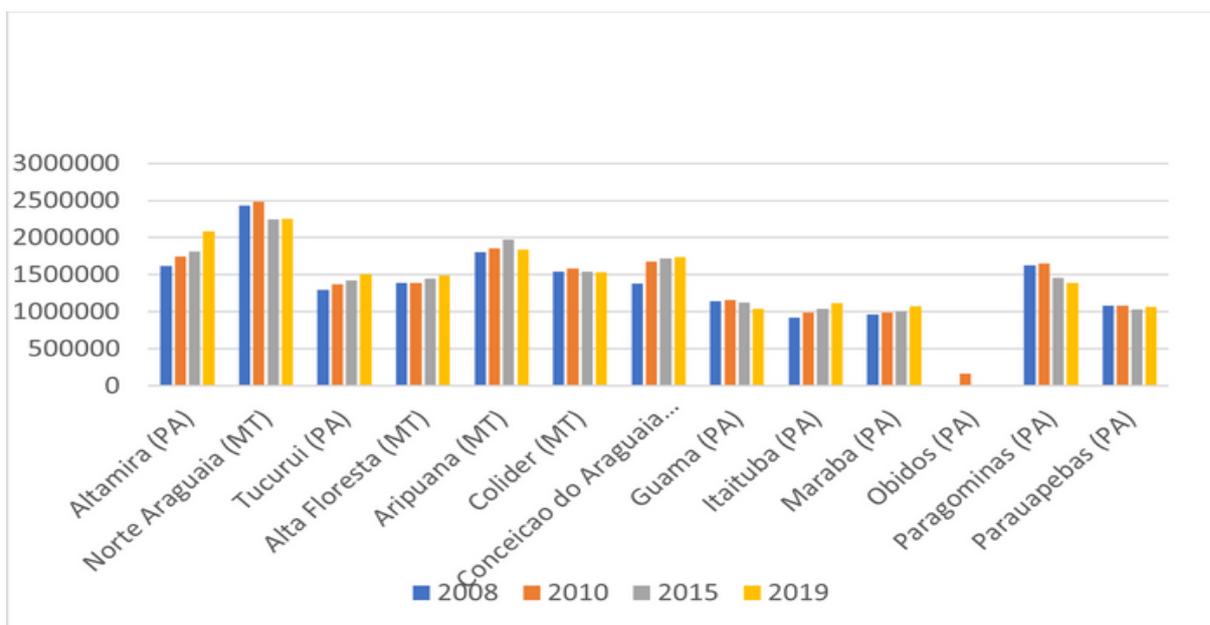


Gráfico 2 - Evolução da área de pastagem - hectares

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do LAFIG IESA-UFG (2021)

Em relação ao efetivo rebanho bovino, o gráfico 3 apresenta que os maiores efetivos estão presentes nas microrregiões de Altamira, São Félix do Xingu, Tucuruí, Alta Floresta, Aripuanã, Colíder e Norte Araguaia. E esse efetivo é crescente nos anos de estudo nas microrregiões de Altamira, Marabá, Itaituba, São Félix do Xingu, Tucuruí e Aripuanã.

O efetivo do rebanho bovino cresceu cerca de 14,62% entre os anos de 2008 e 2019 no município de Guarantã do Norte e cerca de 18,30% no mesmo período no município de Itaituba. Já no município de Novo Progresso o crescimento do efetivo de rebanho bovino entre os anos de 2008 e 2019 foi de 51,78%, passando de 412.400 mil cabeças de gado bovino para 625.979 mil cabeças de gado no ano de 2019. Do ano de 2008 para o ano de 2009, esse efetivo cresceu 85,03%, passando para 763.088 mil cabeças de gado bovino, mantendo-se a média de efetivo rebanho bovino em torno de 623.634 mil cabeças de gado bovino entre os anos de 2010 e 2019.

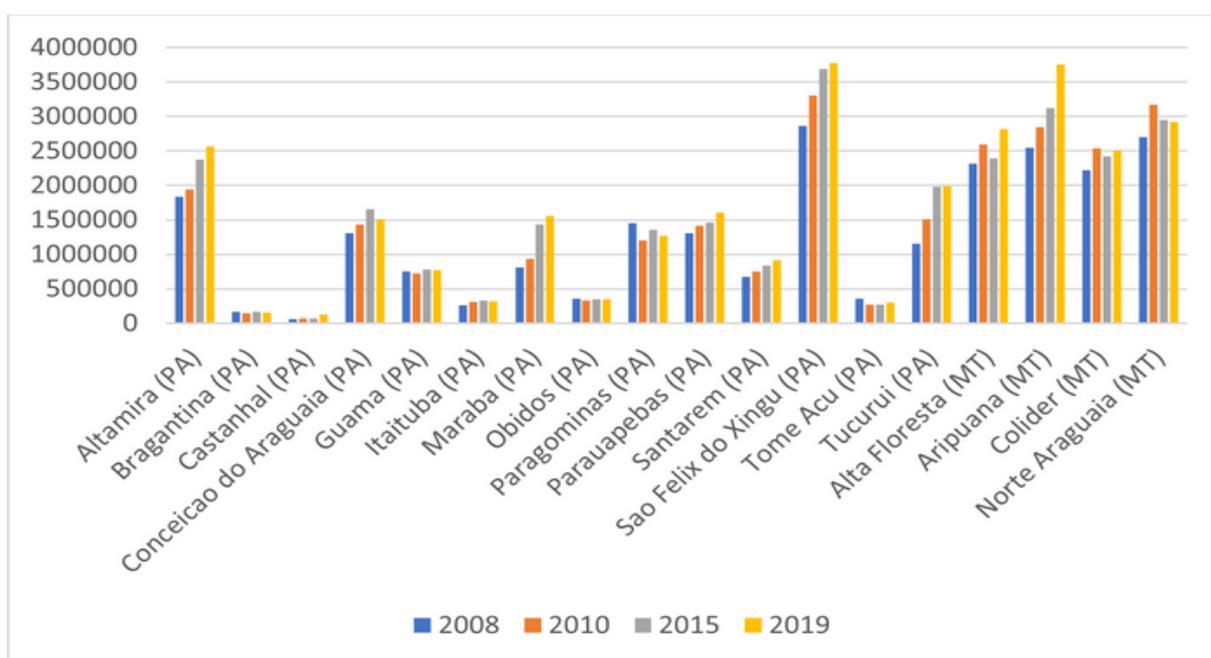


Gráfico 3 - Evolução do efetivo bovino - mil cabeças

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do SIDRA IBGE (2021)

No que tange à arrecadação de CFEM minério, vê-se no gráfico 4 que, ao longo dos anos 2008, 2010, 2015 e 2019, não há nenhum ponto expressivo de valor arrecadado, exceto no ano de 2019 na microrregião de Altamira. Tal expressão está relacionada a uma movimentação em decorrência da conclusão da BR-163. É crescente o número de pedidos de licença e regularização para extração mineral no Pará, inclusive com reativação de empresas do setor mineral.

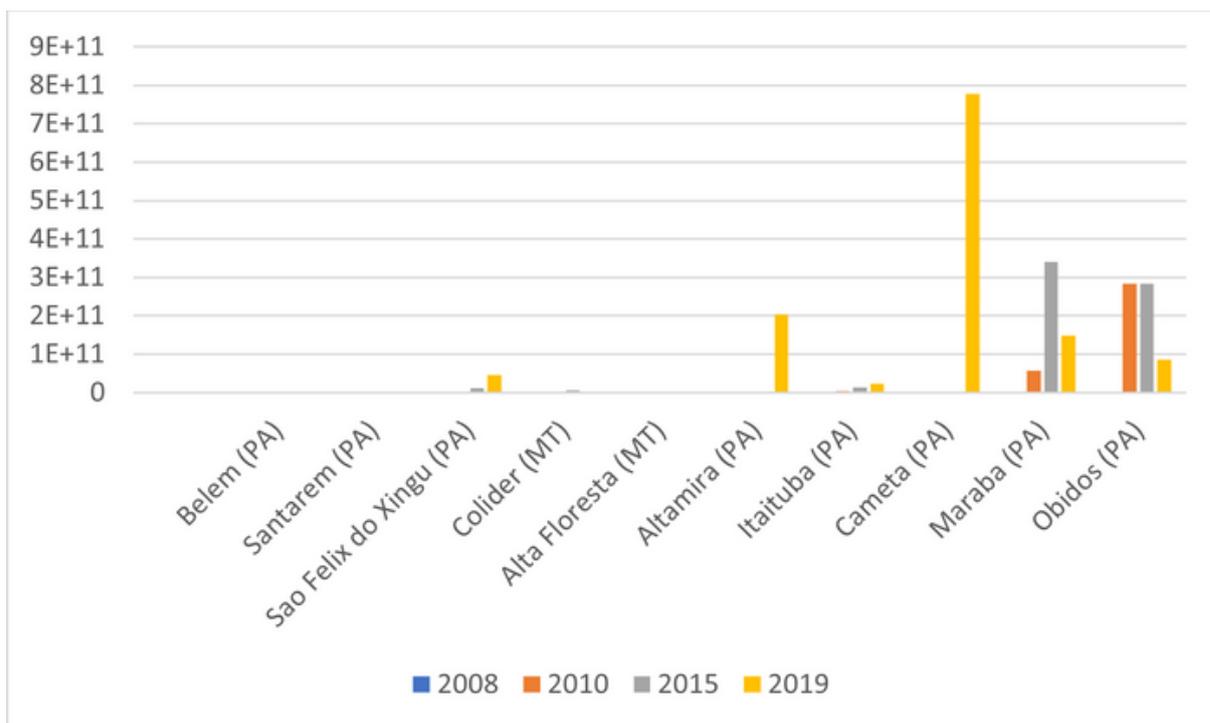


Gráfico 4 - Evolução de arrecadação de CFEM Minério - reais  
 Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da ANM

Ao analisar o gráfico 5, abaixo, constata-se que não há evolução significativa no número de matriculados no ensino regular, em nenhuma das microrregiões analisadas. Na maioria das regiões, mantém-se uma estabilidade ao longo dos anos, apresentando uma ligeira queda nas microrregiões de Santarém, de Tucuruí, Itaituba, Cametá, Belém, Óbidos, Paragominas e Salgado. Em Belém, por exemplo, no ano de 2008, eram 501.046 alunos matriculados no ensino regular e esse número cai para 443.073 alunos matriculados no ano de 2019. Em Santarém, o número de alunos matriculados era 181.890 em 2008 e cai para 155.218 em 2019. Itaituba, por sua vez, contava com 62.714 em 2008 e esse número passa a ser de 55.435 em 2019. Como exceção, em Altamira, observa-se um crescimento no número de alunos matriculados no ensino regular de 74.134 no ano de 2008 para 81.438 em 2019. Outra exceção se dá na microrregião de Parauapebas, que apresenta 67.163 matriculados no ano de 2018 e esse número muda para 92.469 matriculados em 2019.

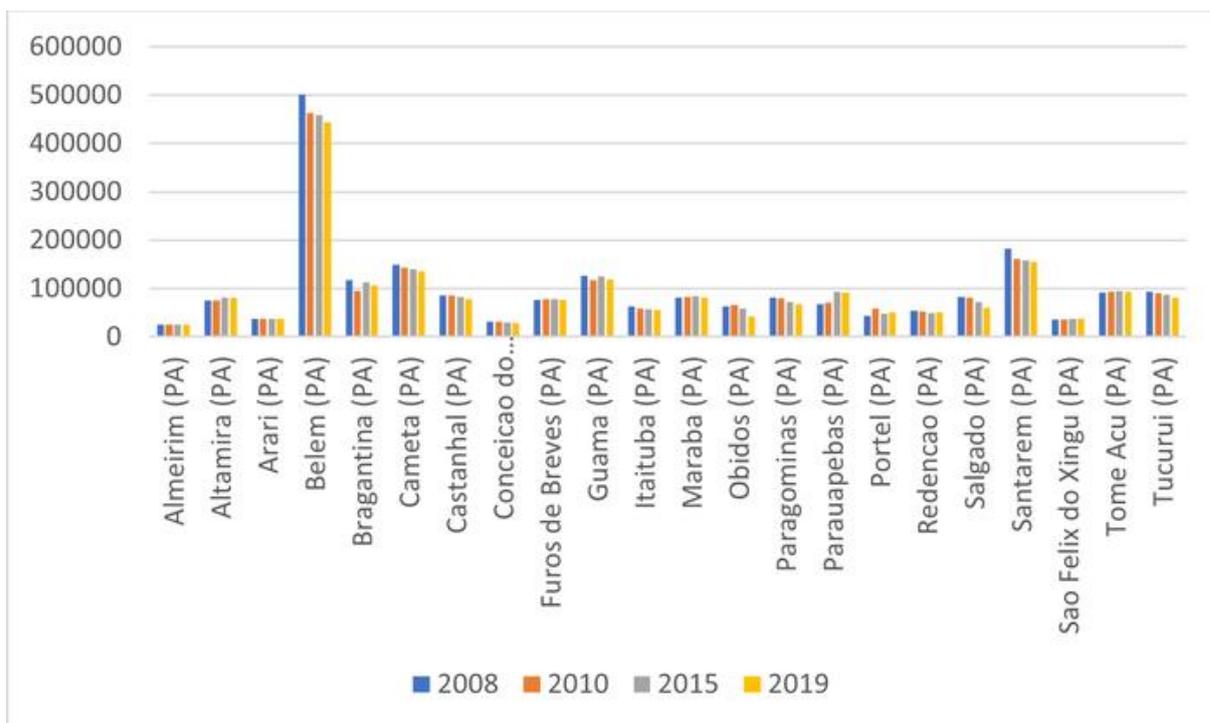


Gráfico 5 - Evolução número de matriculados no ensino regular  
 Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do INEP (2021)

Em relação à área plantada de lavoura total (temporária e permanente), o gráfico 6 mostra um crescimento ao longo dos anos, e especialmente no ano de 2019, com exceção da microrregião de Santarém. O crescimento é mais expressivo na microrregião de Norte Araguaia, marcando, nos anos de 2008 e 2010, 170.036 e 180.136 hectares, respectivamente, e nos anos 2015 e 2019, 803.599 e 1.051.457 hectares de área plantada de lavoura total.

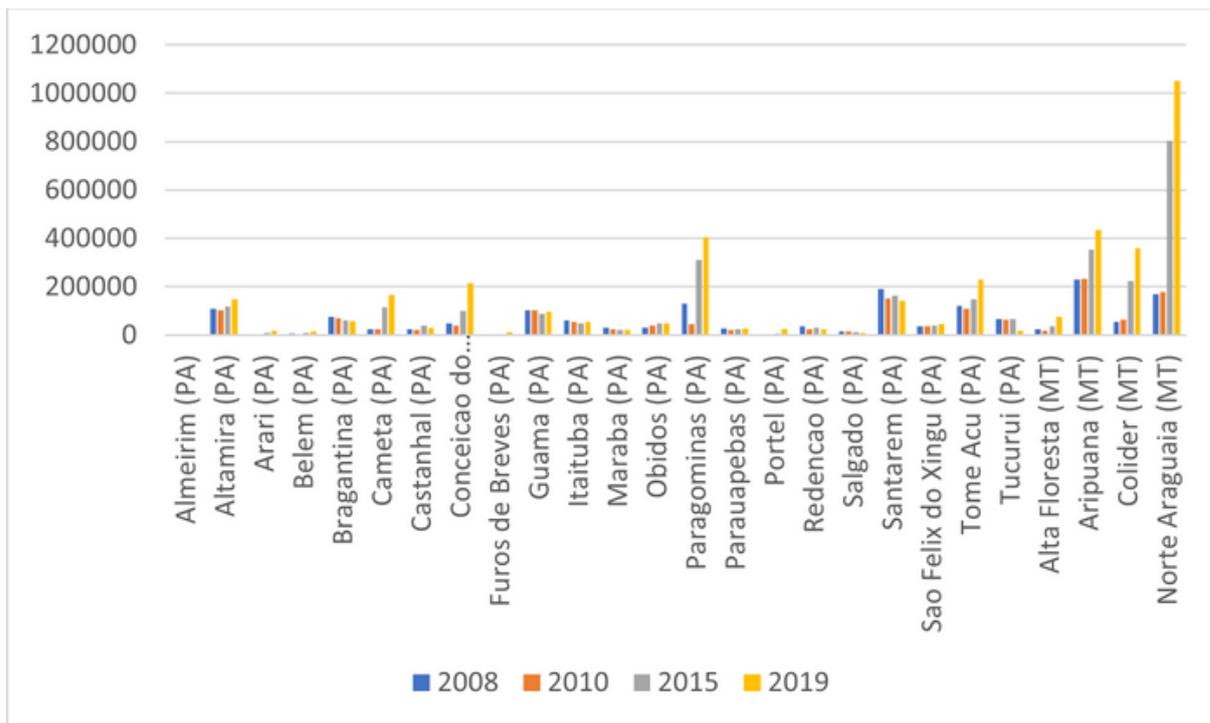


Gráfico 6 - Evolução da área plantada lavoura total - mil hectares

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do SIDRA IBGE (2021)

Conjuntamente, a análise da área plantada de soja se torna um elemento importante para explicação do desmatamento, quando se observa o movimento de expansão da área plantada, especialmente no Estado de Mato Grosso, chegando, segundo Domingues e Bermann (2012), a 400% entre as décadas de 1990 e 2000. E esse plantio adentrou 500 quilômetros ao norte de Mato Grosso, deslocando a fronteira agrícola. De forma simétrica Domingues e Bermann (2012) observam no mesmo período o crescimento da área desmatada em dimensões semelhantes e de forma progressiva. Outro efeito que torna a análise importante é o deslocamento da pecuária para novas áreas, impulsionado pelo incremento do cultivo de soja, provocando um desmatamento adicional.

O gráfico 7 identifica o despontamento da área plantada de soja nas microrregiões, com crescimento unânime no ano de 2019, conforme destacado em amarelo. Esse gráfico corrobora a hipótese de que a pavimentação asfáltica abriu caminho para o avanço recente dessa cultura na Amazônia. Em Altamira, havia 320 hectares de área plantada de soja no ano de 2008; em 2010, 610 hectares de área plantada. Esse número salta para 4540 hectares no ano de 2015 e para 1.320.519 hectares de área plantada em 2019.

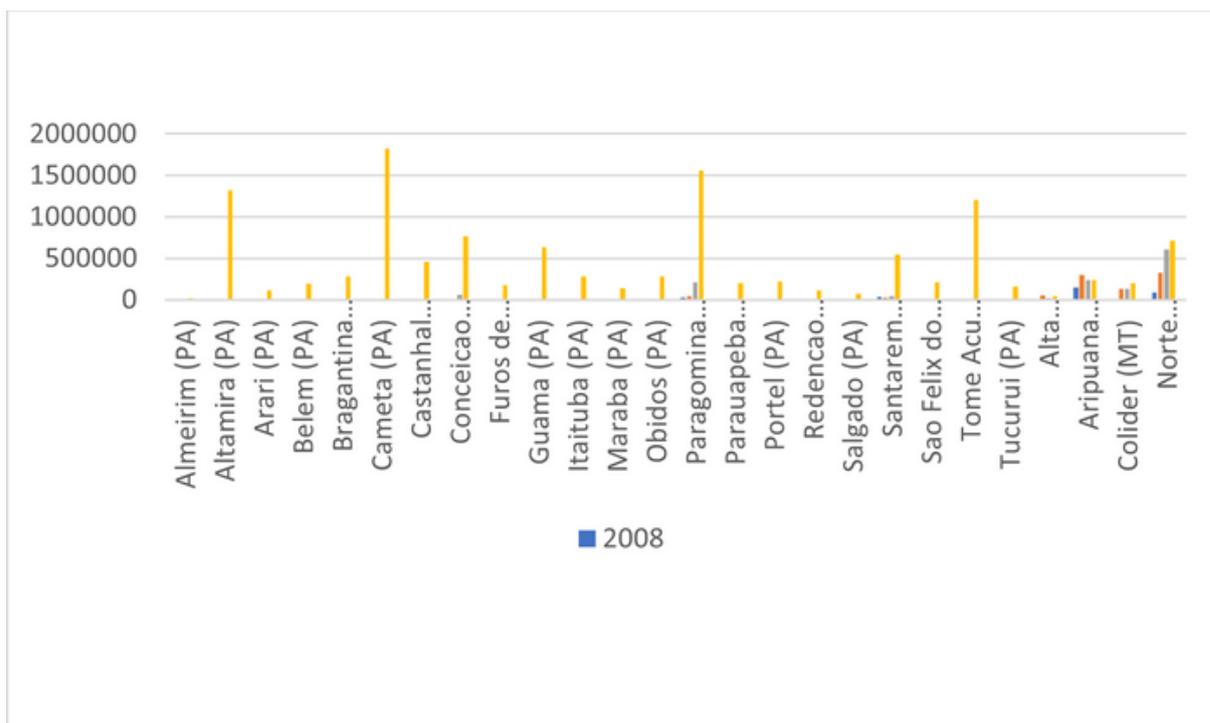


Gráfico 7 - Evolução da área plantada de soja - mil hectares

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do SIDRA IBGE (2021)

O gráfico 8 mostra a evolução da quantidade produzida de soja por microrregião. Com exceção de Conceição de Araguaia e Santarém, que já possuíam uma expressão na quantidade produzida de soja em 2008 e 2010, as demais microrregiões apresentam um crescimento significativo na produção a partir dos anos 2015 e 2019. Em Alta Floresta, por exemplo, a quantidade produzida em 2008 foi de 1.971 toneladas. Em 2010, 431 toneladas, seguidas de 51.711 toneladas em 2015 e 163.094 toneladas no ano de 2019. Na microrregião de Altamira, a quantidade produzida em 2008 foi de 786 toneladas. No ano de 2010, produziram-se 1539 toneladas. Nos anos de 2015 e 2019, 15.955 toneladas e 15230 toneladas, respectivamente. O processo é semelhante em Itaituba, onde a produção foi, respectivamente, de 3189 toneladas, 189 toneladas, 7296 toneladas e 13.980 toneladas.

