



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS – CECEN
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, NATUREZA E DINÂMICA DO ESPAÇO – PPGeo

ALLANA PEREIRA COSTA

PRESSÕES DE USO DA TERRA NO BIOMA AMAZÔNICO MARANHENSE

ALLANA PEREIRA COSTA

PRESSÕES DE USO DA TERRA NO BIOMA AMAZÔNICO MARANHENSE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia (UEMA) como critério parcial para obtenção do título de mestre em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço da Universidade Estadual do Maranhão.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos

Linha de Pesquisa: Dinâmica da Natureza e Conservação

São Luís/MA
2022

Costa, Allana Pereira.

Pressões de uso da terra no bioma amazônico maranhense/ Allana Pereira Costa. – São Luís, 2022.

160 f.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço, Universidade Estadual do Maranhão, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos.

1.Amazônia maranhense. 2.Vegetação. 3.Uso e cobertura da terra 4.Clima. 5.Foco de calor. I. Título.

CDU: 502/504(812.1)

ALLANA PEREIRA COSTA

PRESSÕES DE USO DA TERRA NO BIOMA AMAZÔNICO MARANHENSE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia (UEMA) como critério parcial para obtenção do título de mestre em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço da Universidade Estadual do Maranhão.

Aprovada em: 08/08/2022

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos (Orientador)

Doutor em Geografia
Universidade Estadual do Maranhão



Profa. Dra. Helen Nébias Barreto

Doutora em Geociências
Universidade Federal do Maranhão



Profa. Dra. Melina Fushimi

Doutora em Geografia
Universidade Estadual do Maranhão

Dedico esse trabalho, primordialmente, a Deus por me dá sempre força, encorajar-me e pelo fôlego de vida; aos meus pais (Ana e José), a minha irmã (Analya) e minha avó Ana Rosa (*in memoriam*)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e pela sabedoria!

Aos meus pais, Ana Costa e José de Ribamar, pela paciência e pelos incentivos que foram essenciais nesta e nas demais etapas da minha vida.

À minha irmã, Analya Costa, minha grande incentivadora, agradeço pela dedicação, pela paciência e por estar sempre ao meu lado em qualquer circunstância da vida.

Agradeço ao meu orientador, Luiz Carlos Araújo dos Santos, pelas críticas construtivas, pelos conselhos e incentivos, os quais foram essenciais nesta etapa e oportunizaram o aperfeiçoamento desta pesquisa.

Agradeço, ainda, aos meus amigos, em especial, Gabriel Macedo, Brenda Nunes, Letícia Moura, Zidane Ferreira, Elna Corrêa, Jéssica Sousa, Vivian Reis, Jéssica Neves, Igor Breno, Pinheiro Júnior e Wenderson Teixeira, pela ajuda, pelos conhecimentos trocados, pelo incansável apoio e pela força e amizade que sempre foram imprescindíveis.

Ao meu bom amigo, Jorge Dias, por ser meu maior incentivador, sempre acreditar em meu potencial como profissional e pesquisadora, pela solicitude, pelos campos compartilhados, pelas explicações, por dirimir as minhas dúvidas e pelo apoio, atitudes que são muito importantes para minha construção como pessoa e como profissional.

Ao Projeto Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão, o qual tornou esta pesquisa possível pelo aprendizado e pela construção científica.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), pelo apoio às pesquisas do Programa de Pós-graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço (PPGeo-UEMA).

Sem mais delongas, agradeço aos que me ajudaram direta e indiretamente nesta pesquisa e que não foram citados anteriormente.

Maktub quer dizer “está escrito”. Para os árabes, “está escrito” não é a melhor tradução – porque, embora tudo já esteja escrito, Deus é misericordioso, e só gastou sua caneta e sua tinta para nos ajudar.

(Paulo Coelho)

RESUMO

A Amazônia Oriental ou Maranhense compreende 3,4% de toda a Amazônia brasileira. Nesse território, soma-se um conjunto de paisagens marcadas pela biodiversidade dos mais diversos ecossistemas e construções socioculturais que vêm se remodelando, sobretudo, nas últimas seis décadas. Os espaços e ambientes naturais foram agravados pelas atividades humanas, o que constitui um grande desafio aos entes competentes para a aplicação de políticas ambientais e manutenção dos ambientes naturais remanescentes, em detrimento da demanda econômica do mercado por recursos naturais e pressões de uso da terra. Considerando o exposto, este estudo analisou as inter-relações de pressões de uso e cobertura da terra no bioma Amazônico maranhense para a indicação das áreas de maior criticidade de ruptura das relações ambientais, objetivando a recuperação ambiental. Ademais, esta pesquisa teve como objetivos específicos caracterizar os processos de uso da terra e as pressões antropogênicas associadas ao ano de 2020; avaliar as tipologias de cobertura da terra para fins de reconhecimento das paisagens naturais remanescentes; analisar os focos de calor como configuração forçante para a dinâmica do uso e cobertura da terra e a sua correlação com os ambientes naturais remanescentes e verificar, com base na dinâmica regional de evapotranspiração potencial, a resiliência dos ambientes naturais remanescentes mediante as pressões de uso da terra. Por conseguinte, para obter os resultados, foram realizados levantamento bibliográfico, produção cartográfica em ambientes SIG (Sistema de Informação Geográfica) e trabalho de campo, a fim de verificar eventos dispostos espacialmente no bioma e validar dados levantados *in loco* em gabinete. Assim, os resultados evidenciam que, na década de 2010, o estresse hídrico regional foi uma constante e os focos de calor se concentraram, sobretudo, nas proximidades de Terras Indígenas e Unidades de Conservação. Ademais, constatou-se que o bioma apresenta fitofisionomias tanto de Amazônia quanto de Cerrado, as quais estão em cômputo de 25%, os 75 % restantes se distribuem em usos consolidados, os quais, desde o processo de construção do território, acompanhados por incentivos estatais ou por demanda de territórios pela população, têm instituído as zonas de pressão de uso da terra. Mediante esse quadro atual, apesar do desafio, apresenta-se uma análise da dinâmica desse recorte espacial, considerando as pressões de uso da terra. Para demonstrar esses cenários, buscou-se relacionar a dimensão dos aspectos fitogeográficos e de focos de calor aos aspectos climatológicos, às contradições entre o reconhecimento das fitofisionomias regionais e às áreas estabelecidas como prioritárias para conservação bioecológica.

Palavras-chave: Amazônia Maranhense. Vegetação. Uso e Cobertura da Terra. Clima. Focos de Calor.

ABSTRACT

The Eastern Amazon or Maranhão comprises 3.4% of the entire Brazilian Amazon. In this territory, there is a set of landscapes marked by the biodiversity of the most diverse ecosystems and sociocultural constructions that have been remodeling, especially in the last six decades. The natural spaces and environments were aggravated by human activities, which is a great challenge to the entities competent for the application of environmental policies and maintenance of the remaining natural environments, to the detriment of the economic demand of the market for natural resources and pressures of land use. Considering the above, this study analyzed the interrelations of land use and cover pressures in the Amazon biome of Maranhão for the indication of the areas of greatest criticality of rupture of environmental relations, aiming at environmental recovery. Furthermore, this research had as specific objectives to characterize the processes of land use and the anthropogenic pressures associated with the year 2020; evaluate the types of land cover for the purpose of recognizing the remaining natural landscapes; to analyze the heat foci as a force-setting configuration for the dynamics of land use and land cover and its correlation with the remaining natural environments and verify, based on the regional dynamics of potential evapotranspiration, the resilience of the remaining natural environments through land use pressures. Therefore, to obtain the results, a bibliographic survey, cartographic production in GIS (Geographic Information System) environments and field work were carried out in order to verify spatially arranged events in the biome and validate data collected on site in a cabinet. Thus, the results show that, in the 2010s, regional water stress was a constant and the hot flashes were concentrated, mainly, in the vicinity of Indigenous Lands and Conservation Units. Moreover, it was found that the biome presents phytogeographies of both amazon and cerrado, which are in a calculation of 25%, the remaining 75 % are distributed in consolidated uses, which, since the process of construction of the territory, accompanied by state incentives or demand of territories by the population, have instituted the areas of land use pressure. Through this current situation, despite the challenge, an analysis of the dynamics of this spatial cutist is presented, considering the pressures of land use. To demonstrate these scenarios, we sought to relate the dimension of phytogeographic aspects and heat foci to climatological aspects, to the contradictions between the recognition of regional phytogeographies and to areas established as priorities for bioecological conservation.

Keywords: Amazon Maranhense. Vegetation. Land Use and Cover. Climate. Heat Focus.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de Localização do bioma Amazônico no Estado do Maranhão.....	20
Figura 2	Frente de desmatamento da região do Guamá para construção da rodovia Belém-Brasília.....	38
Figura 3	Ferrovias Carajás-São Luís nas proximidades do município de Santa Inês (MA)..	40
Figura 4	As setas apontam o avanço da urbanização sobrepondo-se às Áreas.....	42
Figura 5	Avanço da cidade de Pinheiro (MA) em direção aos campos inundáveis, áreas de relevante interesse ecológico para a conservação da biodiversidade na APA da Baixada Maranhense.....	42
Figura 6	Principais temáticas e respectivos autores-base a serem adotados na pesquisa	50
Figura 7	Roteiro de procedimentos metodológicos adotados na elaboração da presente pesquisa.....	51
Figura 8	Cenas de satélite do sensor OLI/TIRS LANDSAT- 8, utilizadas na elaboração mapa de pressão de uso e cobertura da terra do bioma Amazônico maranhense para o ano de 2020.....	53
Figura 9	Unidades de planejamento territorial com base nas categorias da Escala Climatológica e suas possibilidades de interpretação geográfica e cartográfica ...	58
Figura 10	Correlação entre as escalas geossistêmica, ecológica e climatológica para o planejamento e ordenamento territorial com base no meio físico	59
Figura 11	Afloramento rochoso associado à Suíte Intrusiva Rosário nos municípios de Rosário e Cachoeira Grande (MA), respectivamente	64
Figura 12	Formação do grupo Barreiras, acentuada em planície costeira, na praia de Panaquatira no município de São José de Ribamar (MA)	65
Figura 13	Mapa de geologia do bioma Amazônico maranhense	66
Figura 14	Áreas de rochas intrusivas diaclasadas e sujeitas à morfodinâmica climática em áreas de falhamento no Cráton São Luís, em Carutapera (MA).....	67
Figura 15	Área de ocorrência do lineamento Marajó-Parnaíba, em Santa Luzia do Tide, ao longo da BR-222, nas proximidades da divisa com o município de Buriticupu ...	68
Figura 16	Área de ocorrência da zona de Cisalhamento Tentugal, em Santa Luzia do Tide, na BR-222, evidenciando terrenos policíclicos de alto controle estrutural e sujeitos a dinâmicas morfoesculturais aceleradas por dissecação controlada por fatores antropogênicos.....	68
Figura 17	Mapa de hipsometria do bioma Amazônico maranhense	70
Figura 18	Mapa de declividade do bioma Amazônico maranhense	71
Figura 19	Mapa de Geomorfologia do bioma Amazônico do Maranhão	72
Figura 20	Incisão de drenagem em solos frágeis do grupo dos latossolos em Bom Jesus das Selvas, nas proximidades do Rio Pindaré.....	73
Figura 21	Vista aérea do Lago de Viana, próximo à sede do município homônimo, cujo fundo é formado por solos plínticos.....	74

Figura 22	Vista aérea dos campos inundáveis de Anajatuba – no segundo semestre, período de estiagem, há diminuição acentuada da lâmina d’água, que é perdida pela atmosfera por evapotranspiração	74
Figura 23	Mapa de pedologia do bioma Amazônico maranhense	76
Figura 24	Mapa de ocorrências das formações vegetais do bioma Amazônico do Maranhão	81
Figura 25	Vegetação ombrófila evidenciada na Terra Indígena Arariboia no município de Arames (MA).....	82
Figura 26	Predominância de manguezal no município de Guimarães (MA).....	83
Figura 27	Formação de restinga no litoral do município de Cedral (MA).....	83
Figura 28	Campos de Perizes, em Bacabeira, fundo da paleobaía de São Marcos e ponto de extrema coalescência de sedimentos flúvio-marinhos e flúvio-lacustres pleistoholocênicos	84
Figura 29	Aspecto de vegetação herbácea associada aos campos inundáveis no município de Pinheiro (MA) na Baixada Maranhense	85
Figura 30	Aspecto de vegetação secundária mista em estágio intermediário de recomposição entre Brejo de Areia e Marajá do Sena.....	86
Figura 31	Aspecto de vegetação de Savana Parque sem mata galeria em São	87
Figura 32	Savana Arborizada na faixa de transição entre Amazônia e Cerrado.....	87
Figura 33	- Cartografia da evapotranspiração potencial na Amazônia Oriental, equivalente ao bioma Amazônico do Maranhão, para os anos de 2010 a 2013	94
Figura 34	Cartografia da evapotranspiração potencial na Amazônia Oriental, equivalente ao bioma Amazônico do Maranhão, para os anos de 2014 a 2017	95
Figura 35	Cartografia da evapotranspiração potencial na Amazônia Oriental, equivalente ao bioma Amazônico do Maranhão, para os anos de 2018 e 2019	97
Figura 36	- Cartografia da evapotranspiração potencial na Amazônia Oriental, equivalente ao bioma Amazônico do Maranhão, para o ano de 2020	98
Figura 37	Cartografia dos focos de calor registrados na Amazônia Oriental, equivalente ao bioma Amazônico do Maranhão, para os anos de 2010 a 2013	102
Figura 38	Cartografia dos focos de calor registrados na Amazônia Oriental, equivalente ao bioma Amazônico do Maranhão, para os anos de 2014 a 2017	104
Figura 39	Cartografia dos focos de calor registrados na Amazônia Oriental, equivalente ao bioma Amazônico do Maranhão, para os anos de 2018 e 2019	105
Figura 40	Cartografia dos focos de calor registrados na.....	106
Figura 41	Cartografia dos focos de calor registrados na Amazônia	107
Figura 42	Mapa de áreas prioritárias para a conservação na Amazônia Oriental.....	109
Figura 43	Mapa de focos de queimadas e ambientes fitogeográficos do bioma Amazônico no Maranhão	110
Figura 44	Mapa representativo de totais de focos de calor na década de 2010 em conjunto com as áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade estabelecidas para o bioma Amazônico no Maranhão.....	113

Figura 45	Mapa de pressão de uso do bioma Amazônico ano de 2020	116
Figura 46	Embarcações e pescadores descarregando em porto no município de Porto Rico (MA), Reentrâncias Maranhenses	121
Figura 47	Preparo de materiais pesqueiros por pescadores tradicionais no município de Guimarães (MA).....	121
Figura 48	Pressões de uso associado à exploração de caça e insumos madeireiros, no bioma amazônico maranhense. a) pressão sobre os remanescentes vegetais naturais na reserva Boa Vista no município de Rosário (MA); b) área de extração animal (mariscos) em manguezais, no município de Paço do Lumiar; c) apreensão de Madeira Ilegal, em Imperatriz (MA); d) área de extração animal (mariscos) em manguezais e em terra firme em Axixá (MA)	122
Figura 49	Impactos ambientais oriundos de processos de extração de areia na região Munim em Cachoeira Grande e Humberto de Campos.....	124
Figura 50	Pressões de uso associado à mineração, no bioma Amazônico maranhense: a) extração de minerais metálicos (ouro) pela mineradora Aurizona no município de Godofredo Viana (MA); b) extração de granito e processamento de brita em Bacabeira (MA); c) área de extração mineral na área da Granorte S/A, no município de Bacabeira; d) área de extração mineral desativada em Rosário (MA).....	125
Figura 51	Pressões de uso associado à zona de pressão de uso para o desmatamento, no bioma Amazônico maranhense: a) ocupação humana em mata de galeria com características amazônicas preeminentes, em Boa Vista do Gurupi (MA), limite com o Pará; b) pressão sobre os remanescentes vegetais naturais das atividades pecuaristas no município de Grajaú (MA); c) paisagem fragmentada evidenciando usos diversificados e fragmentos de vegetação nativa amazônica, em Santa Luzia (MA); d) fragmentos de vegetação amazônica e plantios de eucaliptos no município de Cidelândia (MA).	128
Figura 52	Mosaico de paisagem de vegetação secundária, agricultura familiar e pecuária no município de Santa Rita (MA).....	131
Figura 53	Áreas de pastagem extensiva evidenciadas na comunidade Bonfim, no município de Arari (MA)	131
Figura 54	Pressões de uso associado à zona de pressão de uso agropecuária e de monossilvicultura, na região sul do bioma Amazônico maranhense: a) pecuária evidenciada em áreas com relevos sinuosos no município de Santa Luzia (MA); b) áreas de plantios de eucalipto, plantios de grãos e pecuária no município de Buriticupu (MA); c) pecuária e cultivos temporários diversificados em grande escala, no município de Grajaú; d) plantio de eucalipto para utilização em fornos das siderurgias em Açailândia (MA)	132
Figura 55	Pressões de uso associado à zona de pressão de uso agropecuária e de monossilvicultura, na região centro e norte do bioma Amazônico maranhense: a) criação extensiva de gados em extensas áreas de pastagens, Bacabal (MA); b) pecuária de animais de médio e grande porte registrada Baixada Maranhense no município São Bento (MA) c) preparação do solo para cultivos temporários diversificados no método da coivara, no município de Icatu (MA); d) colheita de mandioca para a preparação de farinha no município de Cachoeira Grande (MA)	133

Figura 56	Foto aérea da parte central do município de São Luís, na sede municipal.....	136
Figura 57	Foto aérea da sede municipal de Lago da Pedra (MA), em áreas aplainadas e relevos residuais nas proximidades	136
Figura 58	Cenas associadas à zona de pressão de uso urbano-industrial, no bioma Amazônico maranhense: a) complexo siderúrgico-industrial de Pequiá, no município de Açailândia (MA); b) complexo portuário-industrial no município de São Luís (MA); c) área urbanizada na sede municipal do município de Bacabal; d) área urbanizada na sede municipal do município de São José de Ribamar (MA), na ilha do Maranhão	137
Figura 59	Barragem no rio Pericumã para impedimento salinização total do rio e campos alagados registrados em Pinheiro (MA)	139
Figura 60	Pressões de uso associado à zona de pressão em corpo hídrico, no bioma Amazônico maranhense: a) Lago-Açu, maior produtor de pescados de água doce do Maranhão, em Conceição do Lago-Açu (MA); b) atividade de aquicultura nas imediações do lagos em Anajatuba (MA); c) atividade pesqueira no Lago de Viana, no município homônimo; d) sistema de captação de água do rio Munim, no município de Humberto de Campo (MA).....	140

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Unidades fitogeográficas (formações vegetais) e cobertura da terra do bioma Amazônico maranhense com suas respectivas áreas	80
Tabela 2	Áreas das zonas de pressão de uso do bioma Amazônico do Maranhão (2020) .	115
Tabela 3	Quantitativo de população total e urbana dos municípios com mais de 50 mil habitantes do bioma Amazônico maranhense.....	134

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Quadro síntese de focos ativos de calor e pressões de uso em áreas de proteção ambiental no bioma Amazônico maranhense	111
Quadro 2	Aspectos físicos dos conjuntos paisagísticos do bioma Amazônico maranhense	117
Quadro 3	Quadro síntese das zonas pressões de uso e cobertura da terra do bioma Amazônico do Maranhão	146

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	A paisagem como categoria geográfica	23
2.1.1	A ideia dos palimpsestos em Geografia: a paisagem em uma perspectiva multitemporal	26
2.1.2	O “bioma” como expressão geográfica da categoria macropaisagem nos estudos geográficos.....	28
2.4	Processo de construção do território do bioma Amazônico maranhense	34
2.5	Contextualizando o conceito de pressão de usos da terra	41
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	47
3.1	Métodos da pesquisa	47
3.2	Levantamento de literatura e dados secundários	49
3.3	Sistematização da cartografia temática	50
3.4	Etapas de trabalho de campo e validação de dados	59
3.5	Dificuldades para o desenvolvimento da pesquisa durante a pandemia	60
4	CARACTERIZAÇÃO INTEGRADA DO MEIO FÍSICO DO BIOMA AMAZÔNICO DO ESTADO DO MARANHÃO	62
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
5.1	As tipologias de cobertura da terra no bioma Amazônico maranhense e os padrões de distribuição das paisagens naturais remanescentes	78
5.2	As pressões de uso e cobertura da terra no bioma Amazônico maranhense e a sua correlação com os ambientes naturais remanescentes, as ameaças e o comprometimento do equilíbrio ambiental da área preterida	88
5.2.1	A dinâmica da Evapotranspiração Potencial na Amazônia maranhense durante a década de 2010	88
5.2.2	A Dinâmica dos focos de calor no bioma Amazônico do Maranhão durante a década de 2010	99
5.2.3	As Áreas Prioritárias para a Conservação no bioma Amazônico maranhense frente à dinâmica dos focos de calor.....	108

5.3	Caracterização dos processos de usos da terra e pressões antropogênicas associadas ao ano de 2020	114
5.3.1	<i>Zona de pressão de uso da exploração de caça e insumos madeireiros</i>	120
5.3.2	<i>Zona de pressão de uso da mineração</i>	123
5.3.3	<i>Zona de pressão de uso para o desmatamento</i>	126
5.3.4	<i>Zona de pressão de uso agropecuário e de monossilvicultura</i>	129
5.3.5	<i>Zona de Pressão de uso urbano-industrial</i>	134
5.3.6	<i>Zona de pressão em Corpos Hídricos</i>	138
6	SÍNTESE DA CENA ATUAL DAS ZONAS DE PRESSÃO DE USO NA AMAZÔNIA MARANHENSE	142
7	CONCLUSÃO	149
	REFERÊNCIA	152

An aerial photograph of a wide, light-colored river winding through a dense, lush green forest. The river flows from the top center towards the bottom right. The forest is thick and covers both banks of the river. A semi-transparent dark green horizontal bar is overlaid across the middle of the river, containing the text '1. INTRODUÇÃO' in white, bold, uppercase letters.

1. INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

As paisagens atuais, mediante as diversas transformações que estão atreladas ao uso intensificado e acelerado da terra, são interpretadas como um conjunto de fatores complexos que se distribuem em conjuntos paisagísticos parcialmente naturais ou totalmente alterados pelo homem. Relacionados à diversidade dessas paisagens, estão configurados os mosaicos de características naturais acentuadas, aqueles intensamente transformados ou com estruturas fragmentadas.

Os padrões distributivos desses mosaicos mostram a utilização da terra pelo homem por intermédio de suas atividades cumulativas até os dias atuais, isto é, diversos usos da terra. A cobertura da terra, mais associada ao primeiro e terceiro mosaico, remete aos revestimentos naturais, sobretudo, às tipologias vegetais que recobrem um território, os quais *de per si* demonstram as características naturais remanescentes de pouca ou nenhuma interferência humana.

À vista disso, nas últimas seis décadas, o território da Amazônia brasileira, sobretudo, a Amazônia maranhense, vem apresentando alta complexidade nos estudos científicos e de mitigação das políticas públicas, acerca de orientações relativas à conservação dos processos ecológicos dos ecossistemas e da biodiversidade remanescente, em detrimento do uso da terra para as mais diversificadas atividades econômicas e do homem, motivadas por contextos políticos e socioeconômicos, formando várias zonas de pressão de uso.

A dinâmica desses espaços, sob o ponto de vista biogeográfico, tem sofrido impactos drásticos de seus processos ecossistêmicos como resultados dessas atividades, as quais têm uma abrangência nas diversas escalas de análises. Assim, cenários de crescimento demográfico, conversão de áreas com vegetação nativa em espaços de uso agropecuário ou urbano, queimadas naturais ou induzidas e direcionamentos socioprodutivos de novos processos de ocupação podem trazer problemas irreversíveis ao território do bioma Amazônico maranhense, especificamente.

Afigura-se, contudo, que o modelo de ordenamento espacial hodierno não insere, em seu contexto, as estratégias de mitigação que porventura possam vir a ser adotadas face ao crescimento das áreas antropizadas em diferentes localidades. Nesse ponto, reside a importância implícita desse tipo de análise para a conservação de áreas e para o apontamento racional de novas áreas sujeitas a se transformarem em territórios protegidos (não apenas na categoria de Unidades de Conservação).

Nesse sentido, a extrapolação de classificações existentes de fitofisionomias regionais em escalas médias a pequenas junta-se ao fato de haver indefinições quanto às tipologias climáticas, ao monitoramento insuficiente da evolução multitemporal dos padrões de uso e cobertura, bem como das queimadas. Esse são fatos que concorrem para a baixa quantidade e qualidade de dados objetivos acerca das dinâmicas biogeográficas regionais e locais, assim como indicações para conservação e recuperação de áreas no bioma Amazônico maranhense. Esse é um dos maiores desafios para as pesquisas atuais acerca das dinâmicas paisagísticas maranhenses, principalmente nas faixas de transição e contatos fitogeográficos, com ecodinâmica bastante heterogênea (TRICART; KILIAN, 1982).

Partindo desse pressuposto conceitual, que aparentemente apresenta distinção de foco, afirma-se que uma das maiores inovações quanto à conservação da paisagem centra-se justamente no reconhecimento das paisagens naturais como resultado das interações existentes (indissociáveis) entre as dinâmicas climáticas locais e regionais com a biodiversidade (BONNAN, 2013).

Diante de todos os fatos relatados sobre os problemas relacionados à Amazônia brasileira e, sobretudo, os ocorridos da Amazônia maranhense, faz-se necessária uma proposta de pesquisa que envolva áreas díspares, porém complementares. São exemplos dessas a biogeografia, o clima, as zonas de pressões antropogênicas e o ordenamento do território, por meio dos quais se pode entender melhor como essas inter-relações de processos podem proporcionar uma melhor compreensão do território em função de uma gestão e planejamento ambiental integrado.

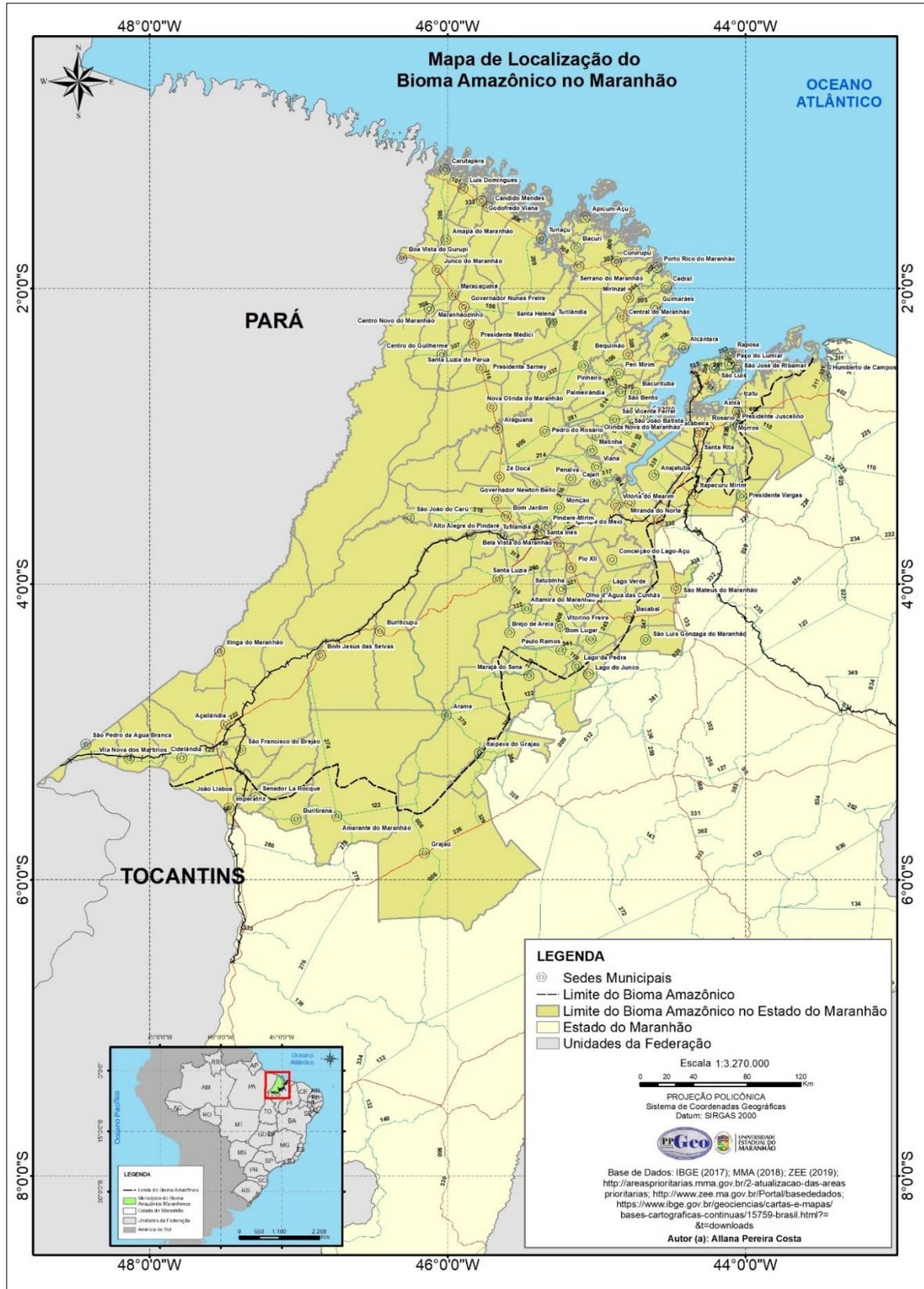
Partindo desse pressuposto, grande parte dessa cobertura vegetal que compreende a área de estudo, ou seja, os 108 municípios que integram o referido bioma no Maranhão (Figura 1), encontra-se devastada e restam apenas fragmentos das formações vegetais, principalmente as que apresentam características amazônicas. Dessa forma, compromete-se a biodiversidade de toda a região, produzindo profundas alterações nos ecossistemas, no equilíbrio ambiental, além de uma série de suscetibilidades geoambientais mediante as pressões diretas sobre o território do bioma Amazônico maranhense¹, dentro dos limites, conforme Catunda e Dias (2019).

Faz-se prudente, portanto, uma discussão mais abrangente e um estudo mais aprofundado. Diante disso, o objetivo geral desta pesquisa visa analisar as inter-relações de pressões de uso e cobertura da terra no bioma Amazônico maranhense para a indicação das

¹ Os termos bioma Amazônico maranhense, Amazônia Maranhense, Amazônia Oriental e bioma Amazônico no Estado do Maranhão referem-se à delimitação da área de estudo ora em análise.

áreas de maior criticidade de ruptura das relações ambientais, com vistas à recuperação ambiental.

Figura 1 - Mapa de Localização do bioma Amazônico no Estado do Maranhão



Fonte: Registros da Pesquisa (2022).

Assim, os objetivos específicos dedicam-se a:

I – caracterizar os processos de uso da terra e pressões antropogênicas associadas ao ano de 2020;

II – avaliar as tipologias de cobertura da terra no bioma Amazônico maranhense, para fins de reconhecimento dos padrões de distribuição das paisagens naturais remanescentes;

III – analisar os focos de calor como configuração forçante da dinâmica do uso e cobertura da terra no bioma Amazônico maranhense e a sua correlação com os ambientes naturais remanescentes, a fim de sinalizar o grau de ameaça e comprometimento do equilíbrio ambiental da área preterida;

IV – verificar, com base na dinâmica regional de evapotranspiração potencial, a configuração atual da resiliência dos ambientes naturais remanescentes mediante as pressões de uso da terra no bioma Amazônico maranhense.

É nesse encadeamento que se apresenta a estrutura deste trabalho em seis capítulos. No primeiro, faz-se uma introdução concisa acerca do tema, da problemática e dos objetivos a serem desenvolvidos no percurso do estudo. No capítulo segundo, apresenta-se um panorama conceitual acerca da categoria geográfica paisagem, biomas, palimpsestos e complementa-se com as discussões em torno do desenvolvimento histórico, processo de ocupação da área em estudo e do conceito de pressões de uso da terra.

Em seguida, no terceiro capítulo, dirige-se ao entendimento dos caminhos da pesquisa, por meio dos procedimentos teórico-metodológicos adotados, dos métodos aplicados e dos locais visitados nas etapas de campo para alcance dos objetivos, análise do objeto de estudo e interpretação dos resultados. O capítulo posterior centra-se nas análises dos resultados da pesquisa. O enfoque está direcionado nos constituintes abióticos da paisagem e suas potencialidades paisagísticas; na identificação das formações vegetais compreendidas no bioma Amazônico do Maranhão; na dinâmica espaço-temporal do clima com base na variável de evapotranspiração potencial e dos focos ativos de calor no período analítico de 2010 a 2020. Na sequência, apresenta um comparativo e as interpretações das áreas prioritárias para conservação, focos de calor e pressões de uso. Conclui-se esse capítulo, apresentando as zonas de pressão de uso da terra no cerne da materialização atual.

O quinto capítulo retrata um prognóstico do cenário atual das zonas de pressão de uso da terra no bioma Amazônico maranhense e as proposições para a diminuição dos impactos ambientais, o manejo de áreas naturais remanescentes e a indicação das limitações de uso em cada zona. O último capítulo ilustra as complexidades do objeto de estudo e síntese dos resultados discutidos.

An aerial photograph of a vast, flat landscape, likely a savanna or prairie. The terrain is covered in sparse, dry-looking vegetation, with patches of green and brown. In the distance, there are low, rolling hills or mountains under a clear, light blue sky. A dark green horizontal band is overlaid across the middle of the image, containing the text '2. REFERENCIAL TEÓRICO' in white, bold, sans-serif font.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nos estudos de caráter geográfico, muitas são as formas de o pesquisador se inserir nas interpretações dos fenômenos naturais e humanos integrados, compreendendo formas, arranjos, disposições de objetos e ações sobre locais mais diversos (SANTOS, 2008). A finalidade é reconhecer a formação de paisagens, bem como suas dinâmicas intrínsecas e, obviamente, extrínsecas.