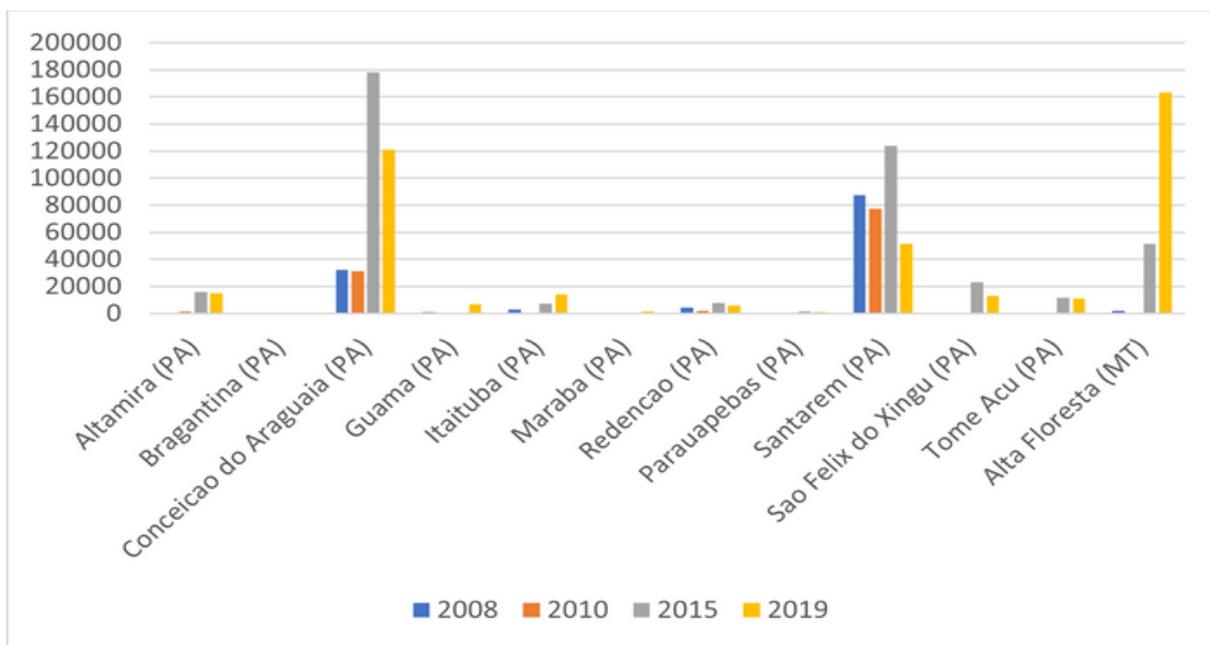


Gráfico 8 - Evolução da quantidade produzida de soja - toneladas  
 Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do SIDRA IBGE (2021)

Outra variável incluída para percepção das melhorias no âmbito de qualidade de vida (saúde) é o número de mortes ao longo dos anos por motivo de doença. Na falta de informações para os anos de análise de um indicador mais robusto, como o IDHM-saúde, utilizou-se o número de mortes na tentativa de visualização positiva ou não de desenvolvimento neste aspecto, ao longo dos anos de pavimentação.

De um modo geral, o gráfico 9 evidencia que o número de mortes por doença aumenta de 2008 a 2019.

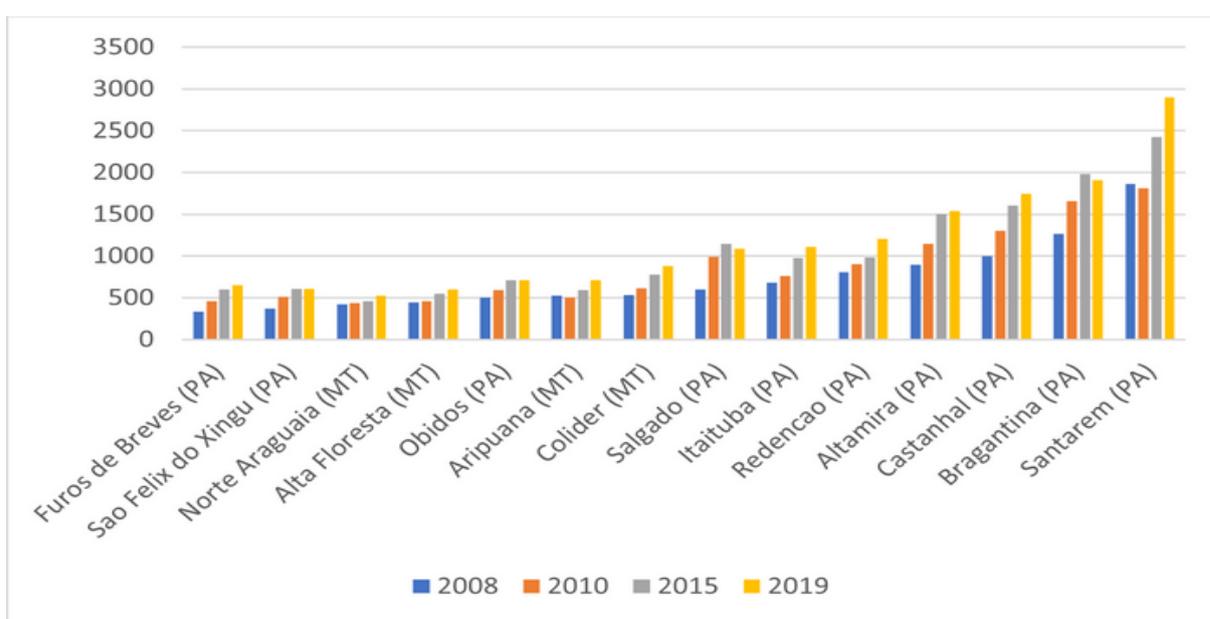


Gráfico 9 - Evolução número de mortes por doença - todos os CIDs  
 Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do DATASUS (2021)

No tocante às mortes por desnutrição, há uma oscilação em todas as microrregiões de estudo. Contudo, em Itaituba, nota-se uma redução no ano de 2019 relativa ao anos de 2008, 2010 e 2015. Em Altamira, há um aumento de 2008 para 2010, com uma redução em 2015 com relação a 2010, que continua decrescendo no ano de 2019. Santarém tem movimento semelhante ao da Altamira. A diferença é que na microrregião de Santarém o crescimento do número de mortes por desnutrição vai até o ano de 2015 e reduz-se em 2019.

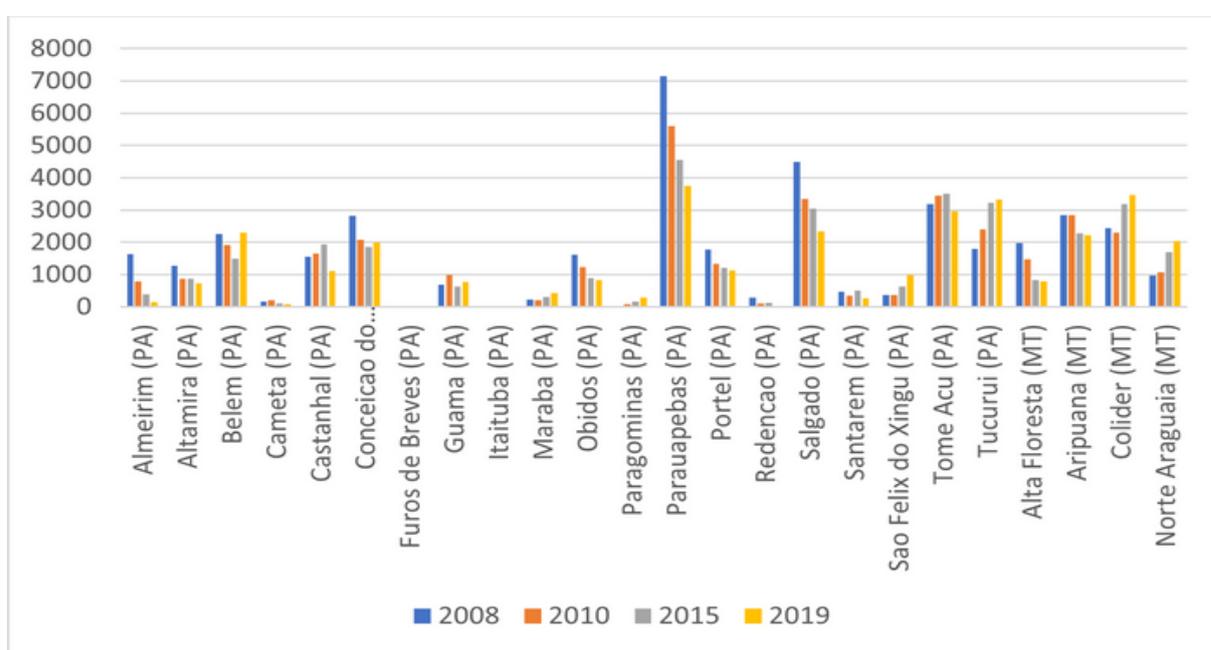


Gráfico 10 - Evolução de número de empregados no setor agropecuária, caça e extrativismo vegetal

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do SIDRA IBGE (2021)

No gráfico 10, nota-se que o número de empregados do setor agropecuário, caça e extrativismo vegetal era maior no ano de 2008 e vem diminuindo nos demais anos, com exceção de Tucuruí, Colíder e Norte Araguaia. Tal cenário pode ter como resposta o avanço tecnológico que proporciona os ganhos de produtividade e que reduz a necessidade de mão de obra para a produção. Com a pavimentação, esse cenário é facilitado.

Quanto aos empregados do setor de indústria de transformação, a dinâmica de evolução é desigual nas microrregiões. Em Belém, Santarém e Paragominas, é decrescente nos anos 2008, 2010, 2015 e 2019. Em Altamira, Guamá, Bragançana, é crescente até o ano de 2015 e cai no ano de 2019. Em Marabá, Colíder, Parauapebas,

Tomé Açu é crescente nos anos 2008, 2010, 2015 e 2019. Esse comportamento reflete impulsos de desenvolvimento, mas que não são uniformes e progressivos.

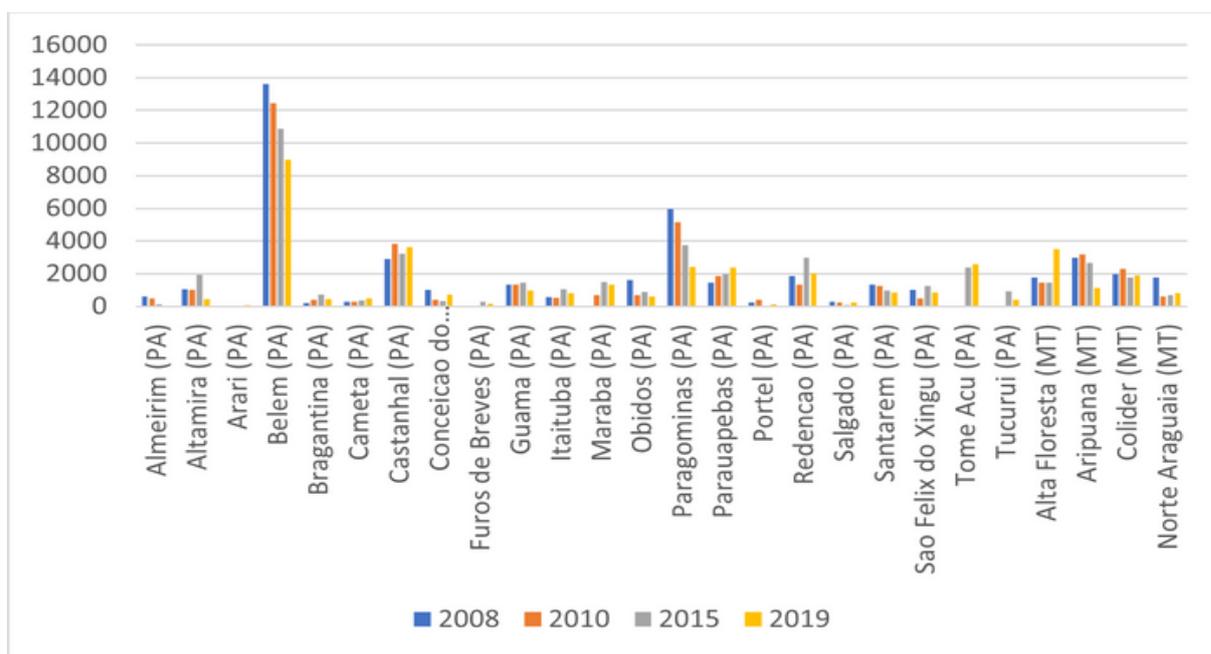


Gráfico 11 - Evolução número de empregados do setor de indústria de transformação  
Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do CAGED (2021)

No setor de comércio, não se percebem grandes alterações no número de empregados, como visto no gráfico 16. Tem-se um suave aumento entre os anos de 2008 e 2019 nas microrregiões de Norte Araguaia, Itaituba, Aripuanã, Santarém e Colíder.

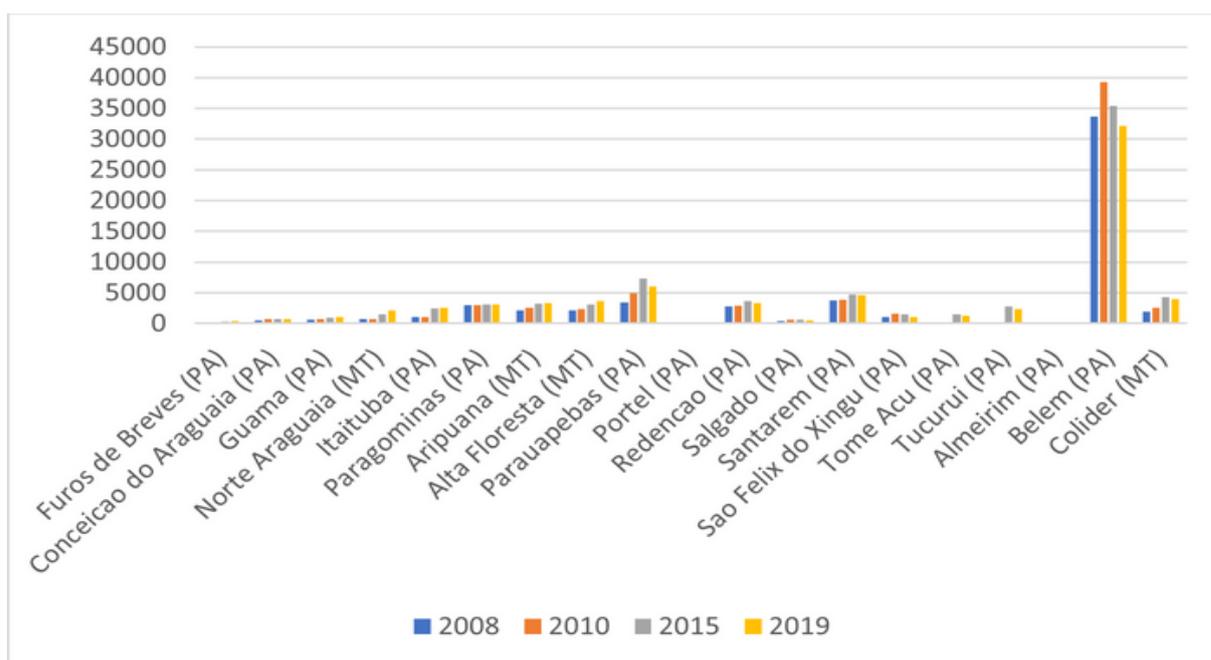


Gráfico 12 - Evolução número de empregados no setor de comércio  
Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do CAGED (2021)

No setor de serviço, há pouca expressividade. Verificou-se evolução nas microrregiões de Alta Floresta, Altamira e Castanhal, crescendo até o ano de 2015 e reduzindo o quantitativo no ano de 2019.

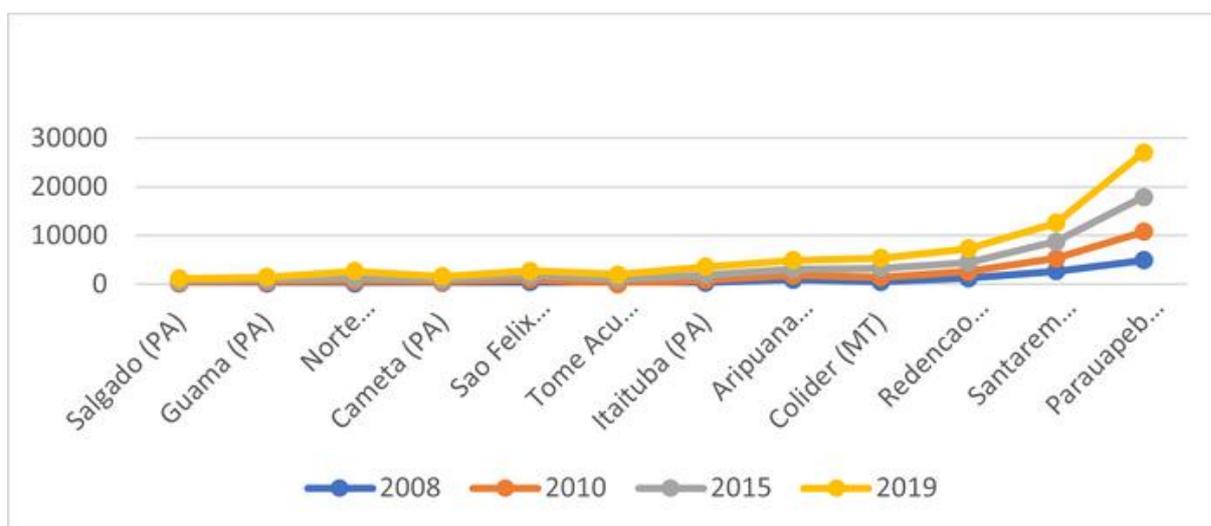


Gráfico 13 - Evolução do número de empregados no setor de serviços  
Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do CAGED (2021)

O gráfico 14, adiante, mostra a evolução do número de empregados do setor de construção civil. Detectou-se uma dinâmica nas microrregiões de Altamira, Alta Floresta, Tomé Açu, Santarém, Parauapebas e Itaituba. Destacam-se Altamira e Parauapebas que, no ano de 2015, chegam a mais de 15.000 empregados no setor de construção civil. Essa quantidade caiu abruptamente em Altamira no ano de 2019, retornando a menos de 5.000 empregados, e também em Parauapebas, com cerca de 12.000 empregados no setor. Na microrregião de Alta Floresta, o número de empregados do setor de construção desponta para quase 5000 no ano de 2015 e retorna para 680 empregados. Esse despontamento pontual no ano de 2015 pode estar associado ao processo de conclusão de um trecho grande da BR-163 Amazônica e, por conseguinte, da expansão da fronteira, principalmente em Altamira.

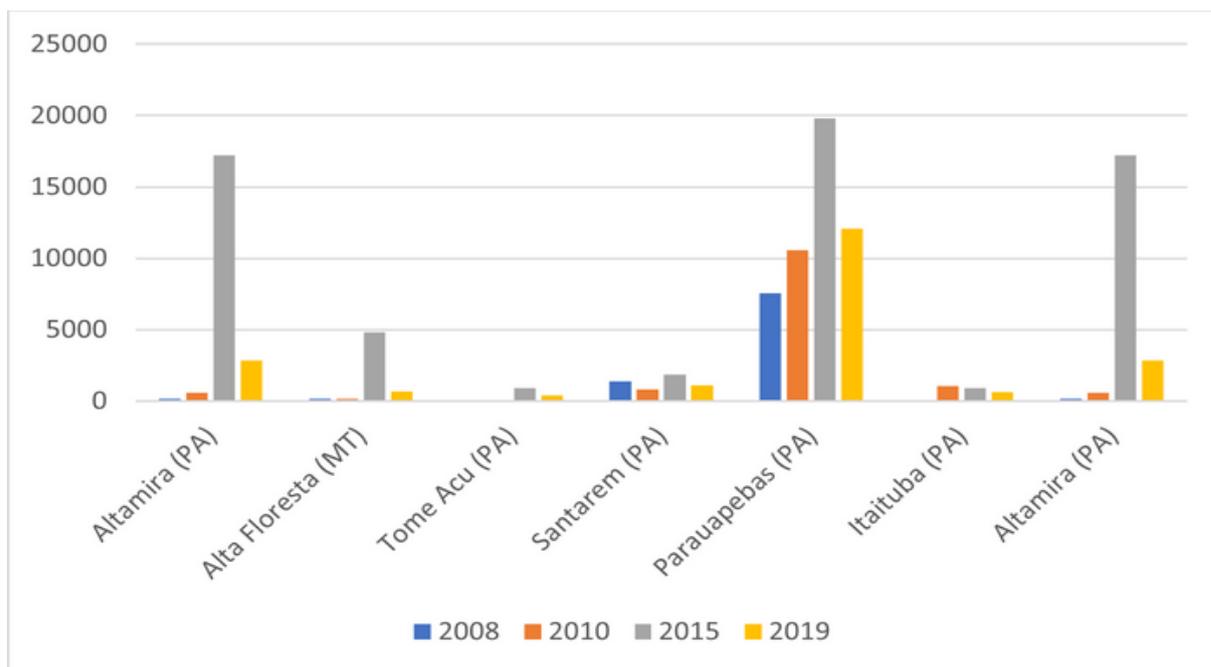


Gráfico 14 - Evolução do número de empregados no setor de construção civil  
 Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do CAGED (2021)

No gráfico 15 abaixo, observa-se um movimento de elevação de extração de madeira nos anos 2015 a 2018 em patamares semelhantes aos do ano 2008 nos municípios de Novo Progresso e Itaituba. Nota-se, oportunamente, que o comportamento de queda da extração de madeira no ano de 2014 é semelhante ao de queda no incremento de desmatamento nos dois municípios, bem como que o de elevação na extração de madeira após o ano 2015 é similar ao crescimento do incremento do desmatamento. Dessa maneira, conforme aponta a literatura, a tendência é de ascensão nas taxas de desmatamento nos dois municípios da Amazônia Legal. Tal constatação pode ser um sintoma do desenvolvimento desordenado das atividades econômicas, provocado pelo estímulo recente da pavimentação da BR-163 e da Lei de anistia de terras públicas. A falta de regras estabelecidas por parte das instituições pode ter sido o remédio faltante para a propagação desse movimento desordenado e permanente nessa fronteira.

Somado a isso, é importante destacar que essa sintonia de oscilação entre desmatamento e extração madeireira torna-se compreensível quando Santana et al (2019) analisam o mercado de madeira em tora no Sudoeste do Pará e apresentam em seus resultados um comportamento inelástico da oferta e da demanda em relação aos preços, o que determina as flutuações na produção de madeira. Desse modo, o

desmatamento vai demarcar um deslocamento maior na oferta de madeira em tora do que na demanda desse produto.

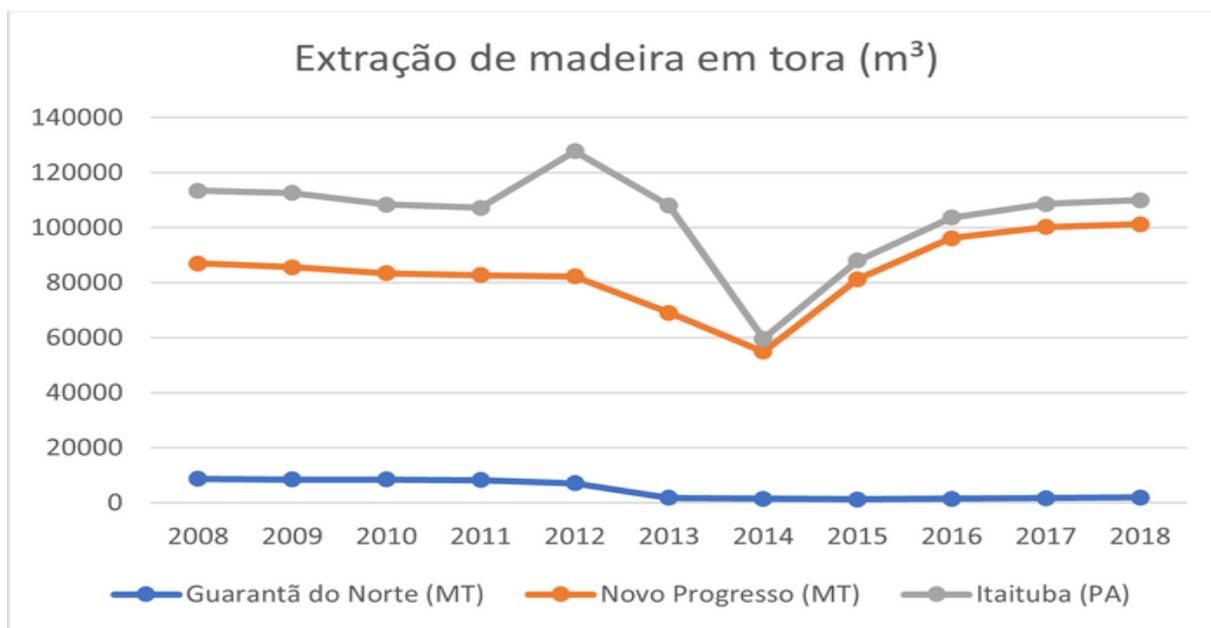


Gráfico 15 - Extração de madeira em tora (m³)

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados da PEVS - SIDRA IBGE (2021)

O gráfico 16 mostra uma evolução recente na extração de madeira em Altamira, Conceição do Araguaia, Guamá, Redenção, Santarém, São Félix do Xingu e Tomé-Açu. Da mesma forma, conforme a literatura, essas sinalizações de crescimento de extração de madeira podem indicar processos futuros de desmatamento. Processos anteriores de extração de madeira foram identificados em Tucuruí, Aripuanã, Colíder e Norte Araguaia.

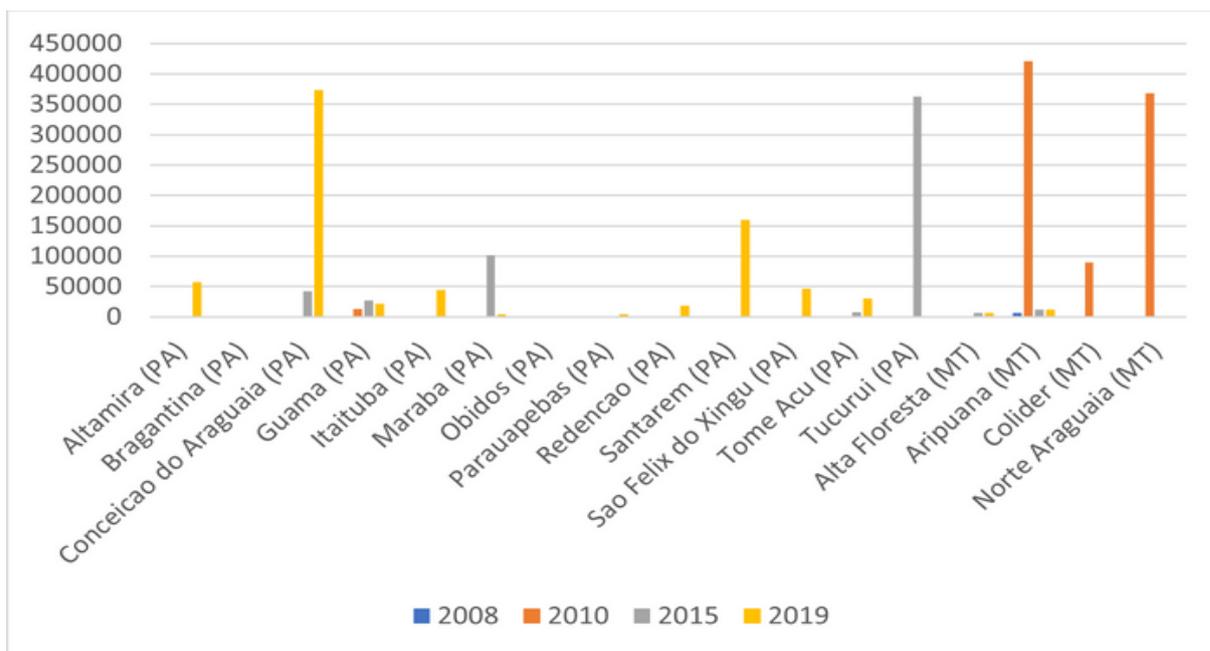


Gráfico 16 - Evolução da extração de madeira - metros cúbicos  
 Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do SIDRA IBGE (2021)

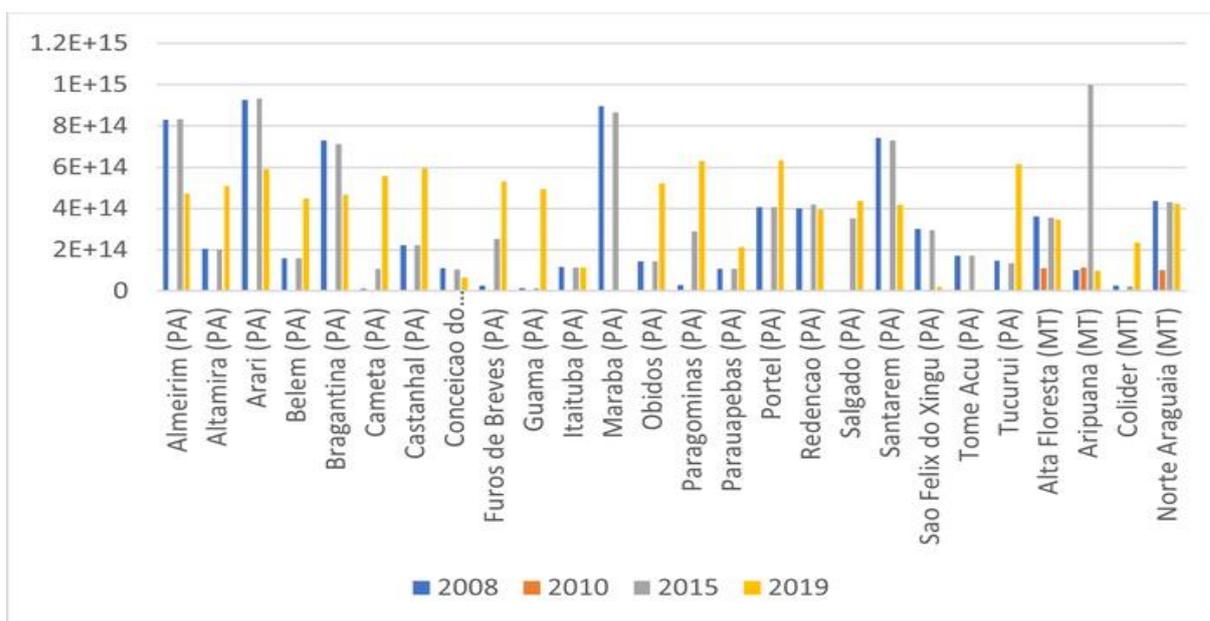


Gráfico 17 - Evolução da cobertura florestal preexistente - metros cúbicos  
 Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do MAPBIOMAS

Com o gráfico 17, fica evidente o comportamento decrescente da cobertura florestal preexistente em boa parte das microrregiões, sobretudo, em Almeirim, Arari, Bragançana, Marabá, Santarém, Aripuanã. Se correlacionarmos esse decréscimo com os dados de desmatamento, veremos que a relação é inversa. Todavia, há microrregiões em que há um crescimento da cobertura florestal preexistente,

notadamente em Belém, Cametá, Furos de Breves, Guamá, Óbidos, Paragominas, Parauapebas, Portel, Salgado, Tucuruí e Colíder.

Quanto à densidade populacional, houve um movimento de expansão nos anos 2008 e em 2010. Não se observaram evoluções de densidade populacional para os anos 2015 e 2019.

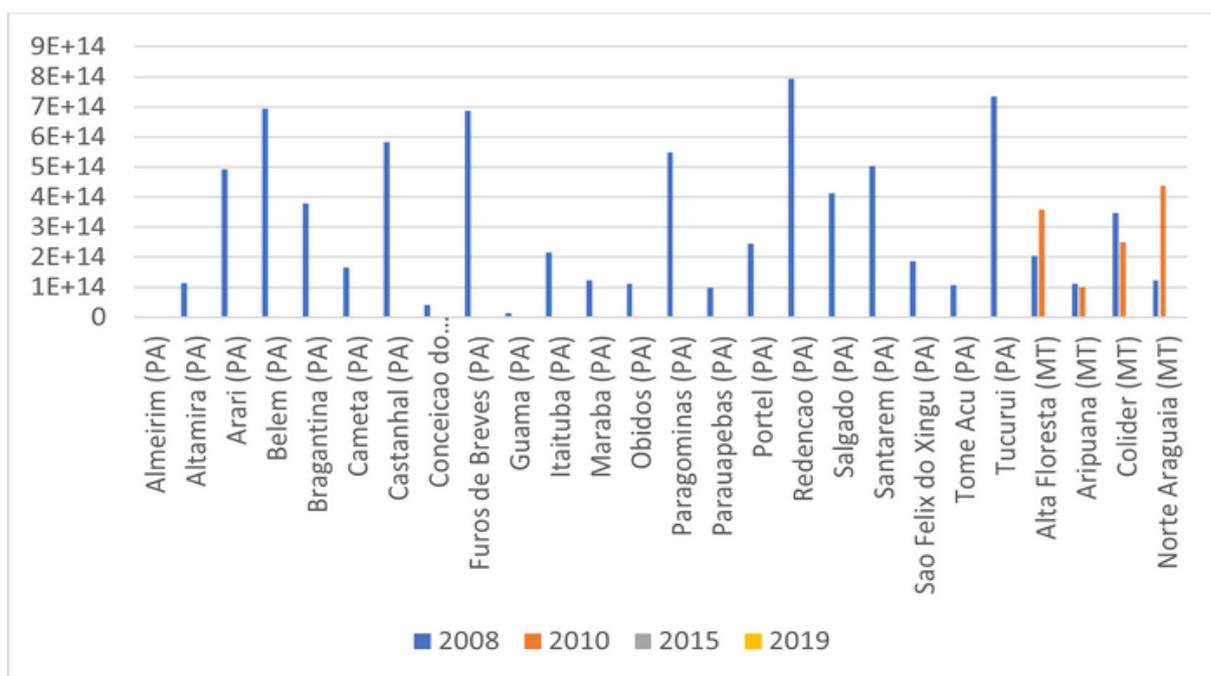


Gráfico 18 - Evolução da densidade populacional

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do SIDRA IBGE (2021)

No gráfico 19, tem-se a variável PIB *per capita*. Este gráfico mostra que o PIB *per capita* é crescente ao longo dos anos de análise, sobretudo, no ano de 2019. Esse comportamento crescente, juntamente com o crescimento do desmatamento, pode sinalizar que ainda se está na parte ascendente da curva de Kuznets e que processos de intensificação do desmatamento podem perdurar.

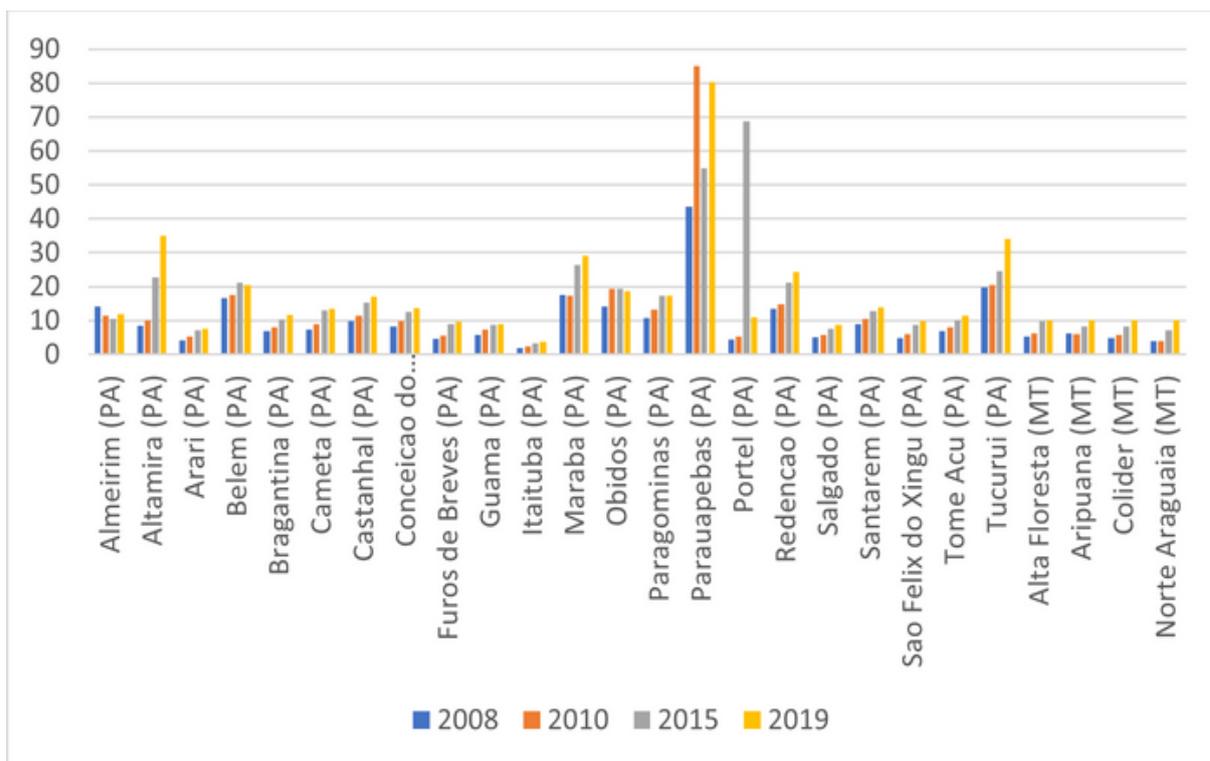


Gráfico 19 - Evolução do PIB per capita

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do SIDRA IBGE (2021)

O ápice da questão é que a infraestrutura oportunizada com a finalização da BR-163 provocou não somente uma expansão da área de cultivo da soja na Amazônia, como visto acima, mas uma expansão de toda uma complexa estrutura para o agronegócio, que inclui o uso de portos, sobretudo, os portos privados no rio Tapajós, além de Miritituba e Santarém, e de ferrovias e hidrelétricas. Toda essa expansão tem um custo social e ambiental, com a intensificação das queimadas, do desmatamento, da grilagem e uma pressão sobre a terra indígena dos Kayapós, principalmente pela grilagem e pela extração ilegal de madeira. Além disso, uma das estratégias utilizada para garantir a terra necessária para o cultivo da soja foi a demarcação de florestas públicas não destinadas como propriedade particular no Cadastro Ambiental rural (CAR). Outra estratégia é a utilização de empresas menores, não signatárias da moratória da soja, para recebimento da produção e escoamento pelos portos privados.

<b>Variável dependente</b>	<b>Dotação</b>	<b>Fonte</b>	<b>Período de estudo</b>	
Incremento do desmatamento	km <sup>2</sup>	PRODES INPE	2008; 2010; 2015; 2019	
Variáveis independentes	Dotação	Fonte	Período de pavimentação asfáltica	Sinal esperado no modelo
Efetivo do rebanho bovino	unidade animal	Produção Pecuária Municipal - SIDRA IBGE	2008; 2010; 2015; 2019	(+)
Área de pastagem	km <sup>2</sup>	LAPIG-IESA UFG	2008; 2010; 2015; 2019	(+)
Área plantada lavoura total	hectares	Produção Agrícola Municipal - SIDRA IBGE	2008; 2010; 2015; 2019	(+)
Área plantada de soja	hectares	Produção Agrícola Municipal - SIDRA IBGE	2008; 2010; 2015; 2019	(+)
Quantidade produzida de soja	tonelada	Produção Agrícola Municipal - SIDRA IBGE	2008; 2010; 2015; 2019	(+)
Extração de madeira em tora	metro cúbico	Produção da Extração Vegetal e Silvicultura -IBGE	2008; 2010; 2015; 2019	(+)
População municipal (recenseada e estimada)	habitantes	IBGE (Censo e estimativa)	2008; 2010; 2015; 2019	(+)
Densidade populacional	Hab/km <sup>2</sup>	Autor	2008; 2010; 2015; 2019	(+)
PIB <i>per capita</i>	valor reais deflacionado*	Produto Interno Bruto -SIDRA IBGE	2008; 2010; 2015; 2019	(+)
PIB <i>per capita</i> <sup>2</sup>	valor reais deflacionado*	Produto Interno Bruto -SIDRA IBGE/Autor	2008; 2010; 2015; 2019	(+)
Arrecadação CFME minério	valor reais deflacionado*	ANM Estatística	2008; 2010; 2015; 2019	(+)
Empregados setor agropecuário, caça e extrativismo vegetal	unidade admitidos	CAGED Estatística	2008; 2010; 2015; 2019	(+)
Empregados setor serviços	unidade admitidos	CAGED Estatística	2008; 2010; 2015; 2019	(+)
Empregados setor comércio	unidade admitidos	CAGED Estatística	2008; 2010; 2015; 2019	(+)

Empregados setor construção civil	unidade admitidos	CAGED Estatística	2008; 2010; 2015; 2019	(+)
Empregados extrativismo mineral	unidade admitidos	CAGED Estatística	2008; 2010; 2015; 2019	(+)
Cobertura florestal preexistente	hectares	Mapbiomas	2008; 2010; 2015; 2019	(-)
Número de alunos matriculados no ensino regular	unidade	INEP	2008; 2010; 2015; 2019	(+)
Número de mortes por doença- todos os CIDS	unidade	DATASUS	2008; 2010; 2015; 2019	(-)
Número de mortes por desnutrição	unidade	DATASUS	2008; 2010; 2015; 2019	(-)

Quadro 2 - Descrição das variáveis incluídas no modelo empírico

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

### 3 DO MODELO EMPÍRICO ADOTADO

A adoção da análise espacial vem do entendimento na literatura de que o desmatamento possui um forte componente espacial. Isso ocorre porque, segundo Oliveira et al (2007), trata-se de uma área que possuía uma cobertura florestal, que foi convertida em outro tipo de uso e que se relaciona com os tipos de uso da terra verificados nas vizinhanças das áreas desmatadas. Desse modo, o desmatamento tem como característica a dependência espacial, denotando um processo de interação espacial, onde as áreas desmatadas são vizinhas de áreas anteriormente desmatadas.

Para a compreensão do processo de desmatamento por meios dos dados espaciais, buscou-se apoio no que a literatura recente tem apresentado como método que apresenta melhores resultados para a Amazônia Brasileira, que é o modelo de  $\beta$  convergência espacial. Teixeira (2010) analisou o processo de desmatamento na Amazônia Legal e no Estado de Mato Grosso, no período de 2000 a 2008, adotando os modelos de  $\beta$  convergência, tendo o modelo de defasagem espacial fornecido melhores resultados para a Amazônia Legal, e o modelo de erro espacial, o mais robusto para o Estado de Mato Grosso.

Explica-se que nos modelos econométricos espaciais, os quais apresentam como uma das características a dependência espacial, esta pode ser encontrada na variável dependente, no termo de erro ou mesmo nas variáveis independentes. Destarte, antes de adentrar aos resultados através do modelo adotado para esta investigação, faz-se importante descrever com mais cuidado o processo de adoção do modelo empírico.

Neste trabalho, utiliza-se o modelo de defasagem espacial (SAR) "Spatial Lag" para análise dos anos de 2008, 2010, 2015 e 2019. Nesse modelo, busca-se o efeito de "vizinhança" na intensificação do desmatamento, de modo a observar a dependência espacial na própria variável dependente e também na autocorrelação espacial entre as variáveis independentes e a variável dependente durante o curso do asfaltamento da BR-163 Amazônica.

Anselin (1995) explica que no modelo SAR a variável  $y$  é influenciada pela própria variável  $y$ , verificada nas regiões vizinhas defasadas espacialmente, conforme descrição do modelo a seguir:

$$y = \rho W y + x\beta + \varepsilon \quad (1)$$

Onde  $y$  é a variável dependente, caracterizado por ser um vetor coluna, contendo  $n$  observações na amostra,  $\rho$  é o coeficiente espacial autorregressivo (medida de autocorrelação espacial), que demonstra o efeito médio da variável dependente em relação à vizinhança espacial na região analisada.  $W$  corresponde à matriz de vizinhança geralmente adotada nos modelos espaciais, de modo que  $Wy$  irá demonstrar a dependência espacial em  $y$ .  $X$  identifica a matriz de observações das variáveis independentes. O parâmetro  $\beta$  representa o coeficiente de regressão e  $\varepsilon$ , o termo de erro aleatório, por ora assumindo distribuição normal e variância constante.