Essas interpretações podem ser feitas mediante análises procedidas pela preconizada Geografia Dicotômica, a qual frequentemente leva a explicações tendenciosas, não condizentes com a realidade total dos fenômenos reais. Dessa forma, convém apontar para uma perspectiva mais transversal, incorporando dados e informações tanto naturais, quanto sociais, sem esquecer que existem aspectos de natureza biogeográfica que necessitam ser observados de forma criteriosa, sem envolvê-los em análises reducionistas da Geografia Física.

Portanto, para se superar as tendências teórico-metodológicas dicotômicas ou divergentes da Geografia, é importante destacar o papel integracionista que essa ciência possui em sua epistemologia. Isso proporciona, pela lógica, uma exigência profissional urgente feita ao geógrafo: fazer associações, inter-relações e integrações multivariadas para a compreensão das categorias geográficas e suas características genéticas, evolutivas, processuais, com atributos analíticos advindos tanto das Ciências Exatas e Naturais, quanto das Ciências Biológicas e das Ciências Humanas e Sociais, na tentativa de composição de uma análise mais profunda e transdisciplinar dos objetivos de estudos geográficos.

Assim, o pesquisador, empreendendo esforços para a compreensão dos elementos ambientais e da caracterização científica das paisagens regionais, para fins de planejamento e ordenamento, deve estar apto a uma contextualização no entremeio de conceitos geocientíficos considerados cruciais para o coerente entendimento da realidade geográfica em que se deparar. Desta feita, apresentar-se-á, posteriormente, um panorama de abordagens conceituais acerca das temáticas paisagem e paisagem integrada como categoria de análise da Geografia, complementando com uma perspectiva teórica acerca de bioma e pressões de uso da terra. Essas abordagens subsidiarão conceitualmente o estudo ora apresentado.

2.1 A paisagem como categoria geográfica

Paisagem, a rigor, é o conceito geográfico e categoria epistêmica que procura identificar os elementos espaciais que compõem certo local, levando em consideração o que

empiricamente se pode diagnosticar por meio dos órgãos sensoriais, como a visão (SANTOS, 2008). É a partir desse conceito-matriz que as análises espaciais têm início, uma vez que, ao caracterizar uma paisagem, o pesquisador bem preparado abstrai a noção real de que ela é, de fato, isto é, um conjunto de heranças físicas (naturais ou abióticas), ecológicas (ou ecossistêmicas) e humanas (ou sociais, *lato sensu*).

Ademais, é sobre as paisagens que as diversas formas geográficas sofrem e estão dinamicamente sujeitas a constantes mutações. Essa unidade é definida por Santos (2002, p. 103) como “um conjunto de formas que, em um dado momento, exprimem as heranças que representam as sucessivas relações entre homem e natureza. [...] A rigor, a paisagem é apenas uma porção da configuração territorial que se pode abarcar com a visão”.

Assim, quando se fala em paisagem, de alguma maneira, faz-se também referência à configuração territorial do *locus* passível de análise. A paisagem é, portanto, uma categoria geográfica e conceitual indispensável para a compreensão dos fenômenos e das feições que se apresentam em certo recorte da superfície da Terra, em destaque, os aspectos físicos e ecossistêmicos locais e/ou regionais, mas que pode enaltecer as atividades humanas no cerne das heranças da natureza (AB’SÁBER, 1969). Como esse conceito é bem mais utilizado dentro das abordagens da Geografia Física, associa-se frequentemente aos aspectos mais diretamente relacionados com os recursos naturais, em que a paisagem é considerada um tipo de *background* no qual se assentam as transformações ecológicas e humanas (RODRIGUEZ et. al., 2017).

Em outros termos, refletir sobre a paisagem conflui em um processo evolutivo de configuração e trocas de matéria e energia, com formas e fluxos distintos entre sistemas ambientais, levando ao encadeamento de vários outros processos entrelaçados. Essas compreensões servem para que se possa “construir” uma maneira mais hierárquica de se projetar a realidade sobre uma área assentada em um substrato físico-ambiental (SOTCHAVA, 1977; ZACHARIAS, 2010; CAVALCANTI, 2014; RODRIGUEZ et. al., 2017).

Nessa perspectiva, Guerra e Marçal (2014) enfatizam o conceito de paisagem com base na abordagem geossistêmica, o que leva a um direcionamento para sua interpretação. A paisagem, na interpretação dos autores, é um cenário, um “resumo” da realidade, sem o qual não se pode desenvolver análises mais detalhadas sobre dado território. O conceito de território ora abordado é compreendido como determinado espaço delimitado.

Ab’Sáber (2012) a considera como uma herança em todos os sentidos (físicos, biológicos e humanos), o que reitera afirmações anteriores de Maciel e Lima (2011), que afirmam ser essa a integração materializada da natureza e da sociedade, de forma indissociável.

É o ponto de partida para a compreensão integralizada da totalidade regional dos elementos que compõem o meio natural e o meio socioeconômico e cultural (MAXIMIANO, 2004).

Dos elementos constituintes das paisagens, destacam-se, via de regra, os rios, os mares, os lagos, as lagoas e lagunas; as dunas, as praias, os manguezais, as planícies de marés; os prédios, as casas, as ruas e avenidas, as cidades, as plantações e áreas de pastoreio; além de formas de vegetação que se desenvolvem em áreas ligeiramente “homogêneas” ou mesmo bastante diferenciadas entre si. Pode-se, ainda, afirmar que há uma identidade paisagística relacionada a cada recorte areal constituinte da superfície da Terra. No entanto, dentre os elementos que constituem essas idiosincrasias geográficas, destacam-se os fatos geomorfológicos, responsáveis pela apreensão e diferenciação empírica dos “altos e baixos” da superfície terrestre, bem como as formas de manifestação das paisagens vegetais remanescentes e as pressões de uso antropogênicas manifestadas em diversas escalas.

Obviamente, essa afirmação acrescenta um pouco mais de valor ao agente antropogênico (o homem), com suas realidades culturais, técnicas, científicas e informacionais, conforme propunha Santos e Silveira (2002). É considerado um sujeito capaz de modelar parcelas locais (dependendo dos casos, em dimensões escalares maiores) dos ambientes geológico-geomorfológicos, fitogeográficos e climatobotânicos (AB’SÁBER, 2012). Isso gera pressões de uso diferenciadas em cada paisagem, o que pode concorrer para a configuração de novas formas de materialização humana nas heranças da natureza, como é o caso da Amazônia maranhense (CATUNDA; DIAS, 2019).

Algo que deve ser destacado nas pesquisas geográficas é a dimensão temporal das paisagens. O tempo é um fator fundamental para análises, já que sua ação em uma estrutura de *continuum* área-tempo que seja dinâmica e de perpétuo desenvolvimento é um indicativo da (re)produção paisagística em diversas escalas e em mosaico, aliada às características técnicas e científicas de cada época.

Desta feita, a principal categoria geográfica de análise adotada neste estudo é a paisagem. Essa categoria é essencial para a compreensão da organização das paisagens compreendidas na área de estudo, tendo em vista as estruturas dos elementos naturais constituídos pelas forçantes de processos geológicos, variação climática e ecológica, bem como dos elementos modificados pelo homem em tempos históricos diferentes.

Vale ressaltar que a paisagem é uma resultante integradora dos aspectos físicos e sociais de grande relevância para aplicação de políticas de manejo dos recursos naturais. Com base nessa concepção, é possível o dimensionamento da dinâmica das paisagens atuais como

reflexos das pressões de uso, fragmentação das paisagens naturais e atuação do homem em suas atividades acumulativas impressas no referido bioma.

2.1.1 A ideia dos palimpsestos em Geografia: a paisagem em uma perspectiva multitemporal

Mediante intensos processos de (re)configuração das paisagens (sempre segundo o binômio *continuum* área-tempo), pode-se perceber a sucessão de formas e conteúdo que determinada parcela da superfície da Terra pode adquirir ao longo do tempo (SANTOS, 2002). Esse fato pode indicar quais são os agentes sociais atuantes em certo arranjo geográfico, além de um conjunto de fatores naturais e ecossistêmicos materializado e associado aos ritmos das antropogêneses.

Ante o exposto, algumas dúvidas vêm constantemente à tona. Uma destas é como entrelaçar paisagens e tempo em uma única abordagem. Outra, colocada para provocar reflexões, refere-se ao fato de que é muito complicado integrar abordagens físicas e humanas, sem contar as de natureza ecológica, em uma perspectiva única, dentro da atual Geografia. É nesse ponto que se considera o conceito de palimpsestos regionais (AB'SÁBER, 2006), desenvolvendo algumas ideias básicas e por que não fundamentais, as quais estão listadas a seguir:

- I. paisagem é uma junção de objetos geográficos e temporais distintos, na qual o passado e o presente se encontram e se apresentam em função da realidade atual. Ao mesmo passo, elas são o resultado da configuração de duas histórias distintas, porém complementares: a história social ou humana e a história natural de dada região;
- II. falar sobre paisagem e, por consequência, de Geografia da Natureza ou Socioambiental (SOUZA, 2018) deriva em múltiplos processos evolutivos de configuração de elementos e formas em dinâmicas constantes de trocas de energias e matérias entre sistemas ambientais, levando ao encadeamento de vários outros processos geodiversos e de pressões de uso entrelaçadas, cujas compreensões servem para que se possa “construir” uma maneira mais hierárquica de se projetar a realidade sobre o espaço assentado em um substrato físico-ambiental (DIAS; CATUNDA, 2019);
- III. paisagens e suas dinâmicas evolutivas podem ser compreendidas como cenários, ou seja, um resumo da realidade, sem o qual não se pode desenvolver análises mais detalhadas sobre dado território, aqui

compreendido como um espaço delimitado (MARQUES, 2016). Esse é o ponto de partida para a compreensão integralizada, que nada mais é que um fragmento de recortes territoriais com dimensões bastante definidas, seja por sistemas de medição oficiais, seja por atributos culturais estabelecidos por certos agrupamentos humanos.

É nesse sentido multidiverso e politemático convergente que se manifestam os palimpsestos, os quais são configurações sucessivas de sistemas ambientais sobre uma mesma base material, observando, ao longo de tempos preestabelecidos (técnicas de periodização), as variações que o meio venha a passar (AB'SÁBER, 2006). Assim, a concepção do fator tempo, em uma abordagem geográfica, à luz da categoria paisagem, complementa a possibilidade de entendimento da estrutura superficial da paisagem (AB'SÁBER, 2012).

Esse procedimento pode ser compreendido por meio de escalas cartográficas e de mapeamentos associados que retratam um dado momento da paisagem, observando, com auxílio de técnicas retrospectivas (imagens de sensores remotos passadas, entrevistas estruturadas ou não padronizadas, informações orais, análises laboratoriais, dentre outras) e uma abrangência temporal que deve ser definida por cada tipo de pesquisa. Com o advento da popularização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e da ampliação de suas capacidades em promover inovações quanto ao mapeamento das unidades e dinâmicas das paisagens, a identificação dos palimpsestos geográficos foi melhorada e maximizada.

A esse aspecto, soma-se um fator crucial: não se pode compreender os palimpsestos regionais (nas muitas acepções de região que se pode utilizar) sem falar de sobreposição de configurações de paisagens, vistas como um retrato em movimento da paisagem. São elas que norteiam melhor as reflexões sobre a conversão de geossistemas e ecossistemas em ambientes humanizados (territórios geográficos). Deve-se, ainda, tecer comentários sobre os fatos cronológicos que se agregam a essa abordagem, pois antes de qualquer decisão epistêmica ou teórico-prática em uma pesquisa, aprioristicamente deve-se decidir acerca da abrangência temporal de eventos naturais e ecológicos (história físico-ecológica), além de humanos (histórias socioculturais ou socioeconômicas) sobre a base geográfica (ou territorial) a ser estudada (BERTRAND, 2004; CAVALCANTI, 2014).

No que tange à sucessão de fatos históricos relacionados ao desenvolvimento das atividades humanas, convém mencionar que estas estão ligadas ao reconhecimento da formação das paisagens em evidência, em um verdadeiro esforço de periodização (SANTOS; SILVEIRA, 2001), tendo em vista a possibilidade de identificação das chaves de compreensão da dinâmica,

sobretudo, do uso e cobertura da terra, ao longo dos anos ou décadas, por exemplo. Isso é imperativo para que sejam aplicadas técnicas cartográficas em que haja a sobreposição de mapeamentos, com base em bancos de dados preexistentes ou mesmo em imagens de sensores remotos de vários momentos distintos que retratem os elementos socioculturais e socioeconômicos que indicarão melhores formas de emprego de técnicas de periodização.

Por fim, devem ser elencadas todas e quaisquer alterações antropogênicas desenvolvidas em um determinado espaço. Para tanto, convém que este seja preestabelecido em termos cartográficos e seus efeitos sobre os sistemas ambientais preexistentes sejam conhecidos. Quando se estabelece a “complexidade” transdisciplinar à abordagem geográfica, aqui manifestada pela ideia dos palimpsestos regionais, pode-se elaborar planejamentos bem mais completos e coerentes com a realidade-foco, por meio do detalhamento de processos e de dinâmicas físicas, ecológicas e humanas, o que possibilita a elaboração de cenários coesos e coerentes sobre realidades possíveis em profundidades de tempo.

Contudo, ressalta-se aqui a importância no viés da percepção dos palimpsestos para interpretar as paisagens como heranças da natureza, entendendo que a gênese paisagística dos grandes mosaicos bioma Amazônico maranhense é composta por processos de remodelação em bilhões de anos, bem como as sutis e abruptas diferenças paisagísticas foram construídas em tempos geológicos distintos, somadas à reconstrução e estruturação, mediante ditames históricos, políticos, econômicos e culturais que *de per se* se diferem. Evidentemente, visualizar os ambientes remanescentes, além de ser fator indicativo de padrões integrais de ambientes naturais em tempos pretéritos, é fundamental para o direcionamento na inserção de medidas iminentes para a grandeza de estabilidade ambiental.

2.1.2 O “bioma” como expressão geográfica da categoria macropaisagem nos estudos geográficos

As comunidades bióticas podem ser agrupadas em conjuntos espaciais distintos, conforme parâmetros de semelhanças e diferenças. Ao partir para uma análise em escala regional, a cobertura vegetal pode ser agrupada em padrões fisionômicos (WALTER, 1971). Embora esse critério não seja considerado ecológico, é impreterível para a compreensão da distribuição da vida em uma paisagem compreendida sob a ótica geográfica (DEMANGEOT, 2000).

As unidades fisionômicas homogêneas são paisagens em que, em tese, há um equilíbrio dinâmico ecológico e biogeográfico, que pode apresentar características comuns

relacionadas entre si, as quais podem estar ligadas a um tipo de clima, solo ou até mesmo à composição da biota local ou regional (HUECK, 1972). Os biomas podem ser integrados e definidos por essas características, segundo as condições climáticas atuais (WALTER, 1986; COUTINHO, 2016). Desta feita, estes, que também são denominados domínios de natureza (AB'SÁBER, 2016), são classificados e definidos pelo seu desenvolvimento no período atual.

A fitofisionomia, portanto, é associada de acordo com um parâmetro definido, que pode ser o solo, o relevo e o clima, bem como outro fator determinante do desenvolvimento biogeográfico regional ou macrorregional (BATISTELLA et. al., 2013). Na classificação utilizada no Brasil e na maioria dos países, o clima é utilizado como fator condicionante para determinar os domínios paisagísticos terrestres. Assim, a fisionomia, a composição e a estrutura das comunidades bióticas são refletidas por meio das condições climáticas dominantes pretéritas (AB'SÁBER, 1977) e, sobretudo, atuais (BONAN, 2013).

Dessa forma, as formações vegetais passam a refletir uma adaptação ao ambiente e elas se diferem de acordo com o tipo de clima em que se encontram (FERNANDES; BEZERRA, 1990). Assim, nas zonas tropicais, as temperaturas mais elevadas e os excedentes hídricos apresentam condições mesológicas para crescimento e desenvolvimento das plantas e de seus respectivos conjuntos vegetacionais, dependendo logicamente dos contextos de continentalidade, maritimidade e altitude, em tese (BROWN; LOMOLINO, 2006).

Vale ressaltar que outro fator que teve (e tem) grande influência na vegetação e na fauna foram as glaciações e interglaciações, sobretudo, durante o Pleistoceno (entre 1,81 M.A e aproximadamente 12.700 A.P.), em que a acentuada instabilidade climática provocou grandes alterações no nível do mar, ampliação dos estoques de vegetação associados a climas mais secos que os atuais, bem como diminuição das precipitações em um contexto continental (FERNANDES, 2003; AB'SÁBER, 2012; SUGUIO, 2010).

Nesse contexto, caatingas e cerrados ocuparam espaços de florestas. Após a retomada dos processos de mudanças climáticas antropogênicas (interglacial atual), houve diminuição das áreas de biomas mais secos, pré-estendidos, que foram substituídos paulatinamente por florestas, tendo em vista o aumento significativo dos quantitativos pluviométricos (AB'SÁBER, 2012). Porém, em áreas como o Maranhão, houve a mistura de áreas nucleares dos domínios de natureza tropicais, o que originou faixas de transição e contato bastante heterogêneas. Isso permitiu que, ao longo de poucas dezenas de quilômetros, a vegetação pudesse variar em composição e em um contexto geoecológico de paisagens bastante expressivo (DIAS; CATUNDA, 2019).

Cabe explicar que algumas espécies que porventura estejam em um ambiente isolado de suas áreas originais, que se configuram como refúgios, podem ser consequência de comunidades bióticas que antes ocupavam vastos territórios com condições ecológicas propícias à sua multiplicação e dispersão sobre a geodiversidade regional (VANZOLINI, 1986). De modo geral, uma comunidade é classificada com base em seus critérios de semelhança e diferença, levando em consideração, por exemplo, a composição das espécies, as formas de vida, os processos ecológicos, estruturais e de relações inter e intraespecíficas, por exemplo (MARQUES NETO, 2018).

Por conseguinte, o homem, na sua essência, é um ser “classificador”. A classificação é uma maneira de colocar em ordem a interpretação da realidade. No entanto, quando se trata da natureza, as comunidades biológicas, a exemplo da vegetação, apresentam diversos gradientes de modificação entre os conjuntos mais homogêneos, o que dificulta, na maioria das vezes, a aplicação de um critério para alcançar uma classificação a mais próxima possível da realidade.

A classificação, portanto, consiste em considerar os seus elementos que estão associados para que divisões escalares possam ser possíveis (CONTI; FURLAN, 1996). Em uma abordagem regional, a cobertura vegetal pode ser agrupada em diferentes conjuntos que apresentam fisionomias similares. Pode-se classificar, além dessas, algumas faixas ecológicas de escalas superiores. Os biomas, por exemplo, integram-se a esses critérios (WALTER, 1986).

Na escala global, a maior comunidade terrestre ou unidade ecológica é o bioma. O seu conceito é baseado no desenvolvimento das comunidades animais e, sobretudo, vegetais dominantes e que, a rigor, apresentam um destaque visual às paisagens reais (*natureza de per si*) e técnico-imaginárias (cartografadas segundo métodos e critérios apropriados). Os biomas são identificados como a comunidade madura ou associação de espécies dominantes em determinada condição climática vigente. Assim, são tidos como regiões homogêneas em que heterogêneos fatores ecobióticos e alelobióticos se interinfluenciam. Destes, dois se destacam: o clima e a vegetação.

Originalmente, para Walter (1986), o termo bioma (do grego *bio* = vida + *oma* = forma) é semelhante ao de formação vegetal. No entanto, considera sua associação a outros fatores como fauna e micro-organismos. A biota nessa lógica começa a fazer parte da associação do termo. Nessa perspectiva, Dajoz (2005) definiu bioma como um agrupamento de fisionomia homogênea e independente da composição florística em uma grande área geográfica, controlada por um macroclima dominante (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). Na comunidade terrestre, os biomas se referem às principais formações vegetais naturais.

Isso se confirma, pois, as condições climáticas são fatores imprescindíveis para desenvolver comunidades vegetais convergentes, apresentando formações fisionômicas e ecológicas similares. Todavia, muitas podem diferir tanto na sua composição florística quanto nas suas espécies, resultado de especiação ocasionada por vários fatores, tais como as barreiras geográficas (TROPMAIR, 2019).

Como já destacado, os biomas apresentam uma classificação associada aos aspectos fisionômicos, aos fatores de estágio de desenvolvimento comum, aos climas e à composição atual da biota, todos vistos sob a perspectiva macropaisagística, ou seja, em escalas pequenas, inferiores a 1:750.000. Destarte, um agrupamento fisionômico compreende diversas combinações. A variação da vegetação apresenta diversificados gradientes conforme as mudanças dos fatores de umidade, temperatura, solos e topografia, características em cada região (CONTI; FURLAN, 1996; ROMARIZ, 2008). Assim,

[...] o conceito de bioma é fisionômico e funcional, isto é, levam-se em conta a aparência geral da vegetação e aspectos como os ritmos de crescimento e reprodução; por outro, o conceito não é florístico, isto é, a afinidade taxonômica das espécies que aparecem em várias unidades de um mesmo bioma é irrelevante (BATALHA, 2011, p. 20).

Nesse ponto de vista, cabe elucidar a contribuição do conceito de biomas para a Ecologia e para a Geografia proposto por Walter (1986), dada a importância de ser considerado um dos conceitos mais modernos e de concepção mais ecológica e aplicável. Para o autor, “um bioma, como ambiente, é uma área uniforme pertencente a um zonobioma, orobioma ou pedobioma” (WALTER, 1986), podendo restringir-se a pequenas áreas ou chegar até mais de 1 milhão de quilômetros quadrados. A sua percepção leva em consideração não apenas fatores como o clima, mas também a altitude, os fatores pedológicos e o ecossistema em sua totalidade. Atribui-se, dessa forma, ao conceito de bioma um caráter fundamentalmente ecológico, porém com fortes conotações geográficas e cartográficas.

De opinião semelhante, Coutinho (2016) apresenta que bioma é

[...] uma área do espaço geográfico, com dimensões de até mais de um milhão de quilômetros quadrados, que tem por características a uniformidade de um macroclima definido, de uma determinada fitofisionomia ou formação vegetal, de uma fauna e outros organismos vivos associados, e de outras condições ambientais, como altitude, solo, alagamentos, fogo, salinidade, entre outros. Estas características todas lhe conferem uma estrutura e uma funcionalidade peculiares, uma ecologia própria (COUTINHO, 2016, p. 18).

Batalha (2011), por outro lado, aponta, em seus estudos, algumas observações acerca do conceito de bioma, o que será adotado doravante neste trabalho:

- a) o conceito de bioma é fisionômico, ou seja, deve-se considerar a aparência geral das formas da vegetação, que são consequência da presença de determinadas formas de vidas;
- b) o conceito de bioma é funcional, uma vez que se levam em consideração os fatores como ritmos de crescimento e reprodução;
- c) o conceito de bioma não é florístico, isso porque as afinidades taxonômicas das espécies exibidas em diversas unidades de um mesmo bioma não são relevantes;
- d) o conceito de bioma é delimitado pela vegetação, mas associa e compreende, além dessa, toda a biota;
- e) o conceito de bioma é aplicável a toda a superfície da Terra, não apenas em fragmentos dela, mas em todas as regiões; e
- f) o conceito de bioma é paisagístico, portanto, geográfico, o que potencializa sua inserção em análises biogeográficas e geocológicas em áreas grandes, sobretudo, pela necessidade de reconhecimento de unidades dinâmicas de paisagens e sua importância para o ordenamento dos territórios, das atividades humanas produtivas e de proteção aos recursos naturais remanescentes (DIAS; CATUNDA, 2019).

Partindo dessa análise, cada bioma possui uma fisionomia característica, apresentando altura e hábito de crescimento dos principais táxons, tamanho, forma e textura das folhas (se são decíduas, semidecíduas ou sempre-verdes), assim como variabilidade ou biodiversidade da composição das espécies e outros aspectos que impõem fisionomia e arquitetura próprias para amplas extensões de cobertura vegetais (TALLIS, 1991).

O conceito de bioma, no entanto, costuma ser confundido com os domínios morfoclimáticos propostos por Ab'Sáber (1967). No entanto, este condiz com a formação das unidades de paisagem constituídas a partir dos fatores clima e relevo, sobretudo, classificando a vegetação em “complexo de formações”, mas incluindo as faixas ou áreas de transição, ou seja, a passagem entre um domínio e outro. É, pois, levemente diferente do primeiro conceito citado, já que ele apresenta que os quadros vegetacionais são analisados sob os aspectos ecológicos, fisionômicos, florísticos e fatores ambientais associados.

Assim, os domínios morfoclimáticos constituem grandes exemplos de complexos paisagísticos das terras tropicais existentes e não possuem, ainda, uma delimitação cartográfica

do tipo linear. Isso porque cada domínio morfoclimático possui “uma área *core* (área nuclear) e zonas ou faixas de transição, onde se interpenetram, se diferenciam e às vezes se misturam – em mosaicos complexos – componentes de duas ou mesmo três áreas de contato” (AB’SÁBER, 1967, p. 3). Os biomas, contudo, não apresentam em sua cartografia atual esse tipo de faixas ecotonais, mesmo que se saiba que existem.

É conveniente destacar que a divisão dos limites entre dois domínios de natureza (ou mesmo biomas) não ocorre de forma abrupta, pois existe invariavelmente a presença de comunidades indiferenciadas com a ocorrência de interpenetração de composições florísticas, denominadas de faixas de transição ou contatos (AB’SÁBER, 2006). Dessa forma, são caracterizadas como região de contato (os ecótonos) áreas de transição entre dois ou mais habitats ou ecossistemas distintos que podem conter características de ambos ou próprias (ART, 2001).

Por conseguinte, de acordo com a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2004), foram considerados seis macros biomas no território brasileiro: Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Pampas e Pantanal, em uma escala de 1. 5.000.000. O mapa de biomas brasileiros é o resultado da cooperação entre o IBGE e o MMA, iniciada em 2003. O IBGE (2004, s/p) indica que

[...] bioma é conceituado no mapa como um conjunto de vida (vegetal e animal), constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação contíguos e identificáveis em escala regional, com condições geoclimáticas similares e história compartilhada de mudanças, o que resulta em uma diversidade biológica própria (IBGE, 2004, s/p).

Desse modo, segundo o IBGE (2004, n.p.), a Amazônia compreende aproximadamente 49,29% de todo o território do Brasil, cerca de 4,2 milhões de quilômetros quadrados, abrangendo a totalidade dos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará e Roraima. Somam-se a esses os 98,8% do estado de Rondônia, 54% do Mato Grosso, 3,4 % do Maranhão e 9% do Tocantins. Possui, em sua abrangência territorial, a maior reserva de diversidade biológica do mundo e abriga a maior bacia hidrográfica existente no planeta.

O bioma Amazônico do Maranhão corresponde à faixa Leste do Centro de Endemismo Belém (CEB), uma das oito regiões biogeográficas em que se divide a Amazônia Internacional (SILVA et. al., 2005). É, pois, a parte mais oriental desse macroterritório ecológico que, *de per si*, tem aproximadamente $5,5 \times 10^6$ km². Esse recorte geográfico também é denominado Amazônia maranhense, Nordeste Amazônico, Extremo Nordeste da Amazônia e Amazônia Oriental.

Nesse contexto, a área de interesse dessa pesquisa compreende 108 municípios, nos quais estão situadas 3 Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral, 12 Unidades de Conservação de Uso Sustentável e 14 Terras Indígenas. Poucas efetivamente protegidas, sobretudo, por suas categorias e naturezas jurídico-institucionais, das quais remanescem os 25% de cobertura vegetal nativa de características amazônicas (CATUNDA; DIAS, 2019).

2.4 Processo de construção do território do bioma Amazônico maranhense

Uma diligência histórica acerca da construção de um território, com vistas ao processo ocupacional, ainda que sintético, é um salutar esforço para a compreensão sobre como determinadas regiões adensaram, expandiram e continuam a expandir. Certamente essa perspectiva também direciona como as atividades econômicas foram responsáveis por grande parte da ocupação e modificação das paisagens do bioma Amazônico maranhense e imperam em determinadas localidades e em outras não.

Para explicar essa dinâmica inicial do processo de ocupação da parte leste da Amazônia brasileira (bioma Amazônico no Maranhão), Trovão (2016) aponta duas frentes de ocupação até o final do século XIX: a frente litorânea e a dos caminhos do gado

[...] a ocupação do espaço maranhense e a sua colonização desenvolveu-se através de duas frentes de expansão, em áreas geográficas distintas, uma pela planície via litoral, tendo como ponto de partida o Golfão Maranhense; e a outra pelo sertão, no planalto, tendo como via de penetração o médio vale do Parnaíba (sertão de Pastos Bons). Aquela tendo como principal elemento econômico a agroexportação e esta a pecuária e que, por isso, apresenta características próprias, com relações sociais e comportamentos socioculturais bastante definidos (TROVÃO, 2016, p. 12).

Nesse contexto, a frente litorânea somente se intensifica, no ano de 1615, após a fracassada implantação da França Equinocial em São Luís, derivada da expulsão dos franceses pelos portugueses do território maranhense que pertencia à Coroa portuguesa à época, resultado de uma guerra travada no período de 1613 a 1615, a conhecida Guerra de Guaxemduba. Por conseguinte, a frente do litoral, ao que tudo indica, é responsável pela interiorização dos primeiros povoados não indígenas no bioma, seguindo as vias marítimas próximas ao litoral e os vales baixos e médios dos rios genuinamente maranhenses: Pindaré, Itapecuru, Mearim, Grajaú, Munim e Gurupi (FERREIRA, 2008; TROVÃO, 2016).

Dessa forma, essa primeira ocupação e interiorização do território se deu em sentido à cidade de Alcântara e, em seguida, ao baixo vale do Itapecuru. Considerando as resistências dos nativos da terra, os indígenas, continua-se a ocupação em sentido aos vales baixos do

Itapecuru e segue-se em outras direções em sentido aos baixos vales dos rios Gurupi e Pindaré, os quais se encontram com as já frentes iniciadas pelo litoral via reentrâncias maranhenses pelo mar. Desses originam-se as cidades de Turiaçu, Cururupu e Guimarães, que mais tarde emancipam-se em outros municípios. Ademais, a frente litorânea acabou também por consolidar a ocupação da parte leste do bioma pelos vales do Itapecuru com a implantação de engenhos e fazendas de algodão, como por exemplo, o atual município de Rosário, e nos intermédios do rio Munim, a exemplo dos municípios de Icatu e Cachoeira Grande (FERREIRA, 2008, TROVÃO, 2016, ROCHA, 2015).

Não muito longe do litoral, chama a atenção o processo de ocupação da região da Baixada Maranhense, uma vez que essa região é fomentada por imigrantes por suas vastas áreas alagadas. A partir da chegada desses, dá-se início à primeira leva de pessoas no território maranhense (não indígenas e portugueses propriamente ditos) que, segundo Lopes et. al. (2017, p. 48), com as

[...] ocupações das terras baixas inundáveis do Maranhão e Grão-Pará (Baixada Maranhense, como é atualmente conhecida área), possibilitou a instalação da primeira grande concentração de imigrantes não necessariamente portugueses no estado: os açorianos. Nesse contexto, a chegada de sucessivas levas de imigrantes açorianos à Província pareceu a forma encontrada pela Coroa para a resolução da problemática da ocupação do território e das suas complexas organizações comerciais, já que muitos desses primeiros colonos instalaram-se em locais distantes entre si, mas em espaços físicos e ecológicos bastante similares, e foram logo empregados nos primeiros engenhos erigidos às margens do rio Itapecuru.

Por outro lado, no tocante à frente de ocupação dos caminhos do gado ou sertão, houve grande influência no processo de ocupação do sul do bioma ao sentido oeste. Essa corrente pastoril alcança o Maranhão pelo atual município de Pastos Bons, no início do século XVIII, a partir dos anos de 1730. Essa frente é desencadeada por criadores de gados e seus vaqueiros, advindos dos estados da Bahia e Pernambuco. Rocha (2015) alude que a principal característica dessa frente de ocupação, inicialmente, foi o fato de a conquista ter sido de caráter privativo e sem o apoio do Estado e da Igreja Católica.

Trovão (2016) destaca que essa corrente se inicia 118 anos depois do processo de ocupação da frente litorânea. Assim, a expansão pastoril foi um ponto de partida de três grandes núcleos de ocupação: Pastos Bons, Riachão e Carolina. Estes estimularam outras ocupações como a do município de Grajaú; da região tocantina, como Imperatriz, entre outros. Nesse sentido, Lopes et. al. (2017, p. 52) apontam que “em síntese, esses três núcleos sociais foram os primeiros resultados da expansão da frente pastoril saída do povoado de Pastos Bons rumo

ao oeste, gerando, a partir daí, a formação de novos povoados e vilas como Barra do Corda, Porto Franco, Imperatriz, entre outros”.

Na primeira década do século XX, o Maranhão conta com um processo significativo de chegada de novos imigrantes do Ceará e Piauí, afugentados pela seca do Nordeste, atraídos pela descoberta de ouro no Vale do Turiaçu e em busca de terras produtivas para a agricultura com condições climáticas amenas, sobretudo. Essa terceira frente de expansão veio em sentido leste-oeste do Maranhão e chega ao bioma Amazônico adensando várias vilas e povoados. Como evidencia Trovão (2016, p. 26):

[...] em 1940 atingiu Pedreiras, em 1950 reorganizava o espaço rural produtivo de Bacabal e em 1957 ocupou Santa Inês (naquela época denominado Arraial de Santa Inês) ponto de passagem para Turiaçu (área aurífera). Em 1959 fundou o povoado que deu origem ao município de Bom Jardim, em 1960 atingiu Chapéu de Couro (atual município de Governador Newton Belo) e em 1961 alcançou o posto do Alto Turi, às margens do rio Turiaçu, desviando-se a partir daí para o Vale do Gurupi.