Como o modelo de defasagem espacial (SAR) requer simetria dos pesos, a opção realizada foi pela matriz binária de contiguidade do tipo Rainha. Essa matriz é comumente utilizada nas análises espaciais e consiste numa matriz de identificação de vizinhos de primeira ordem, como a matriz de torre, também<sup>3</sup>. No caso da matriz de contiguidade do tipo Rainha (*queen contigue-te*), entende-se que cada observação no vetor  $y$  está relacionada a um polígono e a um sistema georreferenciado. Dessa maneira, o vetor  $y$  pode corresponder a observações de uma determinada variável, identificada para cada microrregião analisada, neste caso. Assim, o elemento  $W_{ij}$  da matriz  $W$  assume valor  $W_{ij}=1$  quando os polígonos são vizinhos, e assume valor  $W_{ij}=0$  caso os polígonos  $i$  e  $j$  não sejam vizinhos. Ocorre que na matriz *queen contiguity* considera-se a vizinhança além dos polígonos que assumem valor  $W_{ij}=0$ , indo além da fronteira e identificando os vértices como polígonos (como no movimento da rainha no jogo de xadrez), diferenciando-a da matriz de torre, que não faz essa consideração.

Neste trabalho, a matriz de pesos *queen contiguity* auxiliará tanto na modelagem econométrica espacial, como na Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), conjunto de técnicas estatísticas que, com o uso de dados georreferenciados, tem por objetivo descrever e visualizar as distribuições espaciais, identificar os *outliers* espaciais, detectar os padrões de associação espacial, ou seja, os clusters, e sugerir regimes ou outras formas de heterogeneidade espacial (ANSELIN, 2013).

Segundo Anselin (2013), a AEDE permite identificar a estrutura de correspondência espacial que melhor descreve o padrão de distribuição dos dados, evidenciando como os valores estão correlacionados no espaço geográfico e essas

---

<sup>3</sup> Para maior compreensão acerca das matrizes de peso, ver Anselin (1994, 2005).

dependências podem ser identificadas por meio de testes formais de associação espacial. De acordo com o autor, as mais utilizadas nas pesquisas empíricas são as estatísticas I de Moran global e o Local Indicator of Spatial Association (LISA).

A estatística I de Moran identifica a estrutura de correlação espacial que melhor descreve os dados, fornecendo, para tanto, um único valor como medida de associação espacial utilizada para caracterizar toda a região de estudo (ANSELIN, 2013). Moran (1948) apud Anselin (2013) baseia seu coeficiente de autocorrelação espacial nos valores da medida de autocovariância na forma de produto cruzado, com uma matriz de ponderação espacial que pode ser normalizada na linha. Formalmente, o I de Moran global é expresso da seguinte forma:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \right) \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

Em que  $x_i$  é um vetor ( $n \times 1$ ) das  $n$  observações,  $w_{ij}$  é definida como a matriz de peso espacial com  $(n \times n)$  elementos e representa a topologia do sistema espacial, e a soma dos elementos da matriz de peso espacial, que é definida exogenamente segundo vários critérios, sendo os mais comuns a contiguidade e a distância física.

A análise do Índice de Moran encontrado é realizada da seguinte forma: quando há autocorrelação positiva (I de Moran positivo e significativo), os dados estão concentrados por meio das regiões (similaridade). Por outro lado, quando há autocorrelação negativa (I de Moran negativo e significativo), os dados estão dispersos espacialmente (dissimilaridade), sendo que a força de concentração e dispersão é dada pelo valor absoluto da estatística (ANSELIN, 2013).

Contudo, padrões espaciais locais podem ser ofuscados por padrões espaciais globais, pois é natural em pesquisas sociais aplicadas não se encontrar homogeneidade das variáveis no espaço (ANSELIN, 2013). Com isso, determinadas localidades podem apresentar comportamento diferente do conjunto total de regiões envolvidas na área de estudo. Dessa maneira, é empregado o I de Moran Local LISA,

que, ao decompor o I global, permite capturar especificidades locais, como clusters e outliers.

O Índice de Moran Local foi proposto por Anselin como uma ferramenta estatística para testar a autocorrelação local e detectar objetos espaciais com influência no indicador Moran Global. Enquanto o Índice Global de Moran informa o nível de interdependência espacial entre todos os polígonos em estudo, o Índice Local de Moran avalia a covariância entre um determinado polígono e uma certa vizinhança, definida em função de uma distância  $d$ . É possível então a utilização do Índice Local de Moran como uma ferramenta estatística que possibilita uma indicação sobre a extensão da significância de um “cluster” de igual valor. (ANSELIN, 1995).

Segundo Anselin (1996), os Indicadores Locais de Moran ( $I_i$ ) são descritos como:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} \right) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Onde:

$I_i > 0$  “clusters” de valores similares (altos ou baixos); e

$I_i < 0$  “clusters” de valores distintos (Ex: uma localização com valores altos rodeada por uma vizinhança de valores baixos).

Em contrapartida, para examinar os padrões de dados espaciais em uma escala de maior detalhe, quando a dependência espacial é mais acentuada, é recomendado o Indicador Local de Associação Espacial – LISA, que produz um valor específico para cada objeto, permitindo a identificação de agrupamentos com valores de atributos semelhantes ou objetos anômalos.

Os valores determinados pelo Índice de Moran Local podem ser visualizados em um mapa denominado LISA MAP, onde se considera, quando o índice for maior que 0,05, que não há autocorrelação e, se for menor que 0,05, que a correlação é significativa. As áreas são classificadas em cinco diferentes níveis de significância: sem significância; significância de 0,05 (95% de confiança); de 0,01 (99% de confiança); de 0,001 (99,9% de confiança); e de 0,0001 (99,99% de confiança). Além

disso, os resultados do LISA MAP vão indicar a formação de clusters do tipo Alto Alto (High High) ou Baixo Baixo (Baixo Baixo) ou de outliers do tipo Baixo Alto (High Low) ou Alto Baixo (Low High).

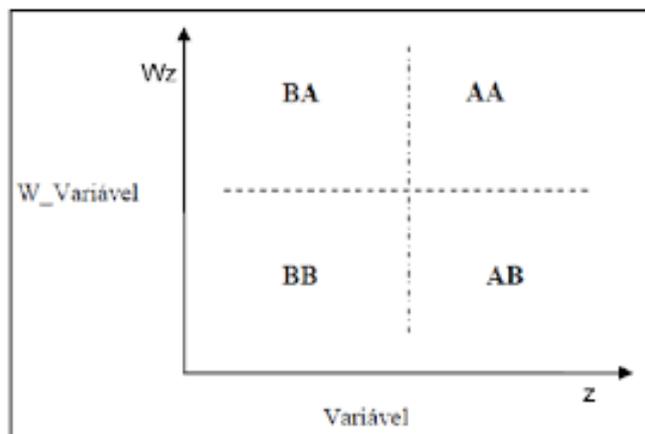


Diagrama 1 - clusters  
Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Complementarmente, a estatística LISA é calculada para a *i*-ésima localidade, como:

$$I_i = z_i \sum_j w_{ij} z_j \quad (3)$$

Em que  $w_{ij}$  indica os elementos da matriz de pesos espaciais  $W$  entre as localidades  $i$  e  $j$ ;  $z_i$  e  $z_j$  indicam o valor da variável padronizada analisada por região  $i$  e  $j$ . Essa estatística fornece, para cada observação, uma indicação de clusters ou agrupamentos espaciais significativos, de valores semelhantes, em torno daquela observação, bem como uma identificação de instabilidades locais, ou seja, outliers significativos.

Outrossim, nas análises espaciais, o método de mínimos quadrados ordinários é inconsistente e a estimativa poderá ser enviesada, já que se presume normalidade nos erros e variância constante, como visto na equação 1 acima. Em outras palavras, os modelos tradicionais de regressão não capturam os efeitos de transbordamento espacial, não considerando os efeitos espaciais de autocorrelação e heterogeneidade espacial. Neste tipo de modelo, segundo Teixeira (2010), a opção mais apropriada seria o método da máxima verossimilhança ou da variável instrumental.

No presente trabalho, adotou-se o método da máxima verossimilhança. A estimativa pelo método da máxima verossimilhança não sofre do problema da inconsistência, devido à endogeneidade do regressor. Aqui o vetor de resíduos  $\varepsilon$  tem distribuição normal multivariada com média nula covariância  $\sigma^2 I$ . Dito de outro modo, a estimativa por meio da máxima verossimilhança dos parâmetros  $\rho$  e  $\sigma^2$  parte da distribuição normal multivariada para o vetor de resíduos  $\varepsilon$ . Assim, tem-se a equação:

$$y = (I - \rho W)X\beta + (I - \rho W)\varepsilon \quad (2)$$

E o vetor de variáveis observadas  $y$  possui distribuição (condicionada a  $X$ ) normal multivariada, com média condicionada

$$E[Y/X] = (I - \rho W)XB, \quad (3)$$

E matriz de variância condicional. Portanto, para fins de recorte espacial, e entendendo que a análise do desmatamento do Norte do Estado de Mato Grosso ao Estado do Pará, especificamente a partir da microrregião de Garantã de Norte – de onde parte a nova etapa de pavimentação da BR-163 em seu trecho Amazônico até a microrregião de Santarém –, difere da análise de desmatamento decorrente da pavimentação da BR-163 Norte de Mato Grosso abaixo, optou-se por retirar as demais microrregiões do Estado de Mato Grosso, por constituírem processos distintos de desenvolvimento socioambiental e econômico, podendo resultar em heterogeneidade espacial, dadas suas características distintas, prejudicando os resultados obtidos.

Nesse caso, para os anos de 2008, 2010, 2015 e 2019, o teste de dependência espacial apresentou resultados com significância menor perto de 1% para o modelo de defasagem espacial (SAR), de maneira semelhante à opção de modelagem no estudo de desmatamento na Amazônia feito por Teixeira (2010) no período (2002-2008), corroborando a ideia defendida em seu trabalho.

No quadro 3 abaixo, têm-se os resultados do teste de dependência espacial comprovando o modelo de “Spatial Lag” como o mais adequado para a análise. Essa escolha é realizada seguindo os procedimentos orientados por Anselin (2013)<sup>4</sup>.

<b>Teste de dependência</b>	<b>Probabilidade (5%) - 2008</b>	<b>Probabilidade (5%) - 2010</b>	<b>Probabilidade (5%) - 2015</b>	<b>Probabilidade (5%) - 2019</b>
Lagrange Multiplier (Lag)	0.02472	0,003956	0.00573	0.00408
Lagrange Multiplier (error)	0.29865	0.27951	0.17457	0.66651
LM Robust (lag)	0.03484	0.00011	0.00577	0.00077
LM Robust (error)	0.41340	0.00056	0.17601	0.07158

Quadro 3 - Teste de dependência espacial

Fonte: Elaborado pela autora com base no software GEODA e nos dados da pesquisa (2021)

Enfatiza-se que as variáveis e a estratégia empírica adotada exploram aquilo que Rivero et al (2009) chamam de causas próximas ou diretas do desmatamento: pecuária, atividades agrícolas, atividade madeireira e expansão da infraestrutura. As causas subjacentes do desmatamento são pouco suscetíveis aos modelos econométricos, pois

[...] são mais profundas e estão associadas ao crescimento dos mercados que produzem a mudança do uso do solo, com a urbanização e o crescimento populacional, com fatores estruturais, e finalmente, com políticas governamentais. (RIVERO et al., 2009, p. 43).

Portanto, a captação da dinâmica da expansão do desmatamento na Amazônia Legal requer uma ampliação do escopo dos modelos econométricos para os atores, os processos decisórios e o ambiente institucional.

<sup>4</sup> Anselin (2005) orienta a estimação do modelo clássico de regressão linear por MQO. Se nos resultados o Multiplicador de Lagrange e o Multiplicador de erro forem não significativos, faz-se a opção pelo modelo clássico. Se os dois multiplicadores forem significativos, observam-se os resultados dos multiplicadores robustos. Se o multiplicador de Lagrange robusto for maior que o multiplicador de erro robusto, faz-se a opção pelo primeiro modelo; de maneira contrária, faz-se a opção pelo segundo modelo.

Os dados relativos ao desmatamento nas reservas extrativistas e indígenas não estavam disponíveis para todos os anos de análise e não puderam ser incluídos no modelo econométrico espacial. De qualquer forma, utilizaram-se dos dados que estão disponíveis no PRODES INPE para análise do desmatamento nessas áreas, na tentativa de incluir variáveis subjacentes que expliquem as possíveis concentrações ou não de desmatamento. Contudo, é claro que o vácuo de explicação será preenchido pela evolução histórica institucional no lócus de análise. Por isso, a Nova Economia Institucional é a base de sustentação desse esforço.

#### 4. RESULTADOS

Os resultados a serem apresentados neste capítulo corroboram a literatura e apontam o vetor asfaltamento como modo propulsor do processo de desmatamento na Amazônia, nos anos de análise de 2008, 2010, 2015 e 2019.

As tabelas 1 e 2 mostram a dependência espacial da própria variável dependente e das variáveis explicativas através do I de Moran Univariado. Além disso, pode-se observar a correlação espacial entre a variável dependente e cada variável explicativa utilizada no modelo econométrico espacial, a partir do I de Moran Bivariado.

No que tange à variável dependente Incremento anual do desmatamento, nota-se que há dependência espacial e que esta é maior em 2008, reduz-se em 2010 e 2015 e volta a crescer em 2019, conforme demonstram as tabelas 1 e 2. Constatase também uma forte dependência espacial na própria variável quando se observa o I de Moran Univariado das variáveis independentes Efetivo rebanho bovino e área de pastagem se mantêm acima de 0.60 nos anos de análise, com exceção da variável efetivo rebanho bovino que, no ano de 2008, apresenta o I de Moran Univariado no valor de 0.165874, mesmo assim denotando dependência espacial. Também as variáveis independentes número de empregados no setor agropecuário, caça e extrativismo vegetal apresentam dependência espacial em todos os anos de estudo.

Quanto à variável PIB *per capita*, esta apresenta considerável dependência espacial nos anos de 2010, 2015 e 2019. Cenário semelhante percebe-se nas variáveis independentes Número de empregados no setor de extrativismo mineral e na quantidade produzida de soja, apresentando dependência espacial notada em seus I de Moran Univariado para os anos de 2015 e 2019. Nas variáveis cobertura florestal remanescente e área plantada lavoura total, o I de Moran Univariado mostra dependência espacial no ano de 2019, verificado nas tabelas 1 e 2. Para as outras variáveis independentes de análise, há a dependência espacial, mas esta é relativamente pequena, entre -0,1 e 0,1.

Outrossim, relativamente ao I de Moran Bivariado, as tabelas 1 e 2 demonstram que há autocorrelação espacial positiva considerável, verificada em todos os anos de análise, entre a variável dependente Incremento anual de desmatamento e as variáveis independentes área de pastagem e efetivo rebanho bovino. As variáveis Número de empregados no setor agropecuário, caça e

extrativismo vegetal e número de empregados no setor de extrativismo mineral apresentam correlação espacial positiva relevante no ano de 2008, e esse cenário somente retorna no ano de 2019. Já as variáveis mortalidade geral por ocorrência, mortalidade por desnutrição, número de matriculados no ensino regular, número de empregados no setor de serviços, número de empregados no setor de comércio, número de empregados no setor de construção civil, número de empregados no setor de indústria de transformação, densidade demográfica e cobertura florestal mostram correlação espacial negativa; isso quer dizer que, quando o desmatamento aumenta, essas variáveis apresentam comportamento decrescente. Como exceção, no ano de 2010, a variável densidade demográfica apresenta correlação positiva e a variável cobertura florestal preexistente apresenta correlação espacial positiva no ano de 2019.

Variáveis	I de Moran Univariado (2008)	p valor*	I de Moran Bivariado (2008)	p valor*	I de Moran Univariado (2010)	p valor*	I de Moran Bivariado (2010)	p valor*
Y (incremento do desmatamento no ano)	0.300304	0,01			0.168022	0,01		
X1 (Efetivo rebanho bovino)	0,165874	0,05	0,053282		0.646538	0,01	0,200802	
X2 (área de pastagem)	0.651113	0,01	0,443893		0.664677	0,01	0,443893	
X3 (área plantada lavoura total)	- 0,0109801	0,01	0,127292		-0,0269702	0,01	0,0102476	
X4 (área plantada soja)	- 0,0274876	0,05	0,0815408		0,165874	0,05	0,053282	
X5 (quantidade produzida de soja)	- 0,0250128	0,05	0,0772858		-0,0250128	0,01	- 0,0472959	
x6 (extração de madeira)	- 0,0385673	0,01	-0,035595		-0,0828089	0,01	0,114589	
X7 (Número mortalidade geral por ocorrência)	- 0,0303774	0,05	-0,14967		0,00278178	0,05	-0,102961	
X8 (Número mortalidade por desnutrição)	- 0,0354384	0,05	-0,162775		- 0,0571206	0,05	-0,03	

X9 (Número de matriculados ensino regular)	0.0691454	0,05	-0,21324	0.0831064	0,05	-0,104972
X10 (Número de empregados no setor agropecuário, caça e extrativismo vegetal)	0.199213	0,01	0.233172	0.248648	0,05	0.0194497
X11 (Número de empregados no setor de serviços)	- 0,0394512	0,05	-0,137653	- 0,0386524	0,05	- 0,0898059
X12 (Número de empregados no setor de comércio)	- 0,0300923	0,05	-0,130131	-0,0295942	0,05	- 0,0931953
X13 (Número de empregados no setor de indústria de transformação)	- 0,0743443	0,05	- 0,0541111	-0,0396195	0,05	- 0,0922495
X14 (Número de empregados no setor de construção civil)	- 0,0475373	0,05	- 0,0905366	- 0,0444397	0,05	- 0,0804177
X15 (Número de empregados no setor de extrativismo mineral)	0.0693551	0,05	0,159896	0.060722	0,05	0,0273709
X16(PIB <i>per capita</i> )	- 0,0451075	0,05	0,0719522	0.535387	0,05	0,0584529
X17 (PIB <i>per capita</i> <sup>2</sup> )	-0,01889	0,05	0,117693	0.253176	0,05	0,0956231
X18 (Cobertura florestal remanescente)	-0,226384	0,05	-0,0738	0.435809	0,05	- 0,0812535
X19 (Densidade demográfica)	-0,116902	0,05	-0,193907	0.307576	0,05	0,0870844

Tabela 1 - Estatística I de Moran nas variáveis de estudo - Anos 2008 e 2010  
Fonte: Elaborado pela autora (2021)

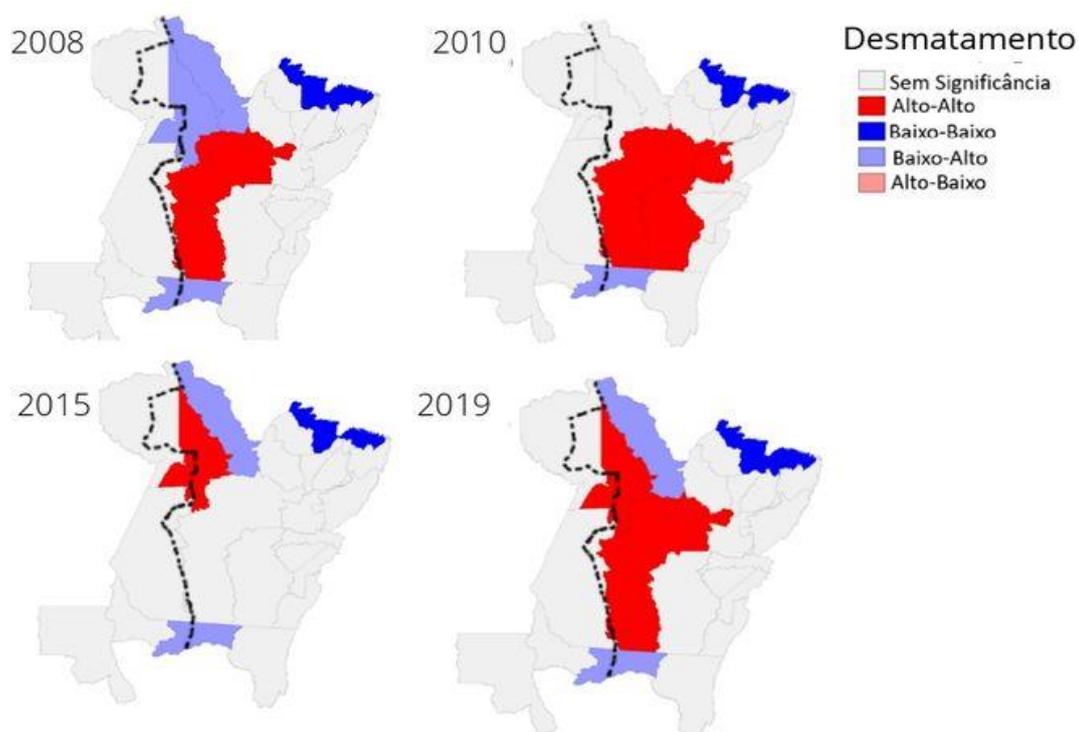
<b>Variáveis</b>	<b>Local Moran Univariado (2015)</b>	<b>Local Moran Bivariado (2015)</b>	<b>Local Moran Univariado (2019)</b>	<b>Local Moran Bivariado (2019)</b>
Y (incremento do desmatamento no ano)	0.132827		0,163168	
X1 (Efetivo rebanho bovino)	0.637748	0,178998	0.623032	0,194107
X2 (área de pastagem)	0.6364185	0,175896	0,61728	0,236882
X3 (área plantada lavoura total)	0,0359399	0,0360428	0,10491	0,0744327
X4 (área plantada soja)	0,080372	0,0290272	-0,0225966	-0,0685838
X5 (quantidade produzida de soja)	0,0738135	0,0806405	0,113826	0,0278047
x6 (extração de madeira)	0,0615281	-0,0322437	-0,0493781	0,0379196
X7 (Número mortalidade geral por ocorrência)	-0,0314852	-0,146387	-0,0206587	-0,146387
X8 (Número mortalidade por desnutrição)	0,00476884	-0,130414	-0,0306711	-0,136387
X9 (Número de matriculados ensino regular)	0,0866996	-0,143558	0,101546	-0,182604
X10 (Número de empregados no setor agropecuário, caça e extrativismo vegetal)	0,243755	-0,0493498	0,304074	-0,0211342
X11 (Número de empregados no setor de serviços)	-0,0415206	-0,0934788	-0,0380207	-0,130414
X12 (Número de empregados no setor de comércio)	-0,0462307	-0,0753354	-0,0390112	-0,10913
X13 (Número de empregados no setor de indústria de transformação)	0,0295594	-0,132011	0,0948608	-0,143621

X14 (Número de empregados no setor de construção civil)	-0,15721	-0,0937829	-0,0378475	-0,12804
X15 (Número de empregados no setor de extrativismo mineral)	0,145724	-0,0432149	0,193395	0,0379196
X16 (PIB <i>per capita</i> )	0,267759	0,24581	0,334112	-0,0217968
X17 (PIB <i>per capita</i> <sup>2</sup> )	0,0931181	0,135524	0,147255	0,053221
X18 (Cobertura florestal remanescente)	-0,0855136	-0,0827577	0,171283	-0,118326
X19 (Densidade demográfica)	0,0558751	-0,187999	0,0995954	-0,278041
X20 (CFME arrecadação)	0,0835532	-0,0304405	-0,0625042	0,00825105

Tabela 2 - Estatística I de Moran nas variáveis de estudo - Anos 2008 e 2010

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Os mapas LISA a seguir ajudam na visualização e identificação da formação de clusters de desmatamento. Ao observar o mapa 3, vê-se e conclui-se que, de fato, o desmatamento tem uma dinâmica espacial que acompanha o avanço da fronteira econômica e que a linha da pavimentação asfáltica conduz o caminho percorrido por essa fronteira.