Somada à chegada dos imigrantes nordestinos, na metade do século XX, a construção territorial do bioma amazônico maranhense inicia um novo ciclo que remodela os seus espaços a partir da década de 1950. Hogan et. al. (2008, p. 76-77) sobre isso esclarecem que

[...] as frentes pioneiras agropecuárias e minerais espontâneas do Nordeste para o Norte começaram a partir dos anos de 1920 e se intensificaram nos anos de 1950 e 1960. Para ocupar e desenvolver o “suposto vazio e pouco integrado” território brasileiro, a atuação do Estado se fez sentir já no final da década de 1930, no início de 1940, com a “Marcha para o Oeste” que visava à interiorização da ocupação brasileira rumo ao Centro-Oeste. Getúlio Vargas defendeu a integração do Norte ao movimento de construção nacional; definiu órgãos para o fortalecimento da economia e melhoria das condições; criou territórios federais (Guaporé, atual Rondônia, Rio Branco, atual Roraima; e Amapá) no afã de organizar o território; orientou o fluxo dos nordestinos – Soldados da Borracha – aos Seringais Amazônicos para garantir atendimento da demanda norte-americana durante a Segunda Guerra. Nas décadas de 1950 e 1960, a abertura de estradas federais como a Belém-Brasília contribuiu para a almejada integração, sobretudo, dos estados do Centro-Oeste, rebocados pela nova capital federal.

A incumbência dessas políticas federais de ocupação dos “*espaços vazios*” foi de grande importância para a intensificação da ocupação atual do bioma Amazônico maranhense e, conseqüentemente, para a redefinição de suas estruturas fundiárias, uma vez que muitos são atraídos pelas terras devolutas e acabam por se estabelecer no Maranhão. Outro fator a se considerar para atrair os imigrantes nordestinos a algumas regiões do bioma Amazônico, por exemplo a região de Imperatriz, foi a abertura de estradas na década de 1950, ligando essa região a Grajaú, que até então tinha acesso apenas por rios. Com isso, intensificou-se nessa

região um ciclo madeireiro, dispondo de exploração de madeiras nobres e indústrias madeireiras que acabam por se expandir para outros municípios como Açailândia, Itinga, dentro outros. Franklin (2008, p. 82) explica que

[...] com a abertura dessa estrada, uma leva de imigrantes começou a chegar ao território de Imperatriz, ocupando terras devolutas, plantando arroz e formando novos vilarejos. [...] Os primeiros a chegar teriam vindo da região do Mearim, principalmente de São Domingos do Zé Feio e Pedreiras. [...] Outras estradas e muitas pontes foram construídas na gestão de Simplício Moreira², fazendo com que o município saísse do seu secular isolamento terrestre, contra o qual pelejaram desde a fundação os moradores de Santa Teresa.

Seguindo nessa perspectiva, o desenvolvimento e crescimento dessa região do bioma é reforçada pela implantação da estrada federal BR-010 (Figura 2), conhecida como a Belém-Brasília, obra implicada pela inclusão do Maranhão, o qual compreende a área de estudo em questão, na Amazônia Legal por instrumentos legais estabelecidos na Lei Federal nº 1.806, de 6 de janeiro de 1953. Essa legislação, dentre outras providências, estabelece o Plano de Valorização Econômica da Amazônia e Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA). Dito de outra forma, esse plano designa, conforme Lei Federal nº 1.806, de 6 de janeiro de 1953, nos seus artigos 1º e 2º:

Art. 1º O Plano de Valorização Econômica da Amazônia, previsto no Art. 199 da Constituição, constitui um sistema de medidas, serviços, empreendimentos e obras, destinados a incrementar o desenvolvimento da produção extrativa e agrícola pecuária, mineral, industrial e das relações de troca, no sentido de melhores padrões sociais de vida e bem-estar econômico das populações da região e da expansão da riqueza do país.

Art. 2º A Amazônia brasileira, para efeito de planejamento econômico e execução do Plano definido nesta lei, abrange 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 de Mato Grosso a norte do paralelo de 16º, do estado de Goiás a norte do paralelo de 13º e do Maranhão a oeste do meridiano de 44º.

² O autor está se referindo ao vice-prefeito da vila de Santa Teresa, que atualmente é o município de Imperatriz, na década de 1950. O mesmo esteve no cargo de 1953 a 1956.

Figura 2 - Frente de desmatamento da região do Guamá para construção da rodovia Belém-Brasília



Fonte: Arquivo Nacional (1958).

Contudo, esse foi fator primordial para o adensamento de alguns núcleos urbanos nas margens do Tocantins e para a abertura de novas fronteiras agropecuárias ligando Belém, Tocantins, Goiás e Maranhão. Andrade (1973, p. 128) *apud* Ferreira (2008, p. 136), sobre essa fase de povoamento, esclarece que

[...] o Projeto de Povoamento do Maranhão (PPM) foi precedido da inclusão deste na área da Amazônia Legal por força da Lei Federal nº 1.806/1953. Foi iniciado em 1962 e deriva de duas estratégias de intervenção: a primeira (integração regional/nacional) remonta a 1958, quando o Ministério do Interior (MINTER) iniciou a implantação da Rodovia Belém-Brasília, cujo traçado corta o Maranhão de sudoeste para oeste, isto é, de Carolina a Itinga (249,5 km, passando por Imperatriz); a segunda (ocupação/desenvolvimento regional) foi materializada a partir de 1959, quando foi criada a SUDENE. Esta apresentou o seu I Plano Diretor Regional (1961-63) com o objetivo de ampliar a “fronteira agrícola do Nordeste do Brasil”, de maneira que fosse viabilizada a “absorção dos excedentes da força de trabalho rural da região”, bem como a ocupação das terras devolutas (aqui entendidas como fundos territoriais nos quais o Estado vai atuar), localizadas no setor noroeste maranhense, visto que o mesmo “concentrava 40% do total (500.000 km²) de terras públicas disponíveis na macrorregião Nordeste, em que poderiam ser alocadas 290.000 famílias”.

Mediante o exposto, no final da década de 1960, no então governo estadual de José Sarney que, por incentivos federais, por meio do estabelecimento do Decreto nº 3.831, de 6 de dezembro de 1968, criava a reserva Estadual de Terras e, no ano seguinte, a Lei Estadual nº 2.979, a qual era regulamentada pelo Decreto nº 4.028, de 28 de novembro do mesmo ano, que facilita “a venda das terras devolutas, sem licitação, a grupos organizados em sociedades anônimas, sem número limitado de sócios, podendo requerer cada um até três mil hectares”

(ROCHA, 2015, p. 16). Dessa forma, foi impulsionada a concentração de terras e migração dos trabalhadores rurais de pequeno e médio porte para as cidades, aumentando as manchas urbanas (ROCHA, 2015; HOGAN et. al., 2008; LOPES et. al., 2017).

Nesse intervalo, houve a abertura de várias frentes de desmatamento. Era a década de 1970, cujo principal objetivo, quanto à Amazônia, era integrá-la ao território nacional, com vistas à incorporação desse vasto domínio de natureza aos processos econômicos e demográficos que emoreavam no restante do país. O excedente de mão de obra e novas lógicas produtivas em frentes pioneiras seria consolidado dos anos de 1960 ao início dos anos de 1980.

À vista disso, sob pretexto de desenvolvimento da Amazônia, na década de 1980, o Projeto Grande Carajás traz ao bioma Amazônico maranhense uma nova lógica de distribuição populacional. Nesse cenário, o projeto Grande Carajás ganha força quando o Projeto RADAM Amazônia, operacionalizado nos anos de 1970 a 1975, realiza um levantamento de estudos técnicos, sobretudo, de cunho geológico e mineralógico na Amazônia, dando subsídios para indicação e/ou dimensão de áreas com grandes potenciais de exploração mineral, dentre as quais a região da Serra dos Carajás, já que se tinha conhecimento das jazidas da Serra dos Carajás em 1967, “após pesquisas realizadas por uma subsidiária da multinacional *United States Steel* que possuía grande interesse pelo manganês (recurso estratégico)” (SANTOS, 2020, p. 41).

Nesse sentido, o projeto Grande Carajás abre três grandes vias de integração: escoamento do minério pela Estrada de Ferro Carajás, chegando ao Porto da Madeira em São Luís; incentivos fiscais para empreendimentos agropecuários e siderúrgicos na área de abrangência do Projeto; e a integração com a Ferrovia Norte-Sul que permite o escoamento de grãos, mais tarde incorporada pela Companhia da Vale Rio Doce. Em razão disso, atrai para essa região pessoas de várias regiões do Brasil, sobretudo, do Nordeste, Goiás, Tocantins e do próprio Maranhão, em razão da demanda por mão de obra. Além disso, vários empreendimentos agropecuários, siderúrgicos e silviculturais chegam ao Maranhão, no bioma Amazônico especificamente, facilitados pelos incentivos federais e estaduais de isenção de impostos de renda e carga tributária por dez anos (MACHADO, 1991).

Por esse viés, a implantação da Estrada de Ferro Carajás desencadeia um conjunto de impactos no território que se estende ao longo de toda a ferrovia, somada aos garimpos, como o da Serra Pelada, e à instalação da hidrelétrica de Tucuruí, em consequência do Projeto Grande Carajás. Ab’Sáber (2004, p. 1-2) destaca que houve

[...] uma grande valorização das terras situadas à margem da recém-construída Estrada de Ferro Carajás-Ponta da Madeira (São Luís): um dos muitos fatos contabilizáveis é a completa ausência de um verdadeiro plano de previsão de impactos, em nível regional, no Projeto Grande Carajás; a industrialização e o crescimento urbano de São

Luís, na Ilha do Maranhão, sob total ausência de um verdadeiro plano-mestre de ocupação do solo para o conjunto do tabuleiro insular; a incrível tendência de crescimento urbano das cidades de Marabá e Imperatriz, situadas a 700-800 km da costa; as ameaças, altamente predatórias, dos planos de implantação de indústrias de ferro-gusa.

[...] Sem falar nas graves questões que envolvem a preservação das reservas indígenas regionais, ameaçadas ou parcialmente invadidas por posseiros, fazendeiros, agropecuários, madeireiros, sofrendo a interferência de múltiplas consequências provocadas pela abertura de novas estradas (ferrovias, rodovias) e implantação de barragens (Tucuruí), a par da multiplicação de vilas e povoados, e crescimento demográfico explosivo das cidades (Marabá, Imperatriz, Santa Inês, São Luís).

Como percurso total de 890 km de extensão que liga a Serra do Carajás no Pará ao Porto de Ponta da Madeira em São Luís (Figura 3), houve uma reestruturação produtiva do território. A expansão populacional acompanhada de frente de ocupação pioneira e rearranjo da malha urbana regional possibilitou, na Amazônia maranhense, a configuração de um novo enfoque agrário e, em parte, industrial.

Nesse encaixe, estão as instalações industriais do complexo siderúrgico de ferro-gusa de Pequiá no município de Açailândia; o complexo industrial de Santa Inês; e o complexo industrial de São Luís, que trouxeram as empresas: Companhia do Vale do Rio Doce (atual Vale), ALCOA e Porto do Itaqui. Esse processo em si causou a sedimentação de uma nova realidade produtiva no território, ainda nos anos finais da década de 1980 e primeiros da década de 1990.

Figura 3 - Ferrovia Carajás-São Luís nas proximidades do município de Santa Inês (MA)



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Contudo, esse caráter de discussão desperta hipóteses fundamentais acerca da participação do processo de construção do território, acompanhados por incentivos estatais ou

por demanda de territórios pela população, na definição das zonas de pressão de uso da terra. Essas foram se estabelecendo ao longo de todo o período histórico do bioma Amazônico maranhense, o que concorre para a compreensão de estudos das zonas de pressão de uso atuais com um dos fatores de fundamental importância a ser adotado nos planejamentos territoriais, ambientais e de conservação do bioma.

2.5 Contextualizando o conceito de pressão de usos da terra

Convém lembrar que a paisagem é uma junção de objetos reais e temporais distintos, na qual o passado e o presente se encontram e se apresentam em função da realidade atual, sendo, ao mesmo passo, resultado da configuração de duas histórias distintas, porém complementares: a história social ou humana e a história físico-ecológica de dada região (AB’SABER, 2006). O agente antropogênico (homem), dotado de necessidades e forças produtivas, transformadoras e perturbadoras, tem o claro intuito de modificar o meio natural, convertendo-o continuamente em espaço geográfico que é por definição social. Isso a partir de mecanismos materiais e atributos valorativos e dogmáticos, os quais são pelas sociedades construídos, constituídos e incrementados.

Ross (2000, p. 291) afirma que “[...] os sistemas ambientais naturais, face às intervenções humanas, apresentam maior ou menor fragilidade em função de suas características genéticas [...]”. Assim, as pressões de uso se ressignificam o longo do tempo e das paisagens alteradas em termos escalares e areais. Desta feita, as intervenções humanas sobre o meio, em especial sobre a morfologia derivada dos aspectos geológicos, climatobotânicos e pedológicos, têm respostas distintas às alterações antropogenicamente impostas, o que pode vir a levar a maiores possibilidades de impactação ambiental, ou mesmo, de inadequação ou inapropriação de usos de tecnologias adversas ao ambiente, de um processo pontual e crescente de degradações ambientais heterogêneas intercaladas (AB’SÁBER, 2006).

Isso acaba por mostrar que as relações de produção e apropriação de paisagens, na tentativa de convertê-las em espaços, podem vir a ser intensas em função de interesses externos à condição social vigente, antes sendo intrínsecas aos caracteres postulados pelo sistema de produção, no caso atual, o capitalista (CASSETI, 1995). É esse sistema de produção, com “organização produtiva” e ditames da divisão do trabalho, que norteia, de forma heterogênea, os diversos modos de uso e ocupação do solo (caso do espaço urbano) e da terra (espaços rurais). Ante o exposto, há uma tendência de aproveitamento desequilibrado e combinado – modo de

produção capitalista dos recursos naturais e ecológicos (ou bióticos) disponíveis, o que, *de per si*, perfaz o que se convencionou, para fins deste trabalho, denominar de pressões de uso.

Nesse aspecto, Gerude (2013) comenta que, em um contexto macroescalar, como é o caso de um bioma ou parte dele, as pressões de uso se materializam na relação causal e estreita entre os desmatamentos e os avanços de fronteiras produtivas. Salienta-se ainda o fato de que isso está associado à configuração das áreas antropizadas e paisagens naturais remanescentes, como é evidenciado no contexto do bioma Amazônico maranhense (Figura 4 e 5).

Figura 4 - As setas apontam o avanço da urbanização sobrepondo-se às Áreas de Preservação Permanente, no município de Icatu (MA)



Fonte: Registros da Pesquisa (2020).

Figura 5 - Avanço da cidade de Pinheiro (MA) em direção aos campos inundáveis, áreas de relevante interesse ecológico para a conservação da biodiversidade na APA da Baixada Maranhense



Fonte: Registros da Pesquisa (2020).

Essas pressões de uso são fatores substanciais para a conversão das coberturas nativas em paisagens alteradas pelas atividades em curso, como a pecuária, a silvicultura, a agricultura mecanizada e tecnificada, a agricultura itinerante e os grandes projetos industriais e silvícolas implantados na região. Assim, acabam essas condições motrizes por diminuir progressivamente a diversidade e a riqueza, específicas das paisagens naturais que remanescem em poucos blocos de áreas protegidas.