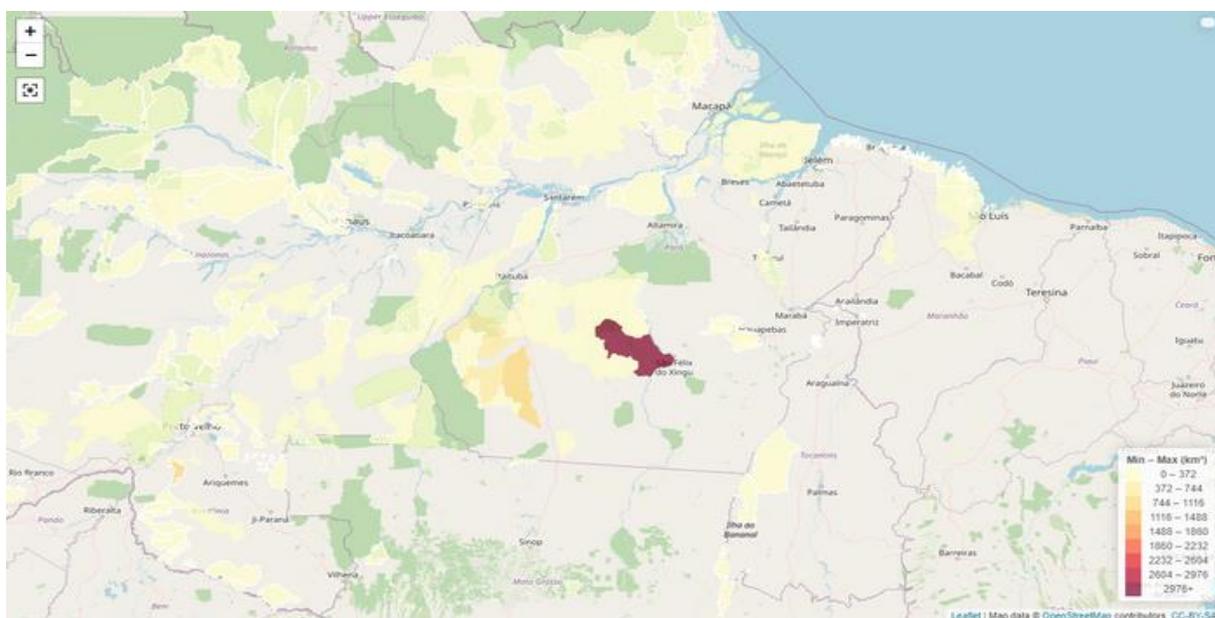
Mapa 3 - Evolução clusters de desmatamento

Fonte: Elaborado pela autora com base no software GEODA e nos dados resultados da pesquisa (2021)

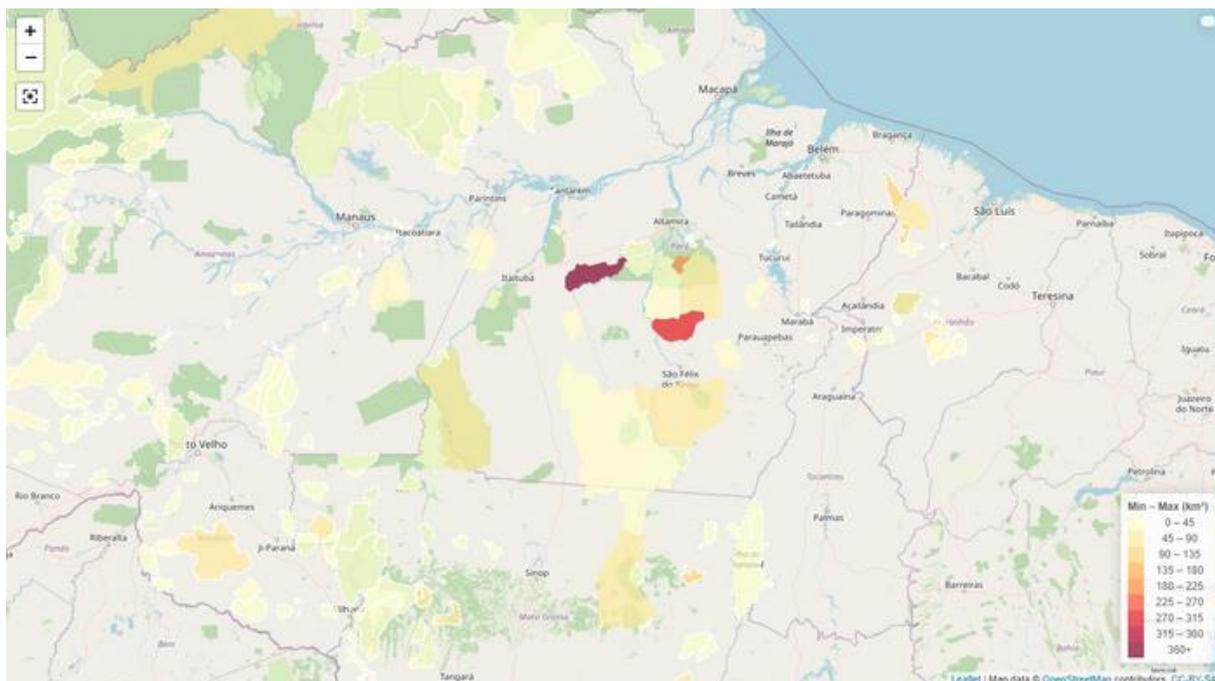
O mapa acima mostra clusters significativos relativos ao processo de desmatamento nos anos de 2008, 2010, 2015 e 2019, concomitantes ao início, evolução e conclusão da pavimentação da BR-163 Amazônica. O método LISA é apropriado para verificação do desmatamento recente, sobretudo, porque considera a dinâmica espacial do desmatamento, o que, por vezes, não é considerado na análise do Governo Federal, de acordo com Teixeira (2010), pois o governo trabalha com o conceito de estoque, considerando o desmatamento acumulado e não verificando a influência do município vizinho pontualmente em um período  $t$  e espacialmente. Dessa forma, vê-se nos cluster tipo High-High destacados na cor vermelha que o desmatamento possui uma dinâmica espacial, partindo, no ano de 2008, das microrregiões de Norte Araguaia, no Estado de Mato Grosso, e São Félix do Xingu e Conceição do Araguaia, no Pará, passando no ano de 2010 pelas microrregiões de São Félix do Xingu, Parauapebas e Altamira, todas no estado do Pará. No ano de 2015, esse cluster perpassa a microrregião de Santarém, fixando-se em 2019 nas microrregiões de Altamira e Santarém, na linha de asfaltamento da BR-163 em seu trecho Amazônico.

Outro ponto importante é que a formação e o caminho que os clusters percorrem param na linha de asfaltamento, de modo que a expectativa é que essa linha poderia ter caminhado um pouco mais ou poderá caminhar adiante, chegando à microrregião de Itaituba. Por outro lado, nota-se que, embora haja sinais de expansão agrícola, especialmente da soja, na linha de asfaltamento, como se verá adiante, pontualmente no ano de 2019, existe um limitador, uma barreira de contenção à expansão do desmatamento e de um avanço mais intenso e desordenado da fronteira, que são as populações indígenas e tradicionais. Isso pode ser observado tanto nos mapas que mostram que não há avanço de pontos de desmatamento nas terras indígenas quanto nas unidades de conservação que circundam a BR-163 Amazônica.

Somadas à imagem visual dos mapas, as tabelas 3 e 4 evidenciam que, entre os anos 2008 e 2019, não houve crescimento no desmatamento nas terras indígenas e nas unidades de conservação, sobretudo, nas reservas extrativistas. Ao contrário, se colocar-se atenção nos valores de mediano e máximo de desmatamento, percebe-se que, entre os anos 2008 e 2019, houve redução no desmatamento das terras indígenas e nas unidades de conservação que se encontram na região de análise.



Fonte: MAPBIOMAS (2021)



Mapa 5- Mapa de desmatamento - Terras indígenas - Ano 2019  
 Fonte: MAPBIOMAS (2021)

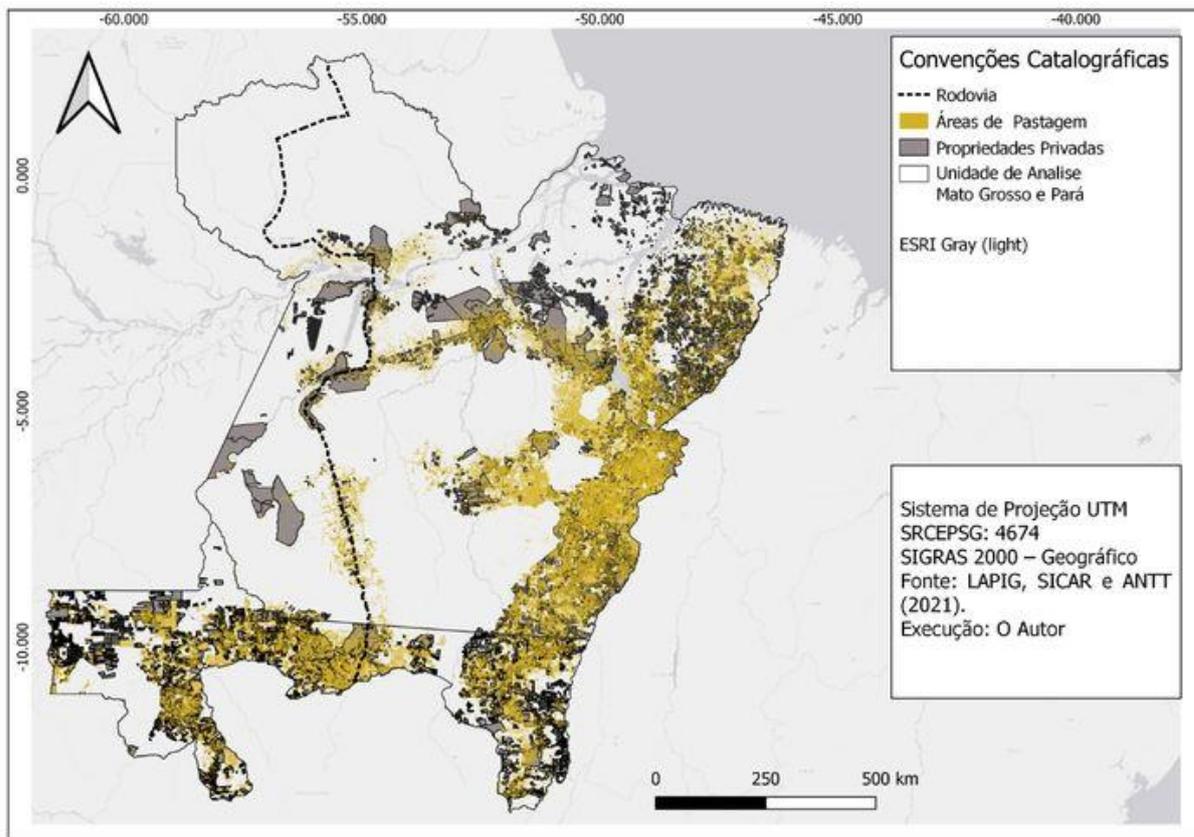
Não foi possível a inserção dos dados de desmatamento nas terras indígenas e unidades de conservação no modelo econométrico, porque faltavam muitos deles, prejudicando o número de observações e podendo enviesar os resultados a serem obtidos. Sabe-se que essa inserção seria satisfatória, tanto em termos de robustez do modelo, quanto de aparato explicativo de como as forças, os contrapesos são importantes do ponto vista institucional para que o processo de expansão tenha um limitador da ação humana, de maneira que os resultados socioeconômicos e ambientais sejam mais positivos que negativos.

Destarte, mesmo não havendo possibilidade de inclusão das variáveis de desmatamento nas terras indígenas e unidades de conservação no modelo espacial, apresentam-se aqui as informações contidas nas tabelas 3 e 4 e nos mapas 4 e 5 que, de qualquer forma, trazem à luz e confirmam o papel fundamental dessas populações na organização institucional para o desenvolvimento. Importa notar que estas, quando são ouvidas e fortalecidas, desempenham com eficiência o seu papel dentro do processo de governança, contribuindo para o fortalecimento das instituições.

Ocorre que existe uma pressão substancial sobre as terras indígenas vizinhas à BR-163 Amazônica com sua conclusão no ano 2019. Tal pressão é evidenciada na reivindicação dos povos indígenas, especialmente pelos Menkagroti, que estão do lado direito da BR, pelo não avanço do desmatamento para criação de área de

pastagem e posterior avanço do cultivo de soja. O temor desse avanço é maior, segundo os Menkagroti, com a possibilidade de estabelecimento da Ferrogrão pelo Governo Federal.

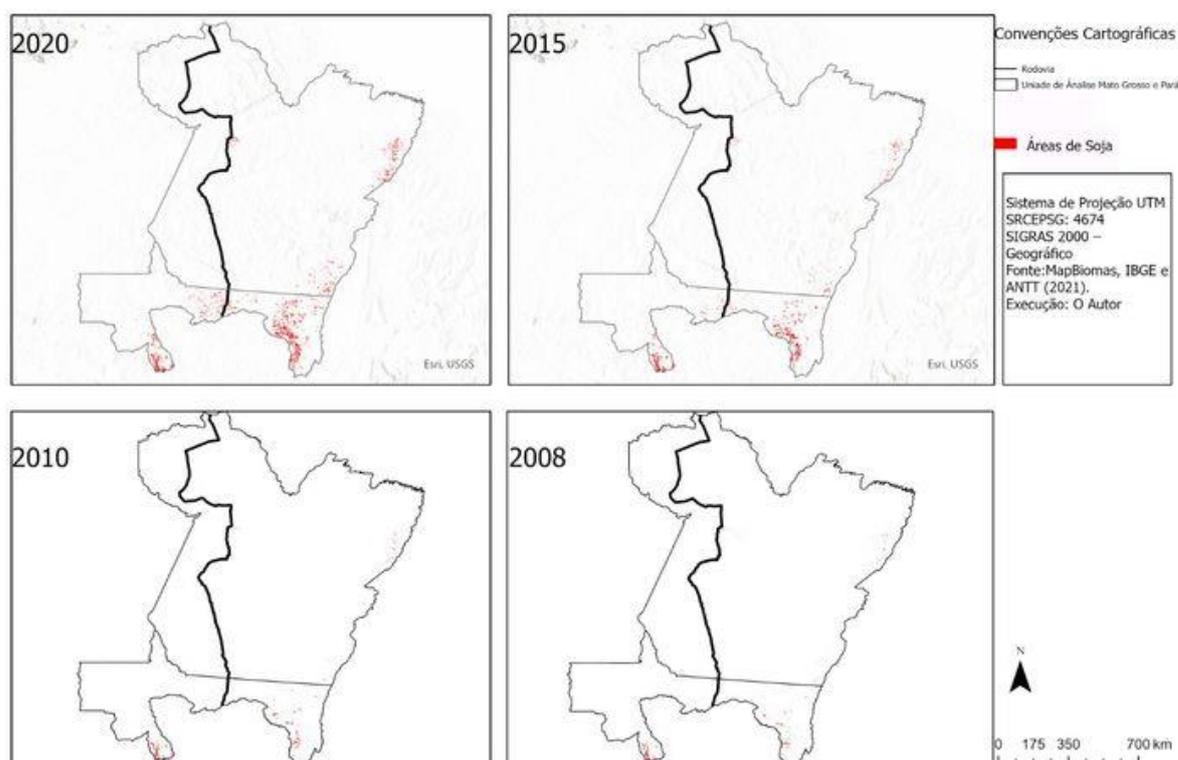
No mapa 6, verificam-se as áreas de pastagens na cor amarela e os limites institucionais. Na cor marrom, estão as terras indígenas e na cor verde, as unidades de conservação. Os pontos em vermelho são os frigoríficos presentes na região. Interessante notar que as regiões em que dominam as áreas de pastagens são aquelas com mais pontos vermelhos, que correspondem aos frigoríficos. Nota-se um frigorífico em Novo Progresso e em Santarém, na linha da BR-163 Amazônia e onde se concentram as áreas de pastagem. Outra observação é que, embora haja a pressão do deslocamento das áreas de pastagem, estas param nos limites das terras indígenas e das unidades de conservação, o que confirma a hipótese de que esses agentes institucionais têm uma força e um papel importantes na contenção do desmatamento e no processo de desenvolvimento. E auxilia na visualização de que existe uma conexão entre as áreas de pastagem e as áreas de terras privadas, de modo que as manchas cinza, que identificam as terras privadas, sobrepõem-se às manchas amarelas, que sinalizam as áreas de pastagem, demarcando, dessa forma, que o processo de expansão das áreas de pastagens e, assim, do desmatamento está relacionado com a ação dos agentes privados e não das populações indígenas e tradicionais.



Mapa 6- Área de pastagem e demarcação de terras privadas

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do LAPIG IESA-UFG (2021).

Nos mapas 7 abaixo, observa-se o caminho de expansão do cultivo de soja da divisa do estado de Mato Grosso ao Pará. Nos anos de 2008, 2010 e 2015, identificam-se poucos pontos de cultivo dessa cultura. No ano de 2019, os pontos na cor vermelha aumentam e é possível observá-los ao longo da linha BR-163.



Mapa 7- Evolução da cultura de soja

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do MAPBIOMAS

<b>Mediana</b>	<b>2008</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2019</b>
Unidades de conservação	0,58	0,52	1,21	1,30
Terras indígenas	3,14	2,20	1,21	1,19

Tabela 3- Dados de desmatamento nas terras indígenas e unidades de conservação- área km<sup>2</sup>

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do PRODES INPE (2021)

Como exceção, há unidades de conservação e populações indígenas que acompanham o avanço desordenado da fronteira, como observado nas tabelas 5 e 6. Dentro do espaço de análise, são a minoria e já possuem um processo histórico de desmatamento.

<b>Unidade de conservação</b>	<b>2008</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2019</b>
APA do Lago de Tucuruí	46,58	26,79	27,55	16,42
APA do Tapajós	16,47	8,13	34,32	65,54
APA Triunfo do Xingu	254,34	159,36	176,72	436,10
Floresta Nacional do Jamanxim	74,39	11,83	92,52	100,81

Reserva Extrativista Jaci-Paraná	13,72	38,91	92,46	94,12
----------------------------------	-------	-------	-------	-------

Tabela 4 - Dados evolutivos de desmatamento nas unidades de conservação - área km<sup>2</sup>

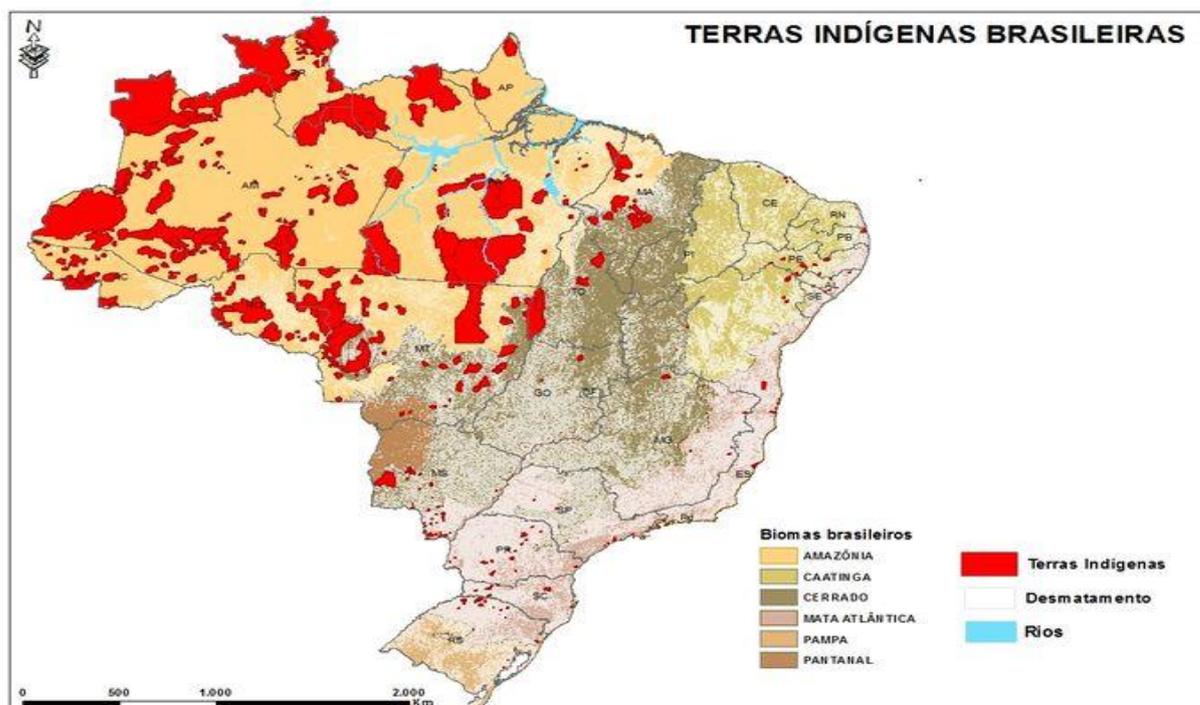
Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do PRODES INPE (2021)

Terra indígena	2008	2010	2015	2019
Apyterewa				
Cachoeira Seca				
Ituna				
Kayapi				
Munduruku				
Trincheira Bacaja				

Tabela 5 - Dados evolutivos de desmatamento nas terras indígenas - área km<sup>2</sup>

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do PRODES INPE (2021)

Os mapas abaixo corroboram a análise. Paralela à BR-163, no lado direito, está a área indígena dos Menkagroti; em seu lado esquerdo, os índios Kayapós e os pontos de desmatamento em branco no entorno da rodovia.

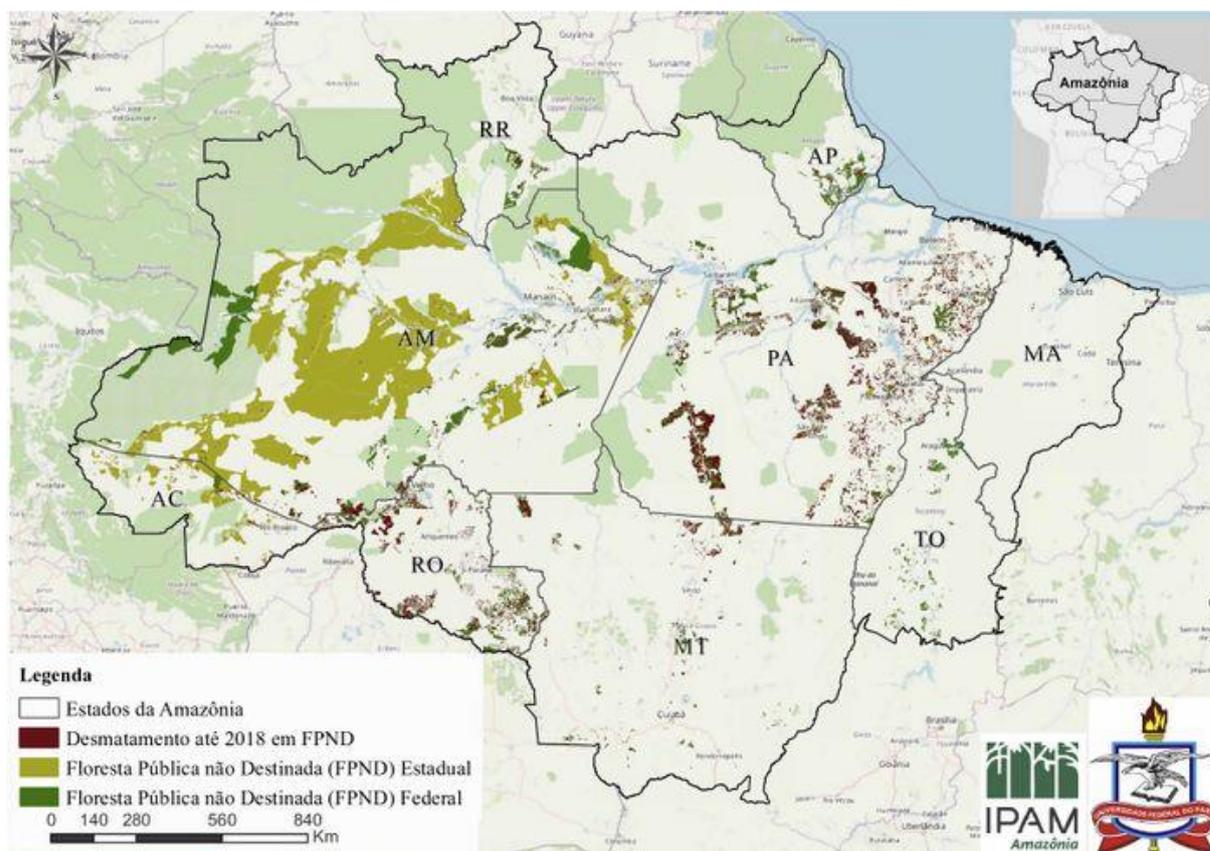


Mapa 8 - Mapa localização terras indígenas

Fonte: IPAM (2021)

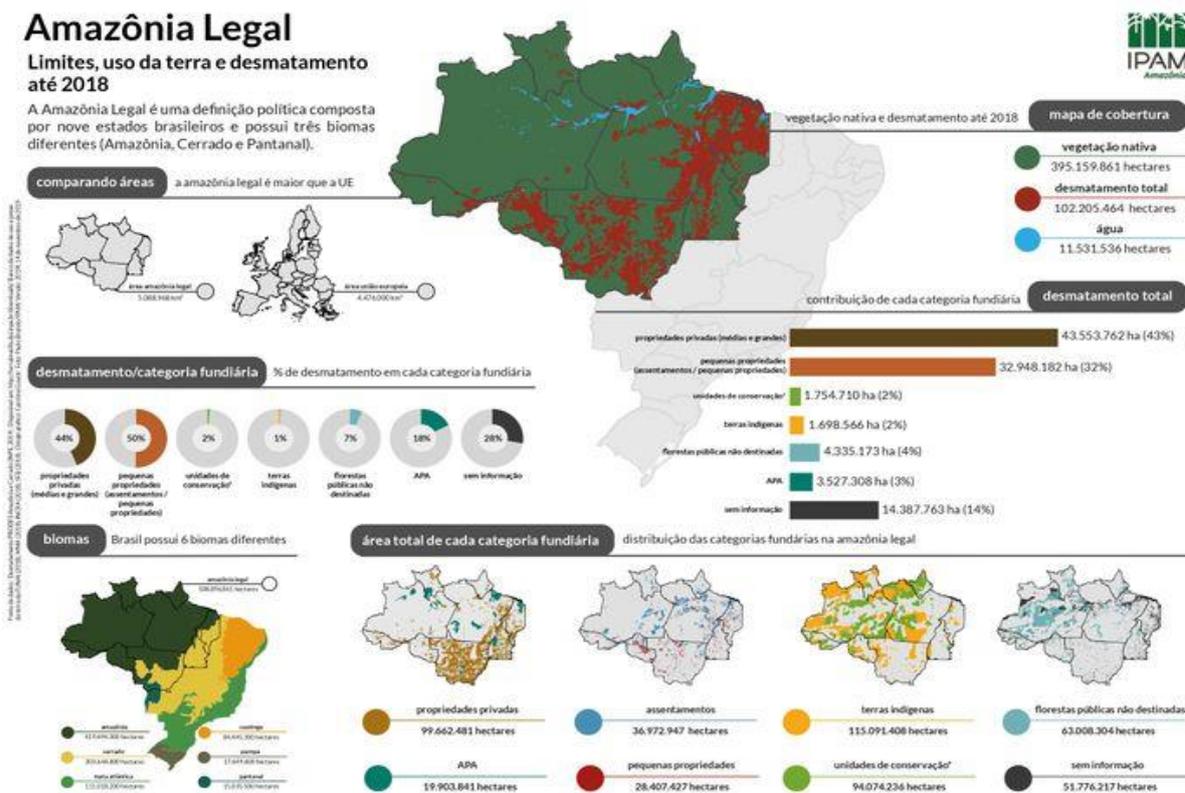
O mapa 9 ajuda na verificação de que, na região de estudo – Divisa do Estado de Mato Grosso ao Estado do Pará – quase não há demarcações de floresta pública

não destinadas, sejam estaduais, sejam federais, e de que o desmatamento está concentrado no entorno da BR-163 Amazônica, verificado no ano de 2018, em florestas públicas não destinadas. Uma das estratégias utilizadas recentemente é a demarcação de terras públicas no CAR como se fossem privadas.



Mapa 9- Mapa florestas públicas não destinadas - Ano 2018  
Fonte: IPAM (2021)

Além disso, o mapa 9 mostra, na mesma linha de observação das tabelas 3 e 4, que a porcentagem de desmatamento que cabe às terras indígenas e unidades de conservação é relativamente pequeno, correspondendo a 2% e 3%, respectivamente. Segundo o IPAM, as grandes propriedades são responsáveis por cerca de 43% do desmatamento, seguidas pelas pequenas propriedades, que respondem por 22% do desmatamento. Outros 4% cabem às florestas públicas não destinadas, e em 14% não há informação de como o desmatamento está distribuído.



Mapa 10 - Mapa distribuição do desmatamento na Amazônia Legal - ano 2018  
Fonte: IPAM (2021)

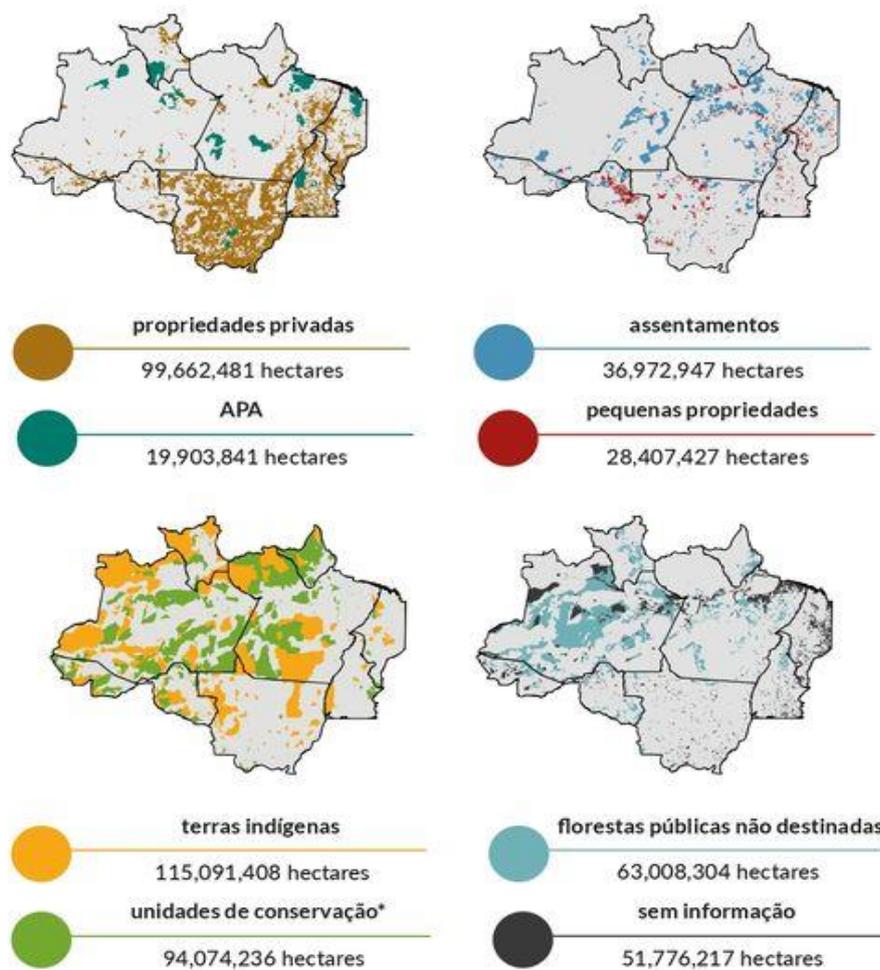
No mapa 10, pode-se depreender a dimensão de cada categoria fundiária e como está distribuído o desmatamento em cada uma delas. De acordo com o IPAM, cerca de 44% da área das médias e grandes propriedades estão desmatadas. E, nas pequenas propriedades, a proporção é 50% de desmatamento. Todavia, embora relativamente a porcentagem de desmatamento das pequenas propriedades seja maior, em termos absolutos a dimensão é diferentes. Considerando que a área total das propriedades privadas é de 99.662.481 hectares, 44% dessa área correspondem a 43.851.492 hectares de área desmatada. Já as pequenas propriedades somam 28.407.427 hectares de área total e 50% dessa área correspondem a 14.203.714 hectares de área desmatada. Sendo assim, a área total desmatada pelas médias e grandes propriedades é, em média, três vezes maior que a área total desmatada pelas pequenas propriedades.

Ainda no mapa 10, as informações de área desmatada em terras indígenas e unidades de conservação caminham na mesma linha das informações contidas nas tabelas 3 e 4, correspondendo a 1% e 2% de área desmatada. As Áreas de Proteção Ambiental chegam a 18% de desmatamento, comportamento este capturado na tabela 5, em que, das cinco áreas que destoam das unidades de conservação no controle de

desmatamento, três delas são Área de proteção Ambiental. Contudo, na região de análise, os pontos em marrom e em azul demonstram, no mapa 15, que o desmatamento no entorno da rodovia é marcado pelas médias e grandes propriedades, pelos assentamentos e pelas florestas públicas não destinadas.

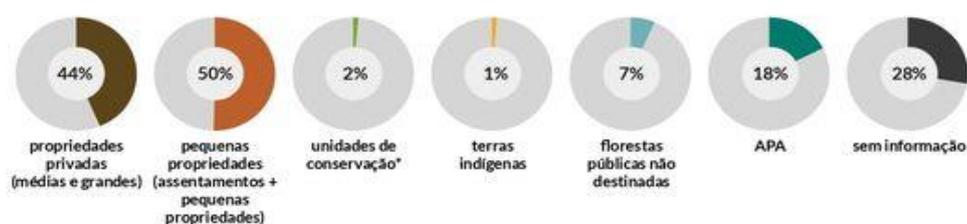
#### área total de cada categoria fundiária

#### distribuição das categorias fundiárias na amazônia legal

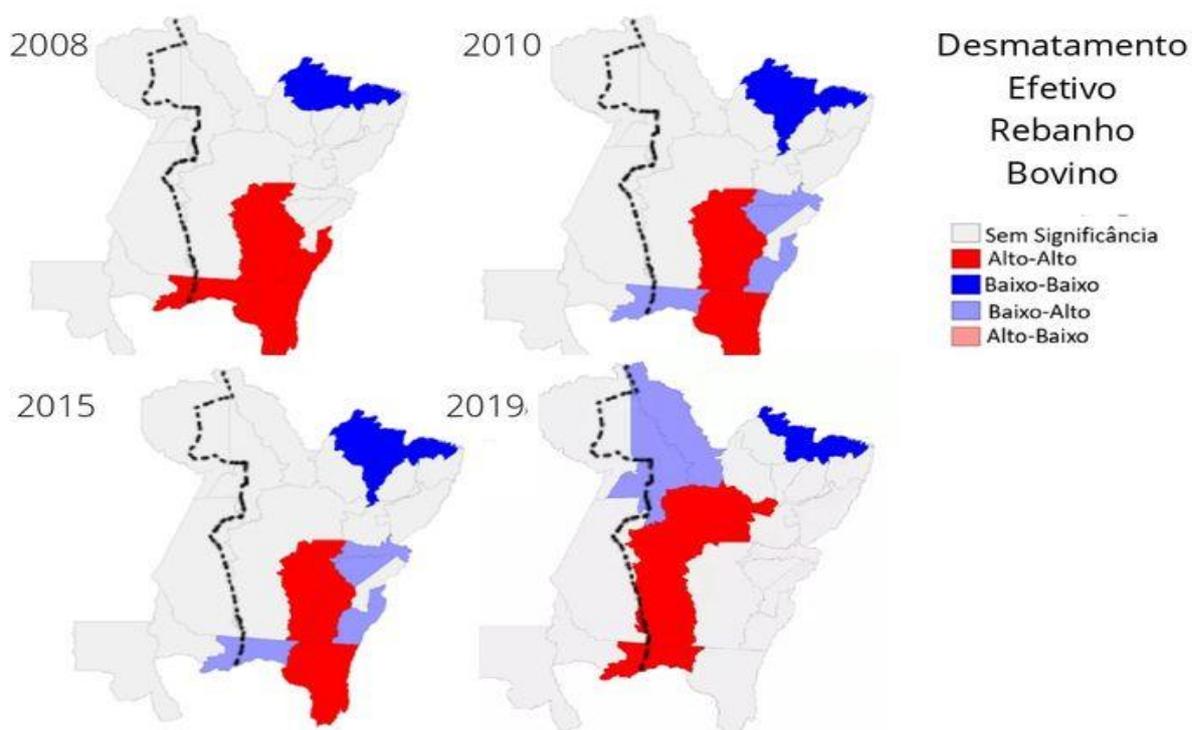


#### desmatamento/ categoria fundiária

#### % de desmatamento em cada categoria fundiária



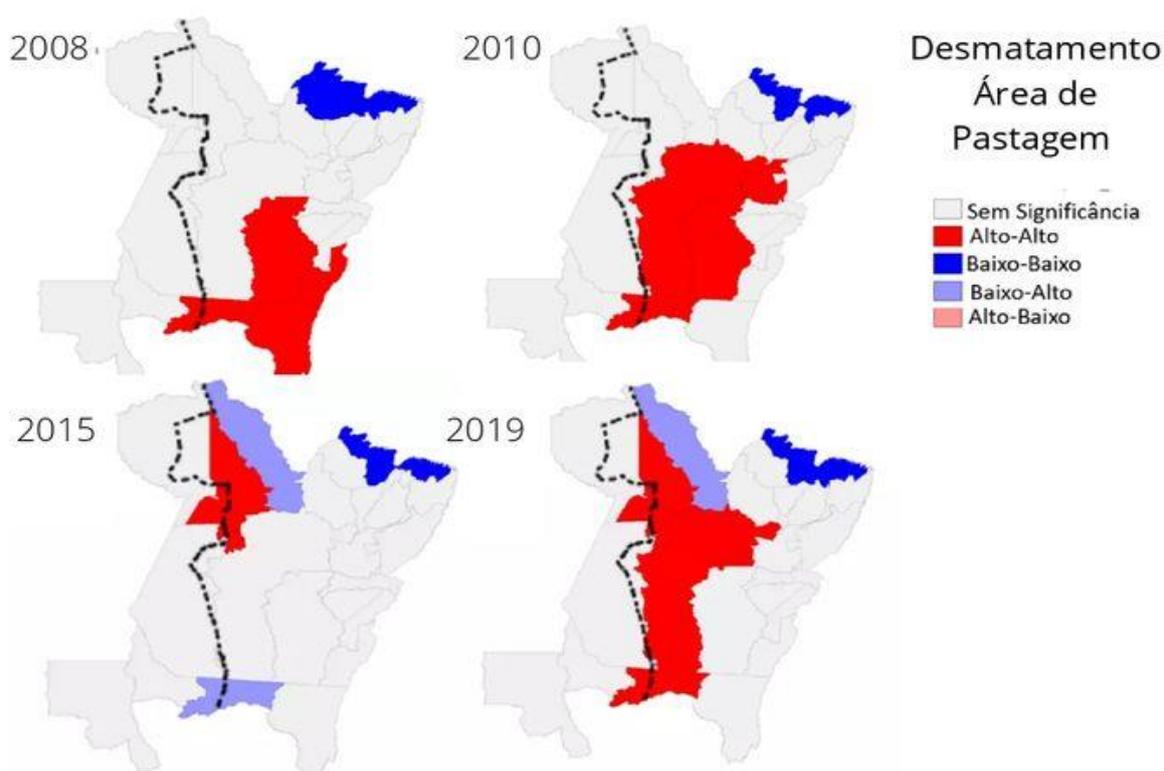
O mapa 12 apresenta visualmente a análise da autocorrelação espacial entre a variável dependente desmatamento e a variável independente efetivo rebanho bovino. Do mesmo modo que na análise da dependência espacial do desmatamento ao longo do período de estudo, a autocorrelação espacial entre o desmatamento e o efetivo rebanho apresenta uma dinâmica de deslocamento e de avanço para áreas novas e fronteira acima, seguindo a linha da pavimentação da BR-163 Amazônica. No ano de 2008, observa-se o cluster formado do tipo high high nas microrregiões de Norte Araguaia e Colíder, no Estado de Mato Grosso, e nas microrregiões de São Félix do Xingu e Conceição do Araguaia, no Estado do Pará. No ano de 2010, o cluster permanece nas microrregiões de São Félix do Xingu e Colíder. No ano de 2015, o cluster se estabelece em Colíder e, no ano de 2019, o cluster se desloca para as microrregiões de Colíder e Altamira, conjuntamente com a conclusão da BR-163 Amazônica.



Mapa 12 - Evolução clusters Bivariado - Desmatamento e Efetivo Rebanho Bovino  
Fonte: Elaborado pela autora com base no software GEODA e nos dados resultados da pesquisa (2021)

O mapa 13 mostra o caminho percorrido pelos clusters identificados na autocorrelação espacial entre a variável dependente de desmatamento e a área de

pastagem, caminho este muito semelhante ao de autocorrelação espacial entre o desmatamento e o efetivo rebanho bovino. A diferença é que esta formação de clusters no ano de 2010 se estende à microrregião de Parauapebas; no ano de 2015, o cluster se desloca para a microrregião de Santarém e no ano de 2019, desloca-se, além das microrregiões de Colíder e de Altamira, para a microrregião de Santarém, alertando para o que a literatura identifica como o despertar do desmatamento para novas áreas, para formação de pastagem para o gado, inicialmente e posteriormente para cultivo agrícola, principalmente o da soja. Nota-se, inclusive, no mapa de cultivo de soja, a intensificação dos pontos de cultivo no ano de 2019.