Perante o exposto, para Silva (2007), com as devidas alterações feitas em sua estrutura conceitual, por ocasião da presente pesquisa ser adaptada para o bioma Amazônico no Maranhão, o processo para articulação integrada de uma fronteira econômica e política no bioma também é capaz de caracterizar as zonas de pressão antropogênicas sobre os sistemas ambientais naturais, que são materializados das seguintes formas de compreensão zonificada, descritas *a posteriori*.

i) ***zona de pressão de uso da exploração de caça e insumos madeireiros***: aquela que obedece aos fluxos de reconhecimento do território, com suas potencialidades e, sobretudo, restrições ambientais. Era o tipo relacionado aos processos históricos de configurações das “entradas e bandeiras” (FURTADO, 2007; PRADO JÚNIOR, 2008; BUENO, 2010), no intuito de interiorizar as ocupações do território brasileiro, para a sua conseqüente dominação. No bioma Amazônico do Maranhão, são encontradas evidências paisagísticas cada vez mais reais e indelévels desse tipo de pressão de uso;

ii) ***zona de pressão de uso da mineração***: desenvolvida, sobretudo, no Brasil Central (Minas, Goiás e Bahia), mas com leves desdobramentos para o Norte, como na divisa entre o Maranhão e o Pará, já no final do século XIX e início do século XX, configurando uma faixa pioneira denominada “Guiana Maranhense” (ABREU, 1939), formada por veios auríferos, com presença de pedras semipreciosas. O bioma Amazônico no Maranhão não se distancia desse processo de zonação, haja vista a força das articulações garimpeiras no Noroeste do recorte territorial em tela. Somam-se a essa concepção zonal os polos de produção gesseiros no município de Grajaú, no extremo sul do território;

iii) ***zona de pressão de uso para o desmatamento***: resultado natural dos esforços de ocupação humana em áreas com algum tipo de cobertura vegetal dominante, que especificamente no Maranhão, eram as Florestas Amazônicas, os Cerrados e as

Matas de Cocais (DIAS, 2008). As demandas pelas produções agrícolas e pecuaristas de subsistência e de mercado induzem à supressão florestal, cuja madeira é vendida como recurso para madeireiras, serrarias ou mesmo como lenha para fornos. Os espaços, devidamente desmatados, configuram-se como palco material básico para o desenvolvimento, segundo suas potencialidades relacionadas ao relevo e aos insumos agrícolas ou pecuaristas disponíveis, da agricultura, da pecuária e, dependendo das demandas industriais, da silvicultura;

iv) *zona de pressão de uso agropecuária e de monossilvicultura*: após a denudação do solo praticada pelas atividades de desmatamento, configura espaços “aptos” à implementação de atividades no bioma Amazônico do Maranhão que requeiram modalidades diferenciadas de uso e ocupação das terras, revertendo, de forma humanamente induzida, a potencialidade do espaço de se recuperar. Práticas inadequadas de manejo do solo, principalmente por meio do uso do fogo como agente de controle da vegetação e do pisoteio dos solos pelo gado bovino, acabam por tornar inviáveis as produções a longo prazo, o que induz o avanço a cada duas ou três décadas para novos espaços, reiniciando um processo de configuração de fronteiras de desmatamento para a formatação de fronteiras agrícolas e pecuaristas;

i) *zona de pressão de uso urbano-industrial*: configurada pelos incrementos econômicos e políticos, estruturados e materializados na forma de poder de capital em determinado território. Os aglomerados urbanos apresentam, em tese, serviços e equipamentos diversos (saúde, educação, assistências técnicas e sociais, atividades comerciais e industriais) que as áreas rurais não possuem. Regionalmente, São Luís, Imperatriz, Açailândia, Santa Inês, Bacabal, Pinheiro e a hinterlândia sofrem com esse tipo de pressão de uso direto e efetivo. Assim, estabelecem-se as fronteiras urbanas como centros de atração populacional, sendo que a grande parcela de suas populações formadoras é excluída do acesso a equipamentos e serviços vinculados a políticas públicas de ampla abrangência social, bem como das decisões governamentais que afetem positivamente o modo de vida das comunidades. É nos espaços urbano-industriais que se configuram os ambientes mais suscetíveis à criticidade social e econômica, o que implica formação de bolsões urbanos de pobreza e, por consequência, de exclusão social;

v) *zona de pressão em corpo hídrico*: configura-se em regiões de lagos, rios e áreas litorâneas que têm a pesca como uma das principais fontes econômicas de abastecimento alimentar para mercados locais e regionais, isto é, pesca e aquicultura entram nesse contexto, somando nessas áreas grandes pressões de práticas da pesca esportiva. São esses sistemas naturais que apresentam pressões para abastecimento de água para a população e para os sistemas agropecuários, os quais geram sérios danos ambientais, no tocante à qualidade de água dos corpos hídricos, pois apresentam grandes fragilidades e possuem relevante importância para a sustentação dos ecossistemas (LOPES et. al., 2017).

An aerial photograph of a rural village. In the foreground, there are several buildings with corrugated metal roofs, some of which appear to be under construction or in a state of disrepair. A dirt road winds through the village. In the middle ground, a river flows through the landscape. The background is dominated by lush green hills and mountains. The overall scene depicts a typical rural settlement in a tropical or subtropical region.

3. PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este item propõe-se a discutir os procedimentos teórico-metodológicos mais relevantes para a elaboração e o alcance dos objetivos propostos pela pesquisa. Sendo assim, discute-se quatro aspectos fundamentais: métodos da pesquisa; levantamento de literatura e dados secundários; sistematização dos mapeamentos; e trabalho de campo.

3.1 Métodos da Pesquisa

A elaboração de uma abordagem que vise à construção do conhecimento científico, de maneira fiel e precisa, requer diferentes estágios de desenvolvimento e, portanto, não é uma tarefa simples. A complexidade de interpretar os fenômenos sociais e naturais ou a relação natureza-sociedade se deve ao fato de esses estarem em constante mudança e por consistirem em múltiplas inter-relações possíveis que, por sua vez, “não se mostram ao homem, e sim parecem “vendadas” (SILVA; TRIANO, 2005). Partindo desse pressuposto, não existem verdades concluídas ou absolutas, mas sim necessidades cada vez maiores de se aprofundar técnica e cientificamente os conhecimentos acerca de dada realidade a ser criteriosamente investigada.

O método, dessa forma, enquanto orientação para o desenvolvimento do conhecimento científico, busca entender, conhecer, identificar e diagnosticar essas inter-relações, em que a sociedade e a natureza se encontram em contínuo processo de formação espaço-temporal singular e/ou particular. Nesse sentido, Marconi e Lakatos (2008) definem o método como um “conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo – conhecimentos válidos e verdadeiros – traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista” (MARCONI; LAKATOS, 2008, p. 83).

Nessa perspectiva, conforme Ross (2010) e Farias (2012), a metodologia aplicada na pesquisa conduz a execução dos trabalhos a serem desenvolvidos, enquanto as técnicas e os instrumentos dão subsídios para a operacionalização desses trabalhos. Diante disso, nesta pesquisa, será adotado o método estruturalista, o qual implica “superar uma descrição direta do sensível, do vivido ou de uma gênese, pautando-se na estrutura, na racionalidade que jaz além do empírico” (VIET, 1973, p. 84). Sendo assim, as estruturas estão interligadas, de forma sistemática e, portanto, as modificações de uma das estruturas incubem o desequilíbrio total do sistema.

Lévi-Strauss (1980) evidencia que o estudo, a partir da perspectiva estruturalista, implica a descrição do sistema total, considerando todas as suas inter-relações constituintes. Ademais, o sistema e os seus elementos (as partes integrantes) aparecem como interseções de feixes de relações. Essa abordagem, portanto, terá como embasamento metodológico a concepção Geossistêmica e a Geoecologia da Paisagem (SOTCHAVA, 1977; TRICART; KILIAN, 1982; FARIAS, 2012; MATEO-RODRIGUEZ; SILVA, 2019).

A análise Geossistêmica destaca a compreensão da paisagem como uma abordagem integrada em relação aos seus elementos constituintes, pautada na Teoria Geral dos Sistemas (BERTALANFFY, 1973). Dessa forma, como destacam Rodriguez e Silva (2002 apud GUERRA; MARÇAL, 2014), os Geossistemas são regiões naturais, acrescidas da influência dos fatores sociais e econômicos que modificam suas estruturas naturais e originam peculiaridades paisagísticas bem definidas.

Embora haja um direcionamento metodológico recente para a unificação das análises geossistêmicas com as de paisagens e territórios (BERTRAND; BERTRAND, 2007; PASSOS, 2013), configurando o que se convencionou chamar de GTP (Geossistemas – Território – Paisagem), o presente estudo optou por não adotar esse enfoque, haja vista que essa integração de categorias pode representar uma abordagem puramente acadêmica, sem aplicabilidades práticas cotidianas para a gestão do território. Assim sendo, fez-se necessário seguir os procedimentos clássicos de abordagem quanto a essa temática, conforme será visto a seguir.

Por esse viés, Monteiro (2000), em uma concepção analítica de *geossistemas*, evidencia as contribuições da autora Van Rijun (1986 apud MONTEIRO, 2000) sobre paisagem integrada com vistas ao planejamento territorial:

[...] visando ao planejamento territorial e, conseqüentemente ao monitoramento da paisagem, os elementos naturais são tomados em suas interações e efeitos a considerar – o que faz deles não apenas simples elementos separados, mas verdadeiros fatores integrantes – como são incluídos os fatores econômicos, sociais e culturais, presentes e agentes em qualquer espaço. Neste caso, a paisagem é vista de um modo bem mais dinâmico porquanto não ignora as relações ecológicas, *seus “feedbacks”* e interações, de modo a configurar um verdadeiro sistema no qual as áreas pertinentes a ela estão muito além das formas e aparências assumidas pelos elementos, sendo capazes, até mesmo de provocar importantes reações em áreas distantes (MONTEIRO, 2000, p. 97).

Essa perspectiva leva em consideração que a paisagem está nitidamente relacionada com as mudanças organizacionais dos sistemas, existindo, a partir disso, uma relação de interdependência entre os diversos fatores, como a geodiversidade regional, a biodiversidade

remanescente e as relações e intervenções humanas cumulativas. Assim, segundo a proposta de Bertrand (2004) para a análise da paisagem, três subconjuntos são formados: o potencial ecológico, que se refere ao domínio abiótico; a exploração biológica, que diz respeito às comunidades vivas; e a utilização antrópica, relacionada à estrutura socioeconômica na organização da paisagem artificial. Isso implica significativamente na análise das suscetibilidades geoambientais e climatobotânicas associadas, sobretudo, pelas pressões de uso da terra no bioma Amazônico do Maranhão, principal interesse desta pesquisa.

3.2 Levantamento de literatura e dados secundários

Diante da importância dos conceitos preliminares, das interpretações da literatura, dos dados levantados (referencial teórico e/ou cartográfico) e da metodologia a ser aplicada nas discussões ora abordadas, os estudos aqui apresentados se dividirão em dois níveis, conforme Ross et al. (2011) e Cunha e Guerra (2019):

- a) ***trabalho de escritório ou gabinete:*** consiste no levantamento bibliográfico (artigos, livros, relatórios, dissertação, teses, dentre outros); no levantamento de bases cartográficas preexistentes; na produção de mapas temáticos preliminares; e na interpretação de imagens de satélites e mapas existentes.
- b) ***trabalho de campo:*** caracteriza-se como coleta de coordenadas e visitas aos municípios que integram a área de estudo da pesquisa, para a observação e descrição das fitofisnomias presentes, usos e pressões de usos da terra, aspectos socioeconômicos, geoambientais e climáticos, a fim de validar dados secundários levantados.

Nesse sentido, o presente estudo adota como embasamento teórico-metodológico os principais temas e autores-base, conforme Figura 6.

Figura 6 - Principais temáticas e respectivos autores-base a serem adotados na pesquisa

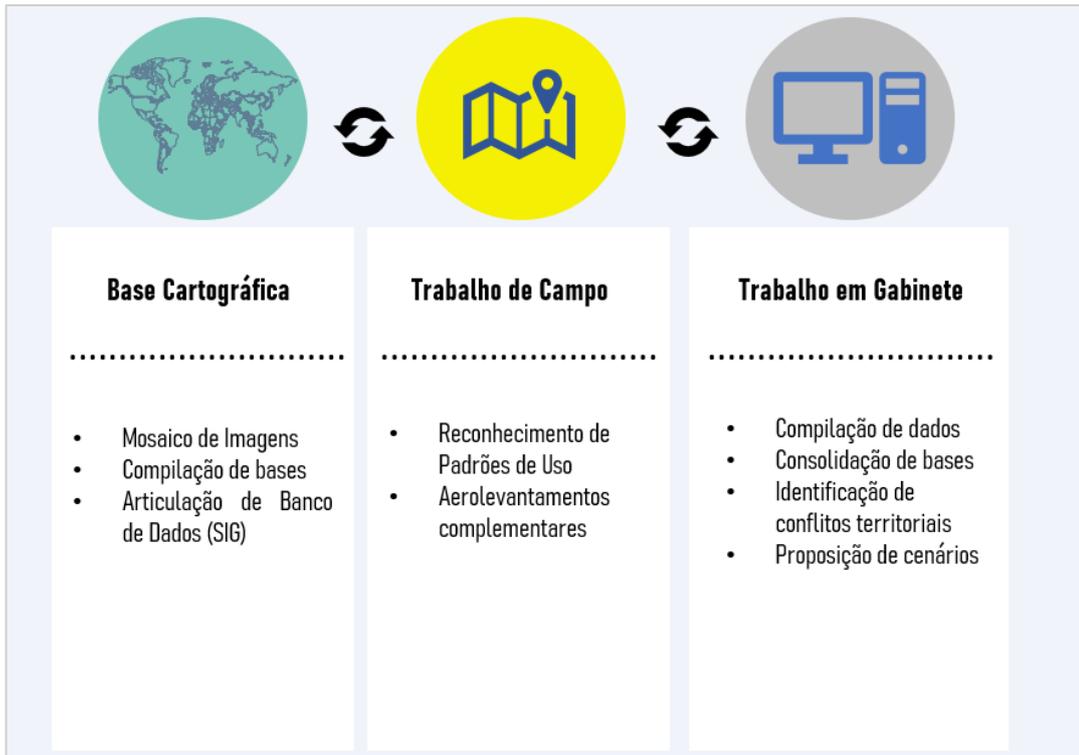
	Temas Adotados na Pesquisa	Autores-base para o Desenvolvimento da Pesquisa
Tema 1	Paisagem como categoria geográfica	AB'SÁBER (1971); SANTOS (2002); AB'SÁBER, (2012); GUERRA & MARÇAL (2014); MATTEO-RODRIGUEZ ET AL (2017);
Tema 2	Reconhecimento do território do Bioma Amazônico Maranhense	A'B SABER (2004); BECKER (2007); COSTA ET. AL. (2019); CATUNDA ET AL (2019);
Tema 3	Geoecologia da Paisagem e Análise Integrada da Paisagem	TRICART (1977); MONTEIRO (2000); GUERRA & MARÇAL (2006); AB'SÁBER (2012); MATEO-RODRIGUEZ, SILVA (2018);
Tema 4	Pressões de Uso e Cobertura da Terra	DIAS (2008); IBGE (2013); CATUNDA, DIAS (2019);
Tema 5	Geossistemas	SOTCHAVA (1977); MONTEIRO (2000); BERTRAND (2004); MARQUES (2016);
Tema 6	Biomias e Domínios Morfoclimáticos	AB' SÁBER (1967); BEZERRA; FERNANDES (1990); CONTI; FURLAN (1996); AB'SÁBER (2006); BATALHA (2011); COUTINHO (2016); DIAS; CATUNDA (2019);
Tema 7	Geodiversidade	BANDEIRA (2013); CATUNDA, DIAS (2019);
Tema 8	Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento	BAPTISTA (2006); CATUNDA, DIAS (2019); CPRM (2020); IBGE (2020);INPE (2020); USGS (2020).

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

3.3 Sistematização da cartografia temática

A fim de atender aos objetivos propostos neste estudo, adotou-se uma escala de mapeamento de 1:250.000, que se enquadra em uma tipologia de escala regional. Em síntese, elaborou-se 30 produtos cartográficos, os quais contribuem para as análises das pressões de uso e cobertura da terra. Na Figura 7, está disposta a composição do roteiro cartográfico da pesquisa e, *a posteriori*, descrever-se-ão as técnicas de elaboração dos mapeamentos realizados.

Figura 7 - Roteiro de procedimentos metodológicos adotados na elaboração da presente pesquisa



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

i) *Técnicas e procedimentos dos mapeamentos temáticos de cobertura vegetal e ambientes fitogeográficos*

A representação cartográfica da cobertura vegetal foi definida com base no banco de dados em extensão de arquivos vetoriais, oriundos do mapeamento consolidado pelo ZEE-MA (2019) e IBGE (2019), ambos em escalas compatíveis com a presente pesquisa (1:250.000). Com base nessas fontes de informações, utilizam-se técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) por intermédio dos *softwares* QGIS versão 2.18.24 e *Arcmap* versão 10.5 (Licença – ENT-ES-0006-17Imec-0117).

Em contrapartida, a definição dos ambientes fitogeográficos é fundamentada no banco de dados de cobertura vegetal do ZEE-MA (2019) e IBGE (2019), do qual se obtém a discriminação das fitofisionomias que ocorrem no bioma Amazônico maranhense. A delimitação desses ambientes fitogeográficos, também, respalda-se na Classificação de Biomas do IBGE (2004), adaptada por Catunda e Dias (2019) na escala de 1:250.000, no Manual Técnico da Vegetação Brasileira do IBGE (2012) e Catunda e Dias (2019).

ii) *Técnicas e procedimentos dos mapeamentos temáticos de pressões de uso e cobertura da terra*

Os procedimentos metodológicos aplicados, para a análise e descrição das classes de pressões de uso e cobertura da terra na área de estudo, foram elaborados em três fases: aquisição de imagens de satélite, geoprocessamento e validação de campo. Esta última etapa será descrita em tópicos posteriores.

Nesse sentido, nos estudos ambientais de monitoramento e planejamento territorial, tem-se utilizado, desde da década de 1970, o emprego de imagens orbitais para o alcance de áreas remotas, de grandes extensões e de difícil acesso pelo homem. Ponzoni et al. (2012) reafirmam que a grande vantagem na utilização de imagens digitais é a facilidade do processamento em computadores para a obtenção de informações e aplicação dessas em estudos de recursos naturais terrestres, já que as imagens multiespectrais são disponibilizadas em formato digital e podem ser utilizadas em *softwares* de ambiente SIG gratuitos.

É de grande importância esclarecer que o SIG (Sistemas de Informações Geográficas), conforme Cunha e Guerra (2019, p. 169) “funciona como um conjunto de facilidades e instrumentos computacionais para arquivo, recuperação, transformação e apresentação de dados espaciais para atingir a análise de um determinado processo”, o que permite uma variedade de técnicas para tratamento de dados e geração de informações espaciais.