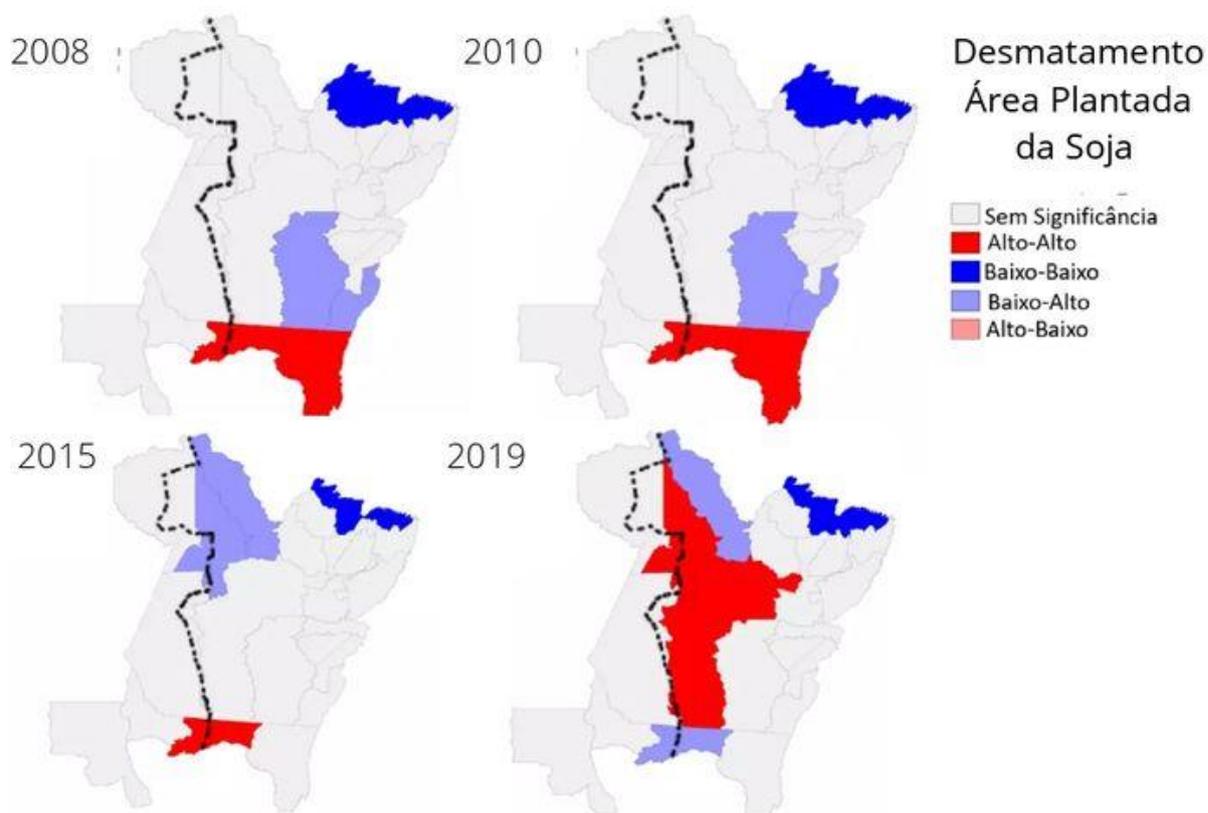


Mapa 13- Evolução clusters Bivariado - Desmatamento e Área de pastagem

Fonte: Elaborado pela autora com base no software GEODA e nos dados resultados da pesquisa (2021)

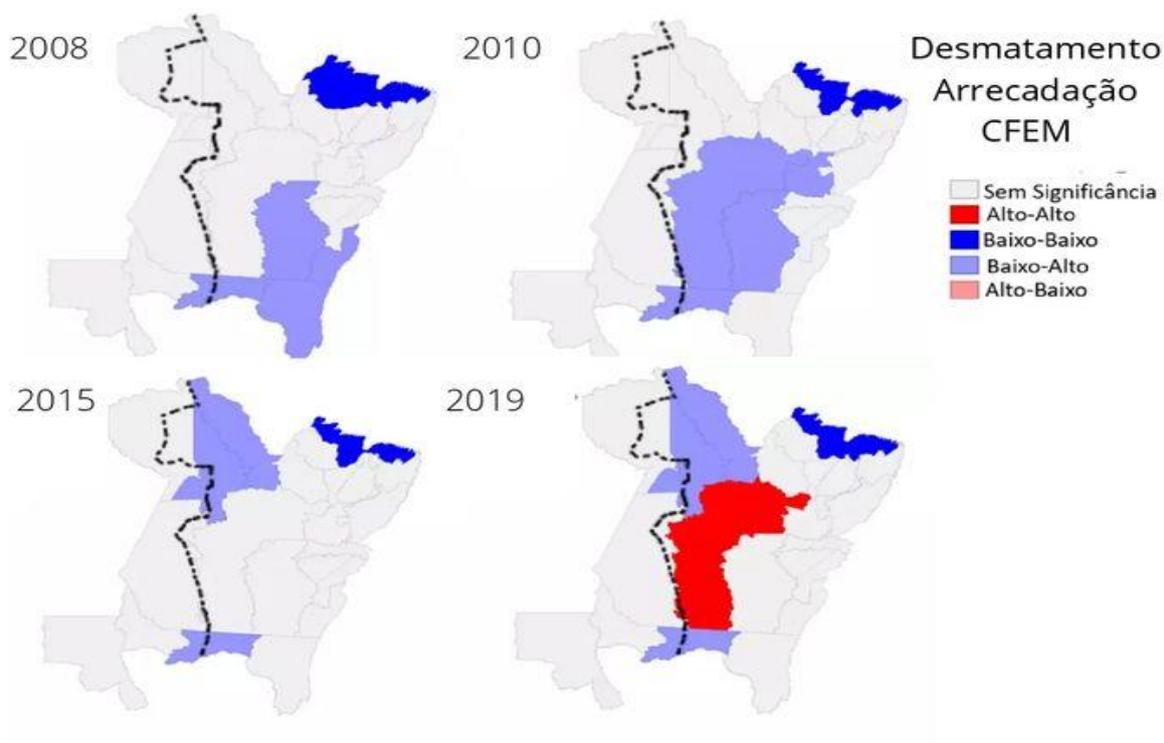
Os clusters resultantes da análise de autocorrelação espacial entre a variável dependente desmatamento e área plantada de soja mostram um crescimento espacial dessa autocorrelação no ano de 2019. Nelas pode-se observar que os clusters, localizados no ano de 2008 na microrregião de Colíder e Norte Araguaia, nos anos de 2010 e 2015 na microrregião de Colíder, estendem-se para, além de Colíder, as

microrregiões de Altamira e Santarém, gemelar com o cluster high high formado no ano de 2019 na autocorrelação espacial entre desmatamento e área de pastagem.



Mapa 14 - Evolução Cluster Bivariado - Desmatamento e Área plantada de soja  
Fonte: Elaborado pela autora com base no software GEODA e nos dados resultados da pesquisa (2021)

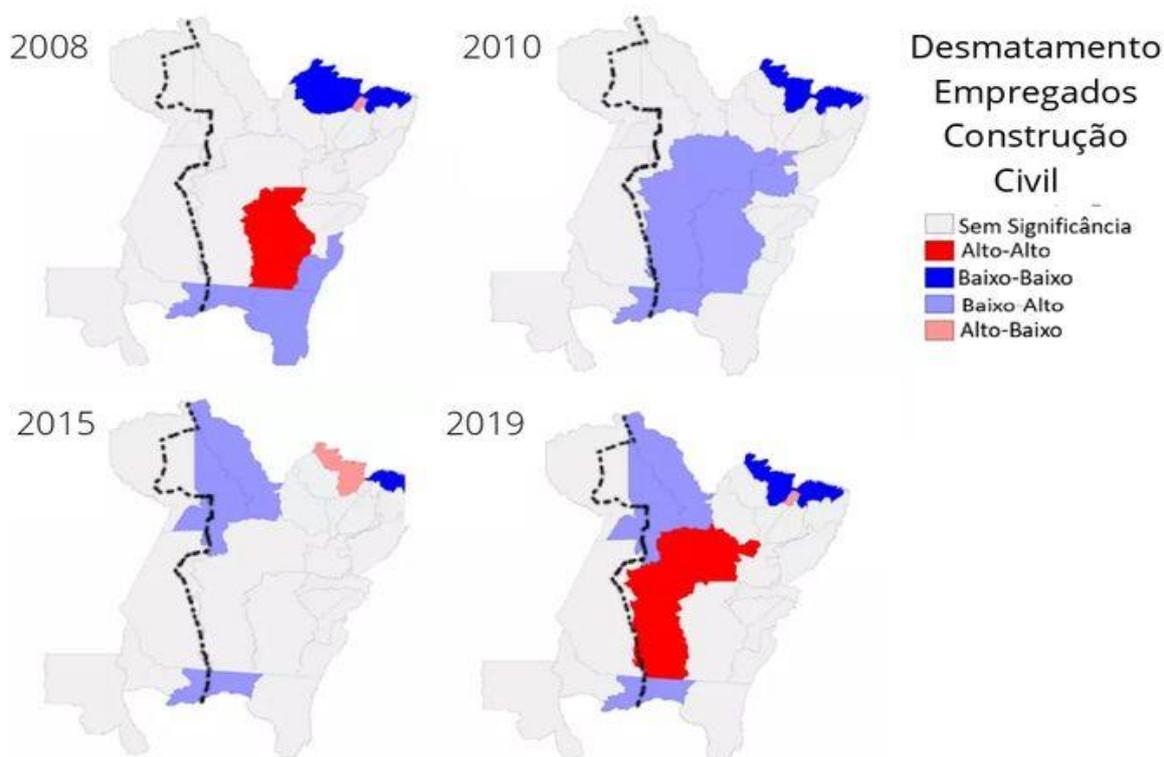
Atenção recente tem sido evocada ao retorno da exploração do extrativismo mineral no Pará, esta propulsionada também pela conclusão da BR-163 Amazônica. Por isso, a variável arrecadação de CFEM minério foi incluída na análise. A análise de autocorrelação espacial entre o desmatamento e a variável arrecadação de CFEM minério demonstra o surgimento de um cluster tipo high high no ano de 2019 na microrregião de Altamira, paralela à BR-163 Amazônica.



Mapa 15 - Evolução cluster Bivariado - Desmatamento e Arrecadação CFEM

Fonte: Elaborado pela autora com base no software GEODA e nos dados resultados da pesquisa (2021).

Outra autocorrelação importante diagnosticada foi entre a variável dependente desmatamento e a variável independente número de empregados no setor de construção civil. No ano de 2008, identifica-se a formação de um cluster na microrregião de São Félix do Xingu. Nos demais anos de análise, não se registra formação de cluster tipo high high. Contudo, no ano de 2019, forma-se um cluster na microrregião de Altamira.



Mapa 16 - Evolução cluster Bivariado - Desmatamento e empregados do setor de construção civil

Fonte: Elaborado pela autora com base no software GEODA e nos dados resultados da pesquisa (2021)

Em relação às outras variáveis testadas, não se encontraram autocorrelações espaciais importantes; portanto, não foram inseridos seus mapas LISA no trabalho. No entanto, elas permaneceram no modelo para fins de diagnósticos.

Vê-se na tabela 7 que o modelo não apresenta heterocedasticidade, considerando o nível de significância de 5%, no Breusch Pagan test. Também se confirma a dependência espacial, com o resultado do Likelihood ratio test, com 5% de nível de significância. Os AIC foram os menores obtidos na estimativa do modelo anos de análise. O  $R^2$ , embora seja considerado um pseudo  $R^2$  nos modelos espaciais, responde por mais de 90% do modelo em todos os anos de estudo.

Ano	$R^2$	Loglikelihood	Akaike info criterion	Breusch Pagan Test	Likelihood ratio test
2008	0.924769	-155.553	345.107	0.66936	0.00501
2010	0.932372	-135,83	309.66	0.40367	0.01982
2015	0.963637	-128.841	301.682	0.30838	0.03393
2019	0.986398	-136.014	320.028	0.18067	0.00000

Tabela 6 - Diagnóstico do modelo de regressão espacial SAR

Fonte Elaborado pela autora com base no software GEODA e nos dados da pesquisa (2021)

Variável	Coefficiente	erro padrão	z-value	probabilidade
Matriz de peso <i>queen contiguity</i>	-0.569954	0.16704	-3.41208	0.00064
Constante	571.312	141.379	4.04101	0.00005
Área de pastagem	0.000356159	6.62209e-005	5.37835	0.00000
Número de matriculados ensino regular	-0.00840523	0.00165324	-5.08409	0.00000
Número mortalidade geral por ocorrência	0.528009	0.133889	3.94363	0.00008
Número de mortes por desnutrição	26.5687	6.91769	3.84069	0.00012
Número de empregados agropecuária, caça e extrativismo vegetal	-0.0709147	0.0173984	-4.07594	0.00005
Número de empregados setor de serviços	-0.145665	0.0432209	-3.37025	0.00075
Número de empregados setor de comércio	-0.057272	0.0280789	-2.03968	0.04138
Número de empregados construção civil	0.220828	0.078422	2.81589	0.00486
Número de empregados extrativismo mineral	-0.757361	0.307868	-2.46002	0.01389
Área plantada de soja	0.169373	0.0360401	4.66957	0.00000
Quantidade produzida de soja	-0.054226	0.0115209	-4.70676	0.00000
Extração de madeira	0.000202691	7.9903e-005	2.53671	0.001119
Cobertura florestal remanescente	-4.49399e-013	1.14012e-013	-3.9417	0.00008
Densidade demográfica	-2.49436e-013	1.2672e-13	-1.96841	0.04902
PIB <i>per capita</i> <sup>2</sup>	2.15138e-013	1.03564e-013	2.07735	0.03777

Tabela 7 - Resultados Estatística modelo de regressão SAR - Ano 2008

Fonte: Elaborado pela autora com base no software GEODA e nos dados resultados da pesquisa (2021)

A tabela 8 apresenta os resultados da estimativa do modelo SAR para o ano de 2008. Neste ano em que se inicia a pavimentação da BR-163 Amazônica, encontrou-se correlação espacial positiva entre a variável dependente incremento anual do desmatamento e as variáveis independentes área de pastagem, área plantada de soja, extração de madeira, mortalidade geral por ocorrência, morte por desnutrição, empregados do setor de construção civil e PIB *per capita*. Desse modo,

infere-se uma relação direta entre o crescimento da área de pastagem nesse ano e o desmatamento, bem como entre a área de plantação de soja, extração de madeira e o desmatamento, embora essas correlações não sejam tão expressivas nesse ano. Do ponto de vista socioeconômico, pode-se dizer que há uma relação também direta entre o aumento do número de mortes por motivo geral e por desnutrição, o aumento do número de empregados do setor de construção civil e o crescimento do PIB *per capita*, com a intensificação do desmatamento em 2008.

De modo contrário, encontrou-se na estimativa espacial uma correlação espacial negativa entre a variável desmatamento e as variáveis independentes quantidade produzida de soja, número de matriculados no ensino regular, número de empregados no setor de agropecuária, caça e extrativismo vegetal, empregados do setor de serviços, empregados do setor comércio, cobertura florestal remanescente.

Do ponto de vista ambiental, os resultados de correlação negativa mostram que há uma diminuição da cobertura florestal remanescente explicando o aumento do desmatamento. A correlação negativa em relação à quantidade produzida de soja sinaliza que o processo de avanço da cultura ainda iria acontecer com a construção da rodovia, bem como a sinalização positiva da área plantada de soja. Na esfera socioeconômica, o crescimento do desmatamento é explicado pela redução do número de empregados no comércio, no setor de serviços, no setor de agropecuária, caça e extrativismo vegetal. Há também uma redução no número de matriculados no ensino regular e a densidade demográfica se relaciona negativamente com o crescimento do desmatamento.

Variável	Coefficiente	Erro padrão	z value	probabilidade
Matriz de peso <i>queen contiguity</i>	0.389401	0.136206	2.85892	0.00425
Constante	-101.929	27.8421	-3.66096	0.00025
CFEM	-7.6985e-010	1.44591e-010	-5.32431	0.00000
Área de pastagem	-0.000984836	0.000117037	-8.41474	0.00000
Número de mortes por desnutrição	41.897	5.31483	7.88303	0.00000
Número de empregados comércio	-0.19254	0.0239997	-8.02258	0.00000

Número de empregados indústria de transformação	0.138125	0.0237652	5.81208	0.00000
Número de empregados setor de construção civil	0.306202	0.0621551	4.92641	0.00000
Efetivo rebanho bovino	0.000802605	8.38932e-005	9.56699	0.00000
Área plantada lavoura total	0.00464694	0.000601645	7.72373	0.00000
Área plantada de soja	-0.353	0.0523944	-6.73736	0.00000
Quantidade produzida de soja	0.123146	0.0185232	6.64824	0.00000
Cobertura florestal preexistente	4.48419e-010	6.65499e-011	6.73809	0.00000
Densidade demográfica	-9.21813e-010	1.36706e-010	-6.74302	0.00000
PIB <i>per capita</i>	4.17094e-005	6.23282e-006	6.6919	0.00000
PIB <i>per capita</i> <sup>2</sup>	0.487976	0.0723533	6.74434	0.00000
Número de empregados no setor de serviços	-0.0753316	0.0232202	-3.24422	0.00118

Tabela 8- Resultados Estatística modelo de regressão SAR - Ano 2010

Fonte: Elaborado pela autora com base no software GEODA e nos dados resultados da pesquisa (2021).

Os resultados para o ano de 2010 apresentam um cenário de correlação positiva quanto ao incremento de desmatamento para as variáveis efetivo rebanho bovino, quantidade produzida de soja, área plantada lavoura total. Também há correlação positiva com a cobertura florestal preexistente. Do ponto de vista socioeconômico, encontra-se correlação positiva com as variáveis número de empregados do setor de construção civil, do setor da indústria de transformação. Contudo, há correlação positiva entre o desmatamento e o número de mortes por desnutrição. Aparece também correlação positiva entre o desmatamento e o PIB *per capita* e entre o desmatamento e o PIB *per capita*<sup>2</sup>, sinalizando uma tendência ainda de crescimento do desmatamento. Do lado da correlação negativa, os resultados da tabela 9 mostram uma relação negativa entre o desmatamento e a área de pastagem e área plantada de soja. A correlação negativa também é percebida para as variáveis densidade demográfica e número de empregados no setor de serviços.

A tabela 8 apresenta os resultados da estimativa do modelo SAR para o ano de 2008. Neste ano em que se inicia a pavimentação da BR-163 Amazônica, encontrou-se correlação espacial positiva entre a variável dependente incremento anual do desmatamento e as variáveis independentes área de pastagem, área

plantada de soja, extração de madeira, mortalidade geral por ocorrência, morte por desnutrição, empregados do setor de construção civil e PIB *per capita*. Desse modo, infere-se uma relação direta entre o crescimento da área de pastagem nesse ano e o desmatamento, bem como entre a área de plantação de soja, extração de madeira e o desmatamento, embora estas correlações não sejam tão expressivas nesse ano. Do ponto de vista socioeconômico, pode-se dizer que há uma relação também direta entre o aumento do número de mortes por motivo geral e por desnutrição, o aumento do número de empregados do setor de construção civil e o crescimento do PIB *per capita*, com a intensificação do desmatamento em 2008.

De modo contrário, encontrou-se na estimativa espacial uma correlação espacial negativa entre a variável desmatamento e as variáveis independentes quantidade produzida de soja, número de matriculados no ensino regular, número de empregados no setor de agropecuária, caça e extrativismo vegetal, empregados do setor de serviços, empregados do setor comércio, cobertura florestal remanescente. Do ponto de vista ambiental, os resultados de correlação negativa mostram que há uma diminuição da cobertura florestal remanescente explicando o aumento do desmatamento. A correlação negativa em relação à quantidade produzida de soja sinaliza que o processo de avanço da cultura ainda iria acontecer com a construção da rodovia, bem como a sinalização positiva da área de plantada de soja. Na esfera socioeconômica, o crescimento do desmatamento é explicado pela redução do número de empregados no comércio, no setor de serviços, no setor de agropecuária, caça e extrativismo vegetal. Há também uma redução no número de matriculados no ensino regular, e a densidade demográfica se relaciona negativamente com o crescimento do desmatamento.

Variável	coeficiente	erro padrão	z value	probabilidade
Matriz de peso <i>queen contiguity</i>	0.389401	0.136206	2.85892	0.00425
Constante	-101.929	27.8421	-3.66096	0.00025
Área de pastagem	-0.000984836	0.000117037	-8.41474	0.00000
arrecadação CFME	-7.6985e-010	1.44591e-010	-5.32431	0.00000
Número de mortes por desnutrição	41.897	5.31483	7.88303	0.00000

Número de empregados indústria	0.138125	0.0237652	5.81208	0.00000
Número de empregados construção civil	0.306202	0.0621551	4.92641	0.00000
Efetivo rebanho bovino	0.000802605	8.38932e-005	9.56699	0.00000
Área plantada lavoura total	0.00464694	0.000601645	7.72373	0.00000
			2.81589	
Área plantada de soja	-0.353	0.0523944	-	0.00000
			6.73736	
Quantidade produzida de soja	0.123146	0.0185232	6.64824	0.00000
Cobertura florestal remanescente	4.48419e-010	6.65499e-011	6.73809	0.00000
Extração de madeira	0.000202691	7.9903e-005	2.53671	0.001119
Número de empregados setor de serviços	-0.0753316	0.0232202	-3.24422	0.00118
PIB <i>per capita</i>	4.17094e-005	6.23282e-006	6.6919	0.00000
PIB <i>per capita</i> <sup>2</sup>	0.487976	0.0723533	6.74434	0.00000

Tabela 9 - Resultados Estatística modelo de regressão SAR - Ano 2015

Fonte: Elaborado pela autora com base no software GEODA e nos dados resultados da pesquisa (2021).

Em 2015, as correlações são um pouco diferentes das do ano de 2008, mas dentro das expectativas de movimentação com o avanço da fronteira que, em 2015, já se encontra no Estado do Pará, com o andamento da pavimentação da BR-163 Amazônica. Na tabela 9, denota-se correlação espacial positiva com o desmatamento entre as variáveis independentes área plantada lavoura total, quantidade produzida de soja, efetivo rebanho bovino (que não encontrou significância no ano de 2008), extração de madeira, depreendendo-se um movimento maior que em 2008 em relação ao desenvolvimento das atividades agropecuárias e ao crescimento do desmatamento. No que toca ao aspecto socioeconômico, continua a relação entre o aumento do número de mortes por desnutrição, mas também se vê a manutenção da variável número de empregados da construção civil e o PIB *per capita* em relação ao desmatamento e aparece o aumento do número de empregados na indústria de transformação, se relacionado com a variável incremento de desmatamento. Encontrou-se a variável PIB *per capita*<sup>2</sup> com sinal positivo em relação ao desmatamento, demonstrado uma tendência ainda de crescimento do

desmatamento<sup>5</sup>. E, do ponto de vista ambiental, ao contrário de 2008, a cobertura florestal remanescente apresenta sinal positivo, indicando um movimento de recuperação florestal diante do crescimento do desmatamento de anos anteriores.

Na tabela 9, infere-se a correlação negativa entre a variável incremento do desmatamento e as variáveis independentes área plantada de soja, área de pastagem, número de empregados no setor de serviços, e aparece aqui a variável arrecadação CFME minério.

Matriz de peso <i>queen contiguity</i>	-0.658129	0.103265	- 6.37321	0.00000
Constante	634.278	137.837	4.60166	0.00000
Área de pastagem	0.000399763	5.26889e- 005	7.58723	0.00000
arrecadação CFME	1.07302e-011	5.80226e- 013	18.4931	0.00000
Número de matriculados ensino regular	0.00441672	0.00105988	4.1672	0.00003
Número de mortes por desnutrição	-76.9641	6.18565	- 12.4424	0.00000
Número de empregados setor de serviços	0.535234	0.0420935	12.7153	0.00000
Número de empregados setor de comércio	0.49624	0.0515484	- 9.62669	0.00000
Número de empregados setor indústria	-0.136625	0.0473098	-2.88787	0.00388
Número de empregados construção civil	-0.597035	0.0518897	- 11.5058	0.00000
Número de empregados extrativismo mineral	1.52978	0.152359	10.0406	0.00000
Efetivo rebanho bovino	-0.000269893	4.96562e- 005	- 5.43523	0.00000
Área plantada lavoura total	-0.0116026	0.00105688	-10.9782	0.00000
Área plantada soja	0.00115956	0.000117504	9.86822	0.00000
Quantidade produzida de soja	0.00346868	0.000353608	9.80938	0.00000
Extração de madeira	0.0014108	0.000186441	7.56702	0.00000
Densidade demográfica	4.25715e-012	8.28091e- 014	5.14091	0.00000
PIB <i>per capita</i>	-8.77178e- 006	1.39296e- 006	- 6.29723	0.00000

<sup>5</sup>Ver literatura Curva Ambiental de Kuznets

PIB <i>per capita</i> <sup>2</sup>	1.58081e-014	2.05215e-015	7.70317	0.00000
------------------------------------	--------------	--------------	---------	---------

Tabela 10 - Resultados Estatística modelo de regressão SAR - Ano 2019

Fonte: Elaborado pela autora com base no software GEODA e nos dados resultados da pesquisa (2021)

Em 2019, os resultados apresentam correlação positiva para a maioria das variáveis independentes. A correlação positiva com o crescimento do desmatamento aparece para as variáveis área de pastagem, área plantada de soja, quantidade produzida de soja, extração de madeira, consolidando o avanço da fronteira e dessas atividades agropecuárias até a altura de Santarém. No que tange às variáveis socioeconômicas, aparece correlação positiva entre as variáveis número de matriculados no ensino regular, número de empregados no comércio, no setor de extrativismo mineral, em relação à densidade demográfica. A correlação também aparece positiva para a variável PIB *per capita*<sup>2</sup>, sinalizando que poderá ainda haver uma expansão do desmatamento nos próximos anos. E a valor de arrecadação CFEM apresenta correlação positiva nesse ano, com a expansão do desmatamento na Amazônia legal.

Quanto à correlação negativa ao incremento do desmatamento em 2019, a relação inversa se apresenta para as variáveis efetivo rebanho bovino, área plantada lavoura total e PIB *per capita*, o que indica uma expansão das áreas plantadas de soja em detrimento do crescimento efetivo do rebanho bovino e da área plantada para lavoura total, e aquela começa a ganhar proporção na explicação do desmatamento recente. Contudo, o PIB *per capita* apresenta relação negativa com o desmatamento.

## CONCLUSÃO

O presente estudo corrobora o relatado pela literatura quanto à correlação entre desmatamento e acessibilidade por rodovias: a infraestrutura da BR-163 na Amazônia estimulou a retomada recente do desmatamento na Amazônia, viabilizando a expansão agrícola e da pecuária. A novidade é a expansão da cultura de soja na Amazônia, observada principalmente no ano de 2019, e que se pensava estar mais distante da explicação de correlação com o desmatamento na Amazônia.

No que toca à atividade madeireira e ao processo de ocupação medido pela densidade demográfica, esta foi muito mais intensa no processo anterior a 2008. Os resultados dos anos 2008 e 2010 mostram uma sinalização mais forte dessas variáveis em relação a 2015 e 2019, embora no ano de 2019 haja uma ligeira expressividade da variável extração de madeira, o que pode indicar novos e contínuos processos de desmatamento.

Ainda sobre o processo de ocupação, a densidade demográfica apenas apresenta autocorrelação positiva no ano de 2010; nos demais anos, 2008, 2015 e 2019, a correlação é negativa e decrescente, demonstrando que o processo de expansão das atividades agropecuárias acompanha o processo de desmatamento, mas o de ocupação pela população não. Continuando sob o ponto de vista socioeconômico, as variáveis número de empregados nos setores da Economia utilizadas no trabalho demonstraram pouca expressividade na sua evolução em cada ano, sinalizando que falta um impulsionamento para o desenvolvimento da economia em geral, apesar da expansão da agropecuária.

Observou-se no setor de empregados da agropecuária, caça e extrativismo vegetal uma autocorrelação espacial maior no ano de 2008 e não mais nos outros anos de análise, podendo ser explicado pelo processo de não utilização de capital humano no processo de produção e de substituição por equipamentos e máquinas, na busca de melhores produtividades, além do fato de ser considerado somente o trabalho formal nos dados. Já no setor de número de empregados do setor de extrativismo mineral, a autocorrelação mais expressiva encontrada no ano de 2019 pode ter como explicação a própria retomada e intensificação da atividade de extração mineral no Pará, esta, por sua vez, favorecida pela conclusão da pavimentação da BR-163 Amazônica. Esse renascimento da atividade de extrativismo mineral pode ser observado na variável arrecadação de *royalties* de minério (CFME) apresentando

cluster high high em relação ao desmatamento no ano de 2019, bem como a correlação positiva no modelo.

As variáveis número de mortes por motivo de doenças – todos os CIDs – e número de mortes por desnutrição e a variável número de alunos matriculados no ensino regular, utilizadas com o intuito de compreender o desenvolvimento socioeconômico, mostram um comportamento negativo em relação ao desmatamento. No caso do número de mortes, era o que se esperava dentro da análise, mas a queda no número de matriculados na escola nesse intervalo de estudo e a autocorrelação espacial negativa com o desmatamento chamam a atenção.

Outra verificação é a racionalidade na Amazônia de mobilidade das áreas de pastagem. Estas percorrem o mesmo caminho da fronteira, empurrando as áreas de pecuária para novas áreas a oeste e Noroeste do Pará e estabelecendo-se o cultivo de soja nas antigas áreas de criação de gado. E o que ditou o percurso e o novo estabelecimento da fronteira foi a BR-163 Amazônica. Fato é que os clusters de pecuária e pastagem vão se deslocando desde 2008 até alcançar, em 2019, Alta Floresta, Altamira e Santarém, e o cluster de soja se estabelece no ano de 2019 nessas mesmas microrregiões, na linha da BR-163 Amazônica.

A visualização dos mapas comprova que o cultivo da soja se dá no entorno da rodovia e o não avanço áreas adentro encontra como freio as unidades de conservação e, sobretudo, as terras indígenas. Os dados mostram que o desmatamento recente nas unidades de conservação e nas terras indígenas é relativamente pequeno, atingindo cerca de 2% da área total das unidades. Outrossim, as populações indígenas têm envidado esforços, através de mobilizações e reivindicações, para a não expansão do cultivo da soja em suas terras, mormente os Menkagroti, que estão à direita da rodovia.

No entanto, embora os indígenas lutem para segurar o desmatamento em suas terras, o Governo estabelece a Lei federal nº 13.465/2017 que, ao invés de servir como um mecanismo de contenção do desmatamento e de minimização dos conflitos nessa fronteira, fortalece a propulsão da pressão da infraestrutura da BR-163 Amazônica sobre o território local. Mais uma vez, veem-se os interesses dos agentes privados alinhados com o Governo e as populações locais não estão inseridas no processo de governança. Também se verifica que o principal agente desmatador são as médias e grandes propriedades privadas, correspondendo a 44% do desmatamento na Amazônia.

Ainda do ponto de vista ambiental, a cobertura florestal preexistente diminuiu nos anos de estudo, apresentando autocorrelação espacial negativa com o desmatamento. Apenas no ano de 2019 apresenta autocorrelação espacial positiva.

A constatação da autocorrelação espacial positiva e da correlação positiva entre o desmatamento e a variável PIB *per capita* e PIB *per capita*<sup>2</sup> sinaliza a atenção para uma continuidade do processo do desmatamento nos próximos anos.

Tal cenário revela a fragilidade institucional culminada com a instalação da BR-163 na Amazônia e intensificada com a Lei nº13.465/2017. O Governo, quando insere apenas os agentes privados e não a população local como parte da estrutura de governança, não consegue estabelecer mecanismos institucionais eficientes, pois desconsidera que cada agente faz uso de mecanismos específicos para a redução dos custos de transação. E, além disso, que não será capaz de criar ordem e reduzir a incerteza na troca, se não são considerados todos os agentes com suas regras formais e informais, sobretudo, os direitos de propriedade e os costumes e as tradições.

Ademais, a eficiência social, ambiental e econômica passa necessariamente pela inserção no processo de governança daqueles que detêm o conhecimento, o *modus operandi* local. Isto estava desenhado no Plano BR-163 Sustentável, que previa a implantação de uma rodovia, dessa vez, pensada com unificação de interesses dos agentes privados e locais, com contenção da ocupação desordenada e do uso inadequado dos recursos naturais, principalmente do desmatamento. Havia expectativa de que levasse o desenvolvimento para a região, atendendo aos anseios dos organismos internacionais acerca do papel da Amazônia na conservação da biodiversidade e da manutenção das condições climáticas globais, por meio de medidas de delimitação fundiária, atividades produtivas mais sustentáveis, inserção da população local, tradicional e indígena, fortalecimento institucional até o momento pouco existente ou ineficiente, pois que restou não executado e ficou no âmbito no planejamento.

## REFERÊNCIAS

ALENCAR, A. **Estudo de caso: a rodovia BR-163 e o desafio da sustentabilidade**. IPAM. MAPAS. 2005. Disponível em: <https://bit.ly/3xYf6vF>. Acesso em: 25 set. 2021.

ANGELSEN, Arild; KAIMOWITZ, David. Rethinking the Causes of Deforestation: Lessons from Economic Models. **The World Bank Research Observer**, v. 14, n. 1, p. 73-98, 1999. Disponível em: <https://bit.ly/3Ex4aYc>. Acesso em: 27 set. 2021.

ANSELIN, L. **Spatial Econometrics: methods and models**. Springer Science & Business Media, 2013. 284 p.

ANSELIN, Luc. Local Indicators of Spatial Association – LISA. **Geographical Analysis**, 1995. Disponível em: <https://bit.ly/3oC9NPf>. Acesso em: 29 nov. 2021.

ANSELIN, Luc. The Moran scatterplot as ESDA tool to assess local instability in spatial association. *Spatial Analytical Perspectives on GIS*. In: FISCHER, M.; SCHOLTEN, H.; UNWIN D. (ed.). **Spatial Analytical Perspectives on GIS in Environmental and SocioEconomic Sciences**, p. 111-125, 1996. Disponível em: <https://bit.ly/3ECy5yj>. Acesso em: 29 nov. 2021.

ARAGON, Luis Eduardo. A dimensão internacional da Amazônia: um aporte para sua interpretação. **Revista NERA**, Presidente Prudente, v. 42, n. 21, p. 14-43, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3pHJ4jU>. Acesso em: 27 set. 2021.

ARIMA, Eugenio; BARRETO, Paulo; MARKY, Brito. **Pecuária na Amazônia: tendências e implicações para a conservação**. 2005. Disponível em: <https://bit.ly/3duscXW>. Acesso em: 27 set. 2021.

AZEVEDO, Paulo Furquim. Nova Economia Institucional: Referencial geral e aplicações para a agricultura. **Instituto de Economia Agrícola**. Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo. São Paulo, 2000. Disponível em: <https://bit.ly/305tjKK>. Acesso em: 26 set. 2021.

BARRETO, P. Barreras legales y técnica, para la adopción del manejo forestal por comunidades en la Amazonia brasileña. **Revista Recursos Naturales y Ambiente**, Belém, p. 109-114, 2005. Disponível em: <https://bit.ly/3GiMhwL>. Acesso em: 25 set. 2021.

BARRETO, P; PEREIRA, R; ARIMA, E. A pecuária e o desmatamento na Amazônia na era das mudanças climáticas. **IMAZON**, Belém, 2008. 40 p. Disponível em: <https://bit.ly/3pPdSzh>. Acesso em: 25 set. 2021.

BRANDÃO JUNIOR, Amintas de Oliveira *et al.* Desmatamento e estradas não-oficiais da Amazônia. **Imazon**, Ananindeua, 2007. Disponível em: <https://bit.ly/2ZY2xDS>. Acesso em: 25 set. 2021.

BRASIL. Poder Legislativo. Lei Complementar n. 31, de 10 de outubro de 1977. **Diário Oficial da União**, Brasília, 11 de outubro de 1977.

BRASIL. Presidente da República. Lei Federal n. 13.465, de 10 de julho de 2017. **Diário Oficial da União**, Brasília, 11 de julho de 2017, ano 2017.

BRITO, Brenda *et al.* Stimulus for land grabbing and deforestation in the Brazilian Amazon. **Environ**, Res. Lett., v. 14, n. 6, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/31soaNz>. Acesso em: 26 set. 2021.

CAGED. **Dados de emprego formal nos setores da Economia**. 2021.

CAMPOS, INDIO. (org.). **Plano de Desenvolvimento Sustentável da Amazônia Legal** – Estudos – Diagnósticos de Aglomerações – PDSA 2005-2008. Belém: ADA, 2007.

CAMPOS, Índio; FARIA, Alexandre. Mecanismos de controle do desmatamento na Amazônia. **Revista eletrônica Monumento**, p. 279-292. Disponível em: <https://www.bionorte.org.br/bionorte/ppg-numeros-producao.html?idp=16533>. Acesso em: 25 set. 2021.

CARVALHO, André Cutrim *et al.* Expansão da fronteira agropecuária e a dinâmica do desmatamento florestal na Amazônia Paraense sob a ótica da Nova Economia Institucional. **Reunir: Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 4, n. 2, p. 43-75, 2014. Disponível em: <https://bit.ly/3rJZCdG>. Acesso em: 26 set. 2021.  
COASE, R. H. **The Firm, the Market, and the Law**. University of Chicago Press, v. 3, 2012. 226 p.

DATASUS. **Dados mortalidade por CID**. 2021.

DOMINGUES, M. S.; BERMANN, C. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. **Ambiente e sociedade**, São Paulo, v. XV, n. 2, p. 1-22, maio/ago. 2012. Disponível em: <https://bit.ly/3lyyNPx>. Acesso em: 28 set. 2021.

FEARNSIDE, Phillip M. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. **Environmental Conservation**, Cambridge, v. 28, n. 1, 2001. Disponível em: <https://bit.ly/31BtvI4>. Acesso em: 25 set. 2021.

FERNANDES, Aristóteles Viana *et al.* A importância da RESEX do rio Cajarí (AP) à contenção do desmatamento da área sul do estado do Amapá e os indicadores

socioeconômicos de sua população, sob o enfoque socioambiental. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Amapá, v. 7, n. 1, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/3opl8kC>. Acesso em: 25 set. 2021.

FERRAZ, Claudio. Explaining Agriculture Expansion and Deforestation: Evidence from the Brazilian Amazon - 1980/98. **IPEA**. 2001. 42 p. Disponível em: <https://bit.ly/3EB2eOk>. Acesso em: 27 set. 2021.

GREIF, Avner. **Institutions and the Path to the Modern Economy: Lessons from Medieval Trade**, f. 252. 2006. 503 p.

GROSSMANN, Gene M.; KRUEGER, Alan B. **Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement**. Cambridge, 1990. 39 p.

INEP. **Dados educacionais ensino regular**. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **SIDRA Produção Pecuária Municipal**: Dados do efetivo rebanho bovino. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **SIDRA Produção Agrícola Municipal**: Dados de área plantada e quantidade produzida de soja. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **SIDRA Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**: Dados de extração de madeira em tora. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **CENSO DEMOGRÁFICO**: Dados do censo populacional.

INSTITUTO NACIONAL DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **SIDRA**: População estimada. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA E ESTATÍSTICA. **PRODES**: Dados de incremento anual do desmatamento. 2021.

IPAM. **Mapas distribuição terras indígenas e unidades de conservação**.

KRUG, T. **O quadro do desflorestamento da Amazônia**. Secretaria de Coordenação da Amazônia - Ministério do Meio ambiente. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/>. Acesso em: 29 nov. 2021.

LAPIG IESA UFG. **Dados área de pastagem**. 2021.

LIBECAP, Gary D. **Contratação de direitos de propriedade**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.

MAPBIOMAS. **Mapas evolução cultura de soja**. 2021.

MARGULIS, Sérgio. **Causas do desmatamento da Amazônia brasileira**. Banco Mundial: Brasília, 2003. Disponível em: <https://bit.ly/3rORTuE>. Acesso em: 25 set. 2021.

MARGULIS, Sérgio. Quem são os agentes do desmatamento na Amazônia e por que eles desmatam? **Paper conceitual**, 2004. Disponível em: <https://bit.ly/3Go3W6p>. Acesso em: 29 nov. 2021.

NORTH, Douglas. Institutions, Ideology and Economic performance. **Cato Journal**, v. 11, n. 3, p. 477-496, 1992.

NORTH, Douglas. Institutions. **The journal of Economia perspectives**, v. 5, n. 1, p. 97-112, Winter, 1991. Disponível em: <https://bit.ly/3lv7zW>. Acesso em: 26 set. 2021.

OLIVEIRA, Rejane Correa *et al.* Desmatamento e Crescimento Econômico no Brasil: uma análise da Curva de Kuznets Ambiental para a Amazônia Legal. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, 2011. Disponível em: <https://bit.ly/3IEMSAY>. Acesso em: 25 set. 2021.

OSTROM, Elinor. Analyzing Collective Action. **International Association of Agricultural Economists**, China, v. 41, n. 1, p. 155-166, 2010. Disponível em: <https://bit.ly/3lBmBh5>. Acesso em: 25 set. 2021.

PADUA, Jose Augusto. "Cultura esgotadora": agricultura e destruição ambiental nas últimas décadas do Brasil Império. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 6, n. 2, 1998. Disponível em: <https://bit.ly/3lIiqpT>. Acesso em: 27 set. 2021.

PFAFF, ALEXANDER *et al.* Costa Rica's Payment for Environmental Services Program: Intention, Implementation, and Impact. **Society for Conservation Biology**, July, 2007. Disponível em: <https://bit.ly/33cCJ8x>. Acesso em: 27 set. 2021.

PRATES, R. C.; SERRA, M. O impacto dos gastos do governo federal no desmatamento no Estado do Pará. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 95-116, jan./abr. 2009.

PRATES, R. C. **O desmatamento desigual na Amazônia brasileira**: sua evolução, suas causas e consequências para o bem-estar. 160 p. 2008. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008.

RIVERO, Sérgio *et al.* Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Amazônia e desenvolvimento**, n. 19, v. 1, 2009. Disponível em: <https://bit.ly/3rSR2ZZ>. Acesso em: 27 set. 2021.

RODRIGUES, Ricardo Leonardo Viana. **Análise dos fatores determinantes do desflorestamento na Amazônia Legal**. 249 p. 2004 Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <https://bit.ly/339QUv3>. Acesso em: 27 set. 2021.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Editora Garamond, v. 1, f. 48, 1999. 95 p.

SANTANA, Antonio Cordeiro de *et al.* Influência do desmatamento no mercado de madeira em tora da região Mamuru-Arapiuns, Sudoeste do Pará. *Rev. Ci. Agra.*, v. 54, n. 1, p. 42-51, jan./abr. 2011. Disponível em: <https://bit.ly/3pJQ6Et>. Acesso em: 27 set. 2021.

SANTOS, Renato Prado dos. **Os principais fatores do desmatamento na Amazônia (2002-2007)** – uma análise econométrica e espacial. 130 p. 2010. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

SAWYER, Donald. **População, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no cerrado**. Unicamp, Campinas, 2000. Disponível em: <https://bit.ly/3pAnpdh>. Acesso em: 25 set. 2021.

SMERALDI, Roberto; MAY, Peter. **O Reino do Gado**: Uma nova fase na pecuarização da Amazônia. São Paulo: Amigos da terra - Amazônia Brasileira, 2008. Disponível em: <https://bit.ly/3dvPM6C>. Acesso em: 27 set. 2021.

TEIXEIRA, RUDOLPH F. A. P. **Amazônia Legal e o Estado de Mato Grosso**: dois ensaios sobre o processo de convergência espacial para o desmatamento. 142 p. 2010. Dissertação (Mestrado em Economia) – Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2010. Disponível em: <https://bit.ly/3rJ5fJ0>. Acesso em: 27 set. 2021.

TONI, Fabiano; KAIMOWITZ, David. **Municípios e gestão florestal na Amazônia**. Natal: A. S. Ed. f. 214. 2002. 428 p.

TONNEAU, Jean Phillipe. Desenvolvimento Rural Sustentável: novo paradigma ou velhas questões. *In*: WANDERLEY, M. N. B. (org.). **Globalização e desenvolvimento sustentável**: dinâmicas sociais rurais no Nordeste brasileiro. São Paulo: Polis, 2004. Disponível em: <https://bit.ly/3GkLN9j>. Acesso em: 26 set. 2021.

TURNER, Frederick Jackson. **The Frontier in American History (Annotated)**,. 2020. 262 p. Disponível em: <https://bit.ly/30b7nhi>. Acesso em: 25 set. 2021.

VERÍSSIMO, A. *et al.* Zoning of timber extraction in the Brazilian Amazon. **Conservation Biology**, v. 12, n. 1, p. 128 – 136, 1998. Disponível em: <https://bit.ly/31pUlxb>. Acesso em: 25 set. 2021.

ZANONI, Magda Maria *et al.* Preservação da natureza e desenvolvimento rural: dilemas e estratégias dos agricultores familiares em Áreas de Proteção Ambiental. **Desenvolvimento e meio ambiente**, UFPR, n. 2, p. 19-55, jul./dez. 2000. Disponível em: <https://bit.ly/3Exobhb>. Acesso em: 26 set. 2021.

**ANEXO A - Tabela evolução do desmatamento nas unidades de conservação**

<b>Descrição</b>	<b>2008</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2019</b>
Mínimo	0,06	0,04	0,00	0,06
Mediana	0,58	0,52	1,21	1,30
Máximo	9,44	8,21	4,78	6,03

Tabela 11- Dados de desmatamento nas unidades de conservação

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do PRODES INPE (2021)

**ANEXO B** - Tabelas dados de desmatamento nas terras indígenas

<b>Descrição</b>	<b>2008</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2019</b>
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00
Mediana	3,14	2,20	1,21	1,19
Máximo	8,56	6,62	6,15	4,53

Tabela 12 - Dados de desmatamento nas terras indígenas

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do PRODES INPE (2021)