Partindo desse pressuposto, selecionou-se 12 cenas de imagens de satélite do *sensor OLI/TIRS LANDSAT- 8* da plataforma digital do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) – *Earth Explorer*, de um período temporal de 2017 a 2020, conforme a qualidade das imagens em termos de cobertura de nuvens para a detecção dos alvos espectrais. Os dados adquiridos possuem a resolução espacial de 30 metros, mas chegaram até 15 metros de resolução espacial em detrimento da composição com a banda 8 (pancromática), a qual tem a resolução espacial de 15 metros, conforme demonstrado na Figura 8.

Figura 8 - Cenas de satélite do sensor OLI/TIRS LANDSAT- 8, utilizadas na elaboração mapa de pressão de uso e cobertura da terra do bioma Amazônico maranhense para o ano de 2020

Código das Cenas	Bandas	Composição de Bandas
 <ul style="list-style-type: none"> • 220062 • 220063 • 221061 • 221062 • 221063 • 221064 • 222061 • 222062 • 222063 • 223064 • 223063 • 223064 	<ul style="list-style-type: none"> • Bandas 1,2,3,4,5,6,7 e 8 	<ul style="list-style-type: none"> • (B1) COSTAL (0.433 - 0.453 μm) - 30 metros • (B2) AZUL (0.450 - 0.515 μm) - 30 metros • (B3) VERDE (0.525 - 0.600 μm) - 30 metros • (B4) VERMELHO (0.630 - 0.680 μm) - 30 metros • (B5) INFRAVERMELHO PRÓXIMO (0.845 - 0.885 μm) - 30 metros • (B6) INFRAVERMELHO MÉDIO (1.560 - 1.660 μm) - 30 metros • (B7) INFRAVERMELHO MÉDIO (2.100 - 2.300 μm) - 30 metros • (B8) PANCROMÁTICO (0.500 - 0.680 μm) - 15 metros • (B9) Cirrus (1.360 - 1.390 μm) - 30 metros • (B10) LWIR - 1 (10.30 - 11.30 μm) - 100 metros • (B11) LWIR - 2 (11.50 - 12.50 μm) - 100 metros

Fonte: Adaptado da USGS pela autora (2021).

Após a aquisição das imagens, as cenas adquiridas passaram por um tratamento de correção atmosférica por intermédio *do plugin semi automatic classification*, artifício *do software QGIS*. A correção atmosférica é utilizada para otimização dos efeitos atmosféricos como vapor d'água, O³, profundidade ótica e tipos de concentração de aerossóis, além da correção de reflectância e radiância, uma vez que, na captação das cenas pelos sensores, acontece um processo de espalhamento, absorção e refração da energia eletromagnética, o que compromete a refletância de alvos terrestres (WEISS *et al.*, 2015; PONZONI *et al.*, 2012).

Nesse sentido, utilizando-se da técnica de classificação digital de imagens que corresponde “o estabelecimento de um processo de decisão na qual um grupo de *pixels* é definido como pertencente a uma determinada classe”, em que “os sistemas computacionais auxiliam o usuário na interpretação das imagens orbitais” (VENTURIERI; SANTOS, 1998, p. 353.), considerou-se o treinamento supervisionado com base no método de MAXVER – Máxima Verossimilhança (*Maximum Likelihood Classification*), proposto por Crósta (1992).

Conforme o INPE (2006), “MAXVER é o método de classificação que considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos”, em que o cômputo para o cálculo é de *pixel a pixel*. Por outro lado, o treinamento supervisionado consiste na participação direta do elaborador nas coletas de amostras com base

nos seus conhecimentos da área amostrada, nas interpretações das imagens e das coletas de amostras nas etapas de campo. Além desses aspectos, foram realizadas as correções das classes que apresentaram erros de interpretação do *software* de classificação na interface ARCMAP versão 10.5, por meio da validação em campo e do conhecimento prévio do território.

Por conseguinte, para a classificação das pressões de uso, foi utilizado um conjunto amostral de 2700 polígonos, divididos entre oito classes gerais: área campestre; área urbanizada; área de plantio; área florestal; área de solo exposto; área de dunas, bancos de areias e praias; corpo d'água; e áreas de atividades de silvicultura. Essas foram enquadradas em seis classes definitivas de pressões de uso: zona de pressão de uso da exploração de caça e insumos madeireiros; zona de pressão de uso da mineração; zona de pressão de uso para o desmatamento; zona de pressão de uso agropecuário e de monossilvicultura; zona de pressão de uso urbano-industrial; e zona de pressão de corpos d'água. Acresce que, para compor a base cartográfica da zona de pressão de corpos d'água, também, utilizou-se o conjunto de dados de Hidrografia do ZEE-MA (2019). Essas categorias serão apresentadas e discutidas no capítulo de Resultados e Discussão.

iii) Técnicas e procedimentos dos mapeamentos temáticos de Áreas Prioritárias para a Conservação

A caracterização das Áreas Prioritárias para a Conservação da biodiversidade direciona ações para a preservação de habitats e manutenção da biodiversidade compreendida na área desta pesquisa. Essa caracterização está em conformidade com os dados cartográficos disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), considerando a última atualização referente ao ano de 2018.

Diante do exposto, a espacialização dos dados foi sistematizada em ambiente computacional do *software Arcmap* versão 10.5, definindo duas hierarquias de avaliação: importância biológica e importância de ações. A primeira é classificada em três estágios de intensidade (alta, muito alta e extremamente alta), enquanto a segunda tem seis determinantes de ação: criação de UC de uso sustentável e/ou ampliação de UC; recuperação de áreas degradadas e/ou criação e fortalecimento de instrumentos de gestão territorial; redução de impacto de atividade degradante ou fiscalização e controle de atividades ilegais; reconhecimento de áreas conservadas por comunidades tradicionais; gestão integrada e participativa de áreas protegidas, corredores ecológicos e territórios de povos e comunidades tradicionais; e recuperação de áreas degradadas, conforme já definido pelo MMA (2018).

iv) Técnicas e procedimentos dos mapeamentos temáticos de geodiversidade

Um dos aspectos importantes para a compreensão da dinâmica paisagística, em específico de um bioma, diz respeito à configuração da geodiversidade, uma vez que tem uma relevante implicação na organização da paisagem. Nessa perspectiva, por meio de instrumentos cartográficos, foram obtidas, nas principais fontes oficiais, informações espaciais para analisar os mais diferentes conjuntos de ambiente que ocorrem no bioma Amazônico maranhense. Dentre os aspectos destacados, estão: altimetria, declividade, geomorfologia, pedologia, geologia e litoestratigrafia.

Para o mapeamento temático de dados geomorfométricos, obtiveram-se os dados matriciais de Modelo Digital de Elevação (MDE), realizado pelo ZEE-MA de Altimetria e Declividade especificamente. No entanto, convém destacar que os dados têm como fonte principal o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com base em dados da SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), os quais foram devidamente tratados e disponibilizados pelo TOPODATA, com resolução horizontal de 1 arc-segundo (~30m) e resolução vertical (altura) de 1 m.

A cartografia de geomorfologia, geologia e litoestratigrafia foi resultante dos dados vetoriais concedidos pela CPRM (Serviço Geológico do Brasil), procedentes do banco de dados de geodiversidade do Maranhão. As informações mapeadas foram em escalas de média a grande, que significa multiescalar. Foi definida como padrão a escala 1:750.000, que entretanto atende à pesquisa ora realizada.

No tocante à pedologia, as classes de solo foram obtidas no conjunto de informações geográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mapeamento em escala 1:250.000, adquiridas no portal eletrônico de geociências do referido órgão federal. Mediante o exposto, quanto aos procedimentos adotados para realização das cartas temáticas que compõem a geodiversidade, utilizou-se o *software* ARCGIS versão 10.5, nos seus módulos de interface do *Arcmap*.

v) Técnicas e procedimentos dos mapeamentos temáticos de Focos de Calor

O uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento tem se apresentado fundamental e eficiente no que se refere às análises ambientais e à compreensão de fenômenos que ocorrem no espaço deste estudo. Oliveira et al. (2016) apontam que o monitoramento, por intermédio dessas tecnologias geográficas, visando à gestão ambiental de territórios, sobretudo

para áreas de grandes extensões (tais como para um bioma), é uma ferramenta alternativa de baixo custo para a detecção de mudanças no uso e na cobertura da terra, na ocorrência de queimadas, na definição dos focos de calor, no monitoramento climático e da biodiversidade e em seus ecossistemas associados.

Partindo desse aporte teórico, neste trabalho, utilizou-se, para análise da disposição dos focos de calor da Amazônia Oriental, os dados disponibilizados no banco de monitoramento de queimadas (BDQueimadas), realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2019; 2020), em uma série temporal de onze anos (2010 a 2020). Esses foram registrados pelo satélite de referência “AQUA_M-T” que possui passagem diária e detecta uma frente de calor igual ou maior que 30 metros de extensão por 1 metro de largura. Convém mencionar que a banda termal do sensor passivo ora apresentado contabiliza qualquer ponto na superfície que tenha temperatura igual ou superior a 47°C.

Com base nesses dados, aplicou-se o método de densidade de Kernel, estimando uma interpolação e categorização dos pontos de focos de calor por meio da equação matemática disposta a seguir:

$$\text{Equação (01)} \quad \lambda_{\tau}(S) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau^2} K\left(\frac{(S-S_i)}{\tau}\right)$$

De acordo com Menezes et al. (2019, p. 257), “n” é o total de pontos amostrais (eventos); “T” equivale ao raio que determina o grau de suavização; “K” é a função de estimação de Kernel; “S” se refere à localização geral da superfície com o valor proporcional à intensidade dos eventos por unidade de área; e “Si” representa, na fórmula, a sinalização inicial da superfície com o valor proporcional à intensidade dos eventos por unidade de área.

Os dados foram tratados em ambiente SIG do *software* Qgis versão 2.18.2 e, a partir da extensão Mapa de Calor, foram elaborados os mapas de focos de calor pelo método estimador de densidade de Kernel, contido nessa ferramenta, o qual é qualitativo e trabalha com a aproximação direta de pontos. Dessa forma, a incidência de focos de calor dos mapas foi classificada em cinco categorias qualitativas: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.

vi) Técnicas e procedimentos dos mapeamentos temáticos de Evapotranspiração Potencial

Para a elaboração da cartografia e análise de Evapotranspiração Potencial (ETp), foram utilizados os dados de ETp disponíveis no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no período de 2010 a

2020, de cinco estações hidrometeorológicas: Bacabal, São Luís, Turiaçu, Zé Doca e Imperatriz, as quais se encontram localizadas no bioma Amazônico do Maranhão (INMET, 2020).

Por consequência, para a complementação das isolinhas e validação dos dados, foram inseridas mais onze estações meteorológicas do INMET, sendo mais sete no Maranhão e quatro no Piauí. Esse procedimento mostrou-se necessário para que não haja mascaramento de dados e seja proporcionada a continuidade das caracterizações de ETp para todo o macroterritório da Amazônia Oriental.

Os preenchimentos de dados vazios foram realizados com duas metodologias:

- a) a partir dos dados de temperatura compensada e precipitação, das estações e anos ora trabalhados, também disponíveis no BDMEP (INPE), aplicando o método de estimativa de ETp, proposto por Glauco Rolim e Paulo Sentelhas e desenvolvido no Departamento de Ciências Exatas – Área de Física e Meteorologia da USP (2019); e
- b) conforme o procedimento de média aritmética dos cinco anos anteriores, para os meses que apresentaram vazios de todas as estações em 2019. Ressalta-se que, tanto para os preenchimentos de vazios quanto para os dados obtidos do INMET, utilizou-se o método para o cálculo de ETp, proposto por Thornthwaite (1948 apud NUNES, DIAS; 2019).

A disposição desses dados foi tabulada em planilha eletrônica e, posteriormente, foi construído um banco de dados geográficos³ no *software* QGIS 2.18. Desse modo, aplicou-se, para a elaboração cartográfica, o Método de Interpolação Inverso da Potência da Distância, necessário para a configuração de estudos dessa natureza. Novaes et al. (s/d) destacam que “neste método de interpolação o valor atribuído à estação interpolada é obtido pela média ponderada que utiliza o peso das estações mais próximas ponderado pelo inverso de uma potência da distância”.

Assim, dispõem-se as informações espaciais em cinco classes, utilizando o parâmetro de classificação (quartil) para a disposição dos dados nos mapas. Com a finalidade de orientação metodológica da presente pesquisa, indica-se que está pautada na Climatologia Geográfica, com adequações orientadas pela Teoria Geral dos Sistemas (TGS), baseada em

³ O banco de dados geográficos de Evapotranspiração Potencial (ETp), adotado nessa pesquisa, é oriundo de trabalhos científicos elaborados pelo grupo de pesquisa de Climatologia Geográfica do curso de Geografia da UEMA.

Bertalanffy (1973), com seus desdobramentos e adaptações realizados para os efeitos da Teoria Geossistêmica de Bertrand (2004) que, integrados, facilitam o contexto do mapeamento temático proposto.

Nesse contexto, as Figuras 9 e 10 demonstram as unidades de planejamento pautadas na Escala Climatológica e suas respectivas correlações escalares que foram norteadoras para a abordagem a ser adotada. Dessa forma, para efeitos deste trabalho, o táxon geossistêmico a ser seguido equivale ao de domínio, correspondente à taxonomia ecológica, que define a escala de trabalho desta pesquisa, definida em 1:750.000, e abrange uma área de aproximadamente 136.875,25 km².

Ante o exposto, a cartografia, tanto de ETp, quanto de focos de calor para a Amazônia Oriental, seguiu os preceitos da Climatologia Geográfica (MONTEIRO, 2015), com a disposição e a definição analítica em escala de macroclima, com seus desdobramentos em âmbito de Clima Regional. Dessa forma, os dados foram anualmente tabulados, com disposição mensal, para a configuração de base cartográfica compatível com a do Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão (BATISTELLA et al., 2014), sendo, pois, um produto que permite atualizar esse conjunto de estudos quanto à dinâmica atmosférica do recorte macroecológico em evidência.

Figura 9 - Unidades de planejamento territorial com base nas categorias da Escala Climatológica e suas possibilidades de interpretação geográfica e cartográfica

TIPO DE UNIDADE ESCALAR	ESCALA CLIMATOLÓGICA	ÁREA TOTAL	ESCALA CARTOGRÁFICA
Macroclima	Clima Zonal	Superiores a 5.000.000 km ²	Inferiores a 1:5.000.000
	Clima Regional	Entre 100.000 km ² e 5.000.000 km ²	1:500.000 – 1:5.000.000
Mesoclima	Clima Regional	Entre 1.000 km ² e 100.000 km ²	1:100.000 – 1:500.000
	Clima Local (Mesoclima)	Entre 10 km ² e 1.000 km ²	1:15.000 – 1:100.000
	Topoclima	Entre 1 km ² e 10 km ²	1:5.000 – 1:15.000
Microclima	Microclima	Inferiores a 1 km ²	Superiores a 1:5.000

Fonte: Adaptado de Ribeiro (1993 apud SANT'ANNA-NETP, 2013) e de Monteiro (2015).

Figura 10 - Correlação entre as escalas geossistêmica, ecológica e climatológica para o planejamento e ordenamento territorial com base no meio físico

TIPO DE UNIDADE GEOSISTÊMICA	ESCALA GEOSISTÊMICA	TIPO DE UNIDADE NA ESCALA ECOLÓGICA	TIPO DE UNIDADE NA ESCALA CLIMATOLÓGICA	ESCALA CLIMATOLÓGICA
Unidades Superiores	Zona	Zona Bioclimática	Macroclima	Clima Zonal
	Domínio	Bioma		Clima Regional
	Região Natural	Ecorregião	Mesoclima	Clima Regional
Geossistema	Ecosistema	Clima Local (Mesoclima)		
Unidades Inferiores	Geofácia	Ecótopo		Topoclima
	Geótopo	Ecótopo	Microclima	Microclima

Fonte: Adaptado de Dias et al. (2017).

3.4 Etapas de trabalho de campo e validação de dados

Para efeitos dos resultados (representações cartográficas e análise da cobertura vegetal, da pressão de uso da terra, do foco de calor, dos aspectos climáticos e da geodiversidade), foram realizadas etapas de campo em áreas estratégicas do território que compõe o bioma Amazônico maranhense. Esses reconhecimentos *in loco*, definidos aqui pela interpretação da cartografia do ZEE para o bioma Amazônico do Maranhão, que estabeleceu a síntese da dinâmica da paisagem, foram cruciais para o reconhecimento dos padrões de cobertura vegetal remanescente e dos processos de uso da terra, configurando padrões de pressões antropogênicas atuais, do ano de 2020, nas seguintes regiões:

- a) **Baixo Munim:** reconhecimento de atividades turísticas, econômicas, culturais e aspectos físicos da área;
- b) **Golfão Maranhense:** abrangência das áreas que compreendem de Humberto de Campos a Guimarães, a fim de analisar as principais atividades econômicas, sociais e características físicas e vegetacionais da área em questão;

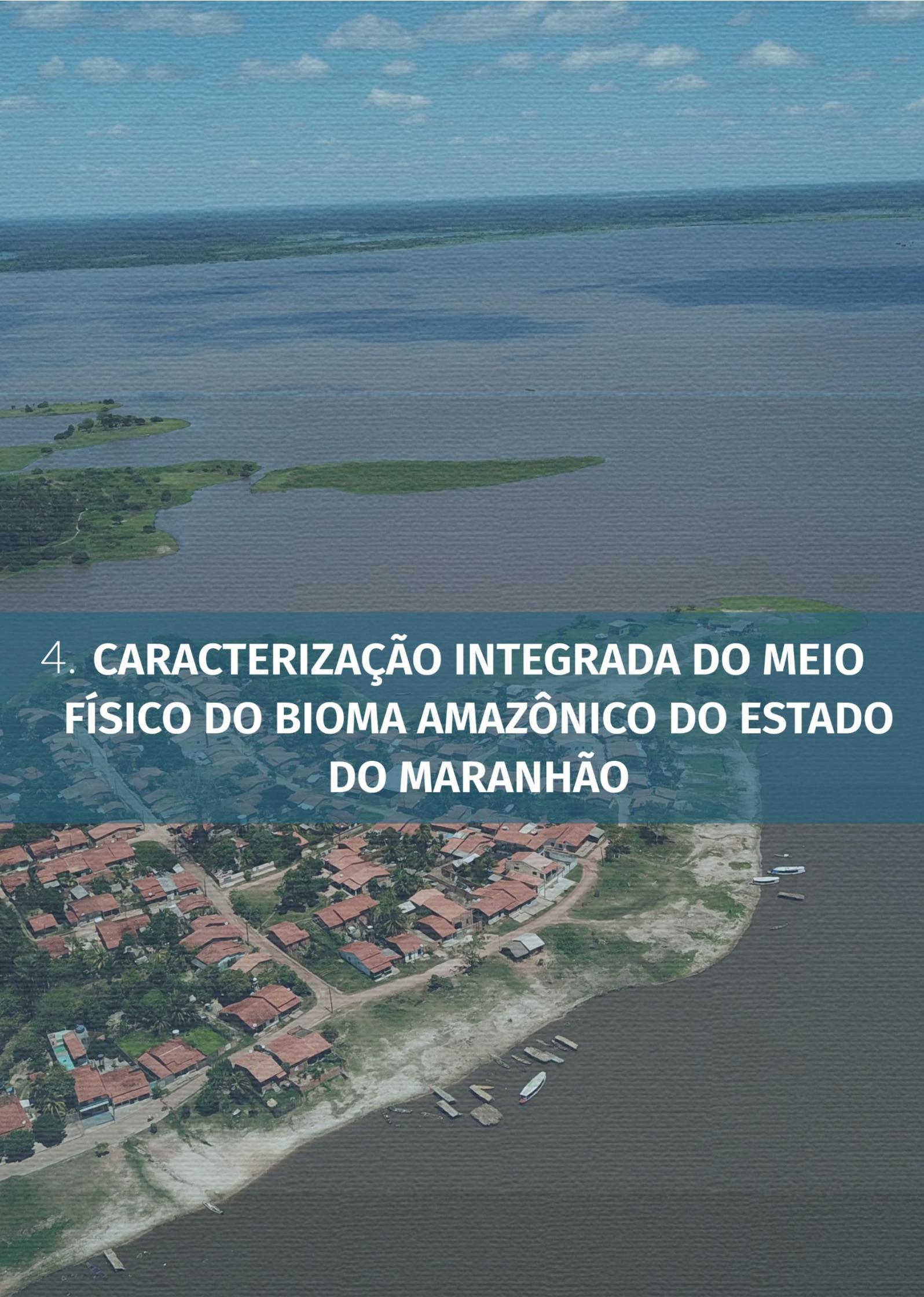
- c) **Reentrâncias Maranhenses:** verificação e reconhecimento da área, tomando como pauta principal os elementos voltados para potencial ecológico, econômico e turístico;
- d) **Baixada Maranhense:** averiguação dos aspectos físicos e socioeconômicos;
- e) **Região Tocantina:** reconhecimento da área e audiência com população, órgãos locais, produtores e sindicatos dos mais diversos níveis da economia;
- f) **Alto Grajaú:** reconhecimento da área e audiência com população, órgãos locais e sindicatos;
- g) **Planalto Sudoeste:** levantamento de aspectos de relevo e conjuntos paisagísticos, aspectos socioeconômicos e padrões de uso da terra;
- h) **Região do Gurupi:** comportamento da cobertura vegetal, aspectos socioeconômicos e padrões de uso da terra;
- i) **Extremo Noroeste:** averiguação de contexto paisagístico comparativo e configuração dos padrões de uso da terra;

Nas etapas de campo, foram realizados aerolevantamentos (com auxílio de drones) em sítios paisagísticos de relevante importância local ou regional, os quais subsidiaram a cartografia e as discussões apresentadas neste estudo.

3.5 Dificuldades para o desenvolvimento da pesquisa durante a pandemia

Mediante as restrições impostas pela pandemia da Covid-19 (SARS-CoV-2), a presente pesquisa apresentou, em determinados períodos, dificuldades para ser dado prosseguimento. Os principais desafios foram a suspensão dos trabalhos de campo, uma vez que o trânsito das pessoas da Ilha do Maranhão para outros municípios foi restrito, conforme explicitado no Decreto Estadual Nº 35.722, de 07 de abril de 2020, disposto no Diário Oficial do Estado do Maranhão em mesma data.

Esse instrumento legal dispõe sobre a suspensão temporária, nos termos que especifica, do serviço de transporte rodoviário intermunicipal, com entrada e saída de passageiros da Ilha de São Luís; e sobre a redução do número de trajetos do transporte aquaviário intermunicipal de passageiros e veículos por meio de *ferry boats*, como medidas de combate à propagação da Covid-19. Com isso, o levantamento de dados foi comprometido, o que fez com que a pesquisa tivesse que reavaliar e replanejar o cronograma proposto, apresentado ao Programa de Pós-graduação Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço.

An aerial photograph of a wide, dark river. In the foreground, a small settlement with numerous houses with red-tiled roofs is situated on a peninsula. Several boats are docked along the riverbank. The background shows more of the river and distant land under a blue sky with light clouds.

4. CARACTERIZAÇÃO INTEGRADA DO MEIO FÍSICO DO BIOMA AMAZÔNICO DO ESTADO DO MARANHÃO

4 CARACTERIZAÇÃO INTEGRADA DO MEIO FÍSICO DO BIOMA AMAZÔNICO NO ESTADO DO MARANHÃO

Em todos os estudos que estejam relacionados à compreensão do meio físico regional, faz-se necessário entender como os seus componentes interagem e formam as paisagens, permitindo que nelas sejam conduzidas dinâmicas bastante próprias. A Geologia, por exemplo, como base elementar de uma sucessão de eventos naturais, apresenta-se primeiramente como substrato litológico ou rochoso e, a seguir, como cerne de um conjunto de processos modeladores de todas as formas regionais, sobretudo pela distribuição de lineamentos estruturais, falhas e fraturas.

A essa segue-se a configuração geomorfológica, que é uma das parcelas mais notáveis do espaço total regional e deve ser compreendida em função de sua estruturação litoestratigráfica em um primeiro momento (conforme os ambientes geológicos onde são encontradas essas formações). Em um segundo momento, deve ser compreendida em razão de suas porções superficiais, representadas pelas variações pedológicas, coberturas vegetais, condicionantes (elementos) de tempo e clima, hidrografia e distribuição de vertentes e seus respectivos canais de escoamento, áreas de estocagem hídrica, além das antropogêneses⁴, materializadas como pressões de uso do território.

Ao refletir sobre a importância da abordagem integrada dos fatores do meio físico no contexto das geociências, Ab'Sáber (1975, p. 8) enfatiza “a compreensão das formas de relevo e o reconhecimento das suas aptidões agrárias, assim como de suas possibilidades em termos de sítios para cidades ou espaços para a industrialização”, uma vez que pode contribuir na orientação e indicação para o planejamento e a economia de determinado recorte territorial.

Observando a organização que a natureza introduziu na face dos terrenos e meditando sobre as formas de utilização e de organização do espaço, induzidas pelo homem, poderemos tirar lições de importância definitiva e termos de aplicação da ciência. Para Guerra e Marçal (2014, p. 23), para se proceder com estudos geomorfológicos, bem como os diagnósticos ou caracterizações integradas do meio físico,

há que levar em conta aspectos relacionados à exploração de recursos naturais, mudanças físicas nos ecossistemas terrestres e aquáticos, quando da intervenção humana ou de ordem natural, diagnóstico dos danos ambientais causados pela ação

⁴ Por seu turno, são compreendidas como os processos de modelagem da superfície da Terra em que pesam as forças (condicionantes) das ações humanas como indutoras das mudanças ao longo da estrutura superficial da paisagem. Dessa maneira, as transformações ambientais físicas e ecológicas estão relacionadas tanto à disponibilidade de tecnologias viáveis para a apropriação (ou criação) de novos espaços, quanto pelo desejo de ocupar novas áreas, a fim de se estabelecer novos elementos a serem enquadrados em índices econômicos (valores) de uso e troca de terra ou solo.

do homem, bem como prognósticos da ocorrência de catástrofes, em virtude da ocupação desordenada do meio físico, que pode afetar a saúde humana e a dos ecossistemas.

Destarte, os fatos geoambientais (ou da geodiversidade, preferível na abordagem deste trabalho) devem ser analisados com bastante detalhe e cautela. Estes, por seu turno, são caracterizados como todas e quaisquer formas de integração de materiais, energias ou processos atuantes na paisagem, que podem ter origem tanto endógena, quanto exógena ou antropogênica, que a definem como unidades sistêmicas integradas. Em outros termos, os fatos físicos, abióticos ou naturais podem ser singela e didaticamente interpretados como o conjunto das formas da superfície da Terra e sua conseqüente formatação de uma totalidade.

Assim, para entender a geodiversidade do bioma Amazônico do Maranhão, é importante que se parta de conceitos elementares em Geologia e em Geomorfologia. Todo o mosaico paisagístico em questão está inserido na Plataforma Sul-Americana, especificamente na Província Estrutural do Parnaíba, que é uma unidade que engloba boa parte do meio norte do Brasil, entre o Maranhão, o Pará, o Tocantins, o Piauí e o Ceará (ALMEIDA, 1977; SCHOBENHAUS; BRITO-NEVES, 2003).

Essa unidade estrutural, por sua vez, compreende cinco unidades litológicas, como a própria Bacia Intracratônica do Parnaíba ou Maranhão⁵, a Bacia Sedimentar Costeira de São Luís – Grajaú⁶, ambas de natureza vulcano-sedimentar. Somam-se a elas, o Cráton São Luís⁷, o Greenstone Belt ou Cinturão Gurupi⁸ e a Suíte Intrusiva Rosário, de constituição intrusiva, metassedimentar e metamórfica. As duas primeiras unidades estruturais são fanerozoicas, ou seja, evoluíram nos últimos 540 milhões de anos e as duas últimas são do Pré-Cambriano, cuja gênese ocorreu entre 2 bilhões e 800 milhões de anos antes do presente.

Assim, a morfoestrutura regional, definida pela Geologia (Figura 13), apresenta um panorama evolutivo dos terrenos nela compreendidos por um total de 42 formações litológicas, distribuídas heterogeneamente nas seis zonas de pressão de uso e cobertura da terra, materializadas no bioma Amazônico maranhense, sendo que elas provêm dos conjuntos rochosos mais recentes, representados por nove categorias de depósitos recentes ou do Quaternário, uma do Paleógeno (ou Terciário inicial a médio), sete da Era Mesozoica, uma do Paleozoico e 24 referentes a litologias bastante antigas, relacionadas ao Pré-Cambriano.

⁵ Conforme adotado por PETRI; FÚLFARO, 1988.

⁶ Segundo a definição de ROSSETI, 2001.

⁷ De acordo com Almeida et. al. (2000).

⁸ Levando em consideração a classificação da CPRM (2011).

Partindo desse pressuposto, no contexto das zonas de pressões, a zona de pressão de uso da exploração de caça e insumos madeireiros contém 17 formações litológicas, datadas dos períodos Quaternário, Paleógeno, Cretáceo, Jurássico, Toniano e Riciano (Figura 12). Em termo de área, as formações que predominam na área são: Itapecuru (5836,86 km²), Barreiras (3584,76 km²), Coberturas Lateríticas Maturas (2041,37 km²); Depósitos Paludais Costeiros Intramarés (1869,42 km²); Depósitos Aluvionares (560,16 km²); Codó (416,68 km²); e Depósitos flúvio-lagunares (274,04 km²). As demais formações apresentam áreas na ordem entre 84,78 km² e 0,6 km².

Dos polígonos que se inserem na zona de pressão de uso da mineração, 34 são formações litológicas. Dentre essas, apresentam características, por definição, com grande potencial de ocorrência de minerais metálicos e não metálicos: Aurizona, Tromaí, Rosário (Figura 11), Gurupi, Granito Maria Suprema, Granito Moça, Granófiro Piaba e Serra Grande. Esse ambiente geológico concentra as formações mais antigas do bioma Amazônico, que datam do período Riciano e Toniano.

Figura 11 - Afloramento rochoso associado à Suíte Intrusiva Rosário nos municípios de Rosário e Cachoeira Grande (MA), respectivamente



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

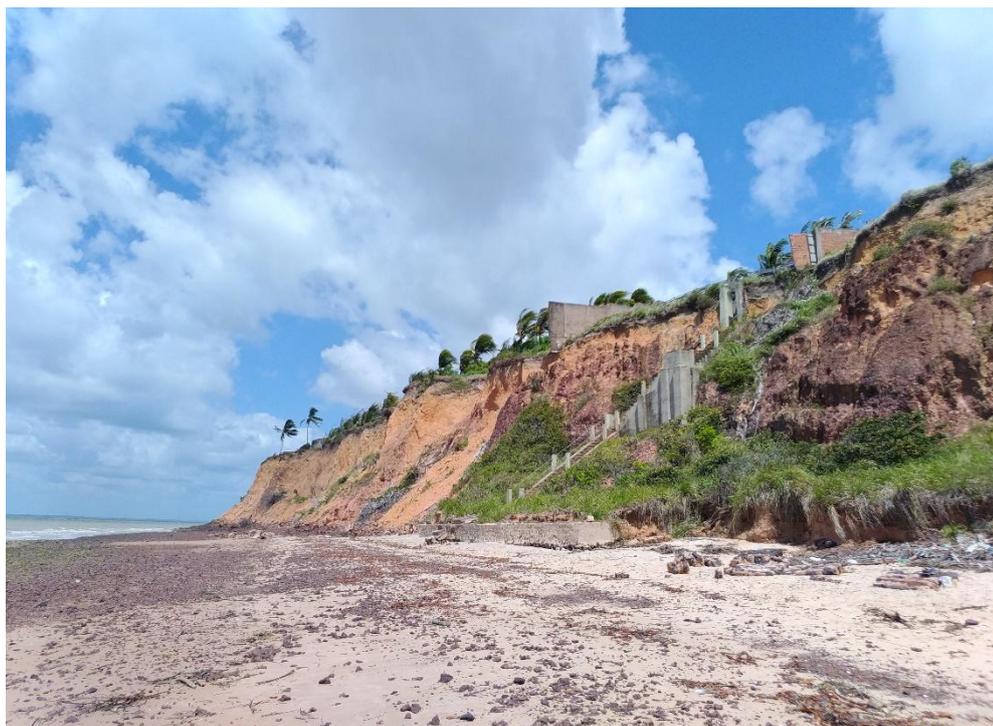
A zona de pressão de uso para o desmatamento, por seu turno, nas 36 formações geológicas, distribuídas nesse recorte areal, estão associadas tanto às formações mais recentes do Quaternário quanto às de períodos mais antigos. A classe mais expressiva é da formação Itapecuru que corresponde a uma área de 24884,00 km², principalmente na porção extremo oeste do bioma, seguida pelas Coberturas Lateríticas Maturas com 5774,34 km²; Depósitos Paludais Costeiros Intramarés com 1590,83 km²; Grajaú com 1539,19 km²; Ipixuna 1188,93

com km²; Depósitos eólicos continentais antigos com 923,61 km²; Depósitos Aluvionares com 865,45 km²; Sedimentos Pós-Barreiras com 724,67 km²; Gurupi com 611,97 km²; e Depósitos flúvio-lagunares com 588,75 km². Verifica-se que, no somatório areal, outras classes apresentam áreas entre 544,60 km² e 0,007 km².

A zona de pressão de uso para agropecuária e monossilvicultura, caracterizada pela preponderância em termos de áreas e extensão, detém as 42 formações litológicas de ocorrência no bioma, porém possui áreas relativamente pequenas em comparação com as outras zonas. As mais expressivas são Itapecuru, representando uma área de 227,79 km²; na ordem Depósitos Paludais Costeiros Intramarés com 138,511 km²; Coberturas Lateríticas Madura com 106,18 km²; Ipixuna com 65,76 km²; Depósitos Aluvionares com 51,97 km²; Depósitos flúvio-lagunares com 44,39 km²; e Barreiras com 31,42 km². Por outro lado, as demais classes ocupam áreas com tamanhos de 14 a 0,003 km².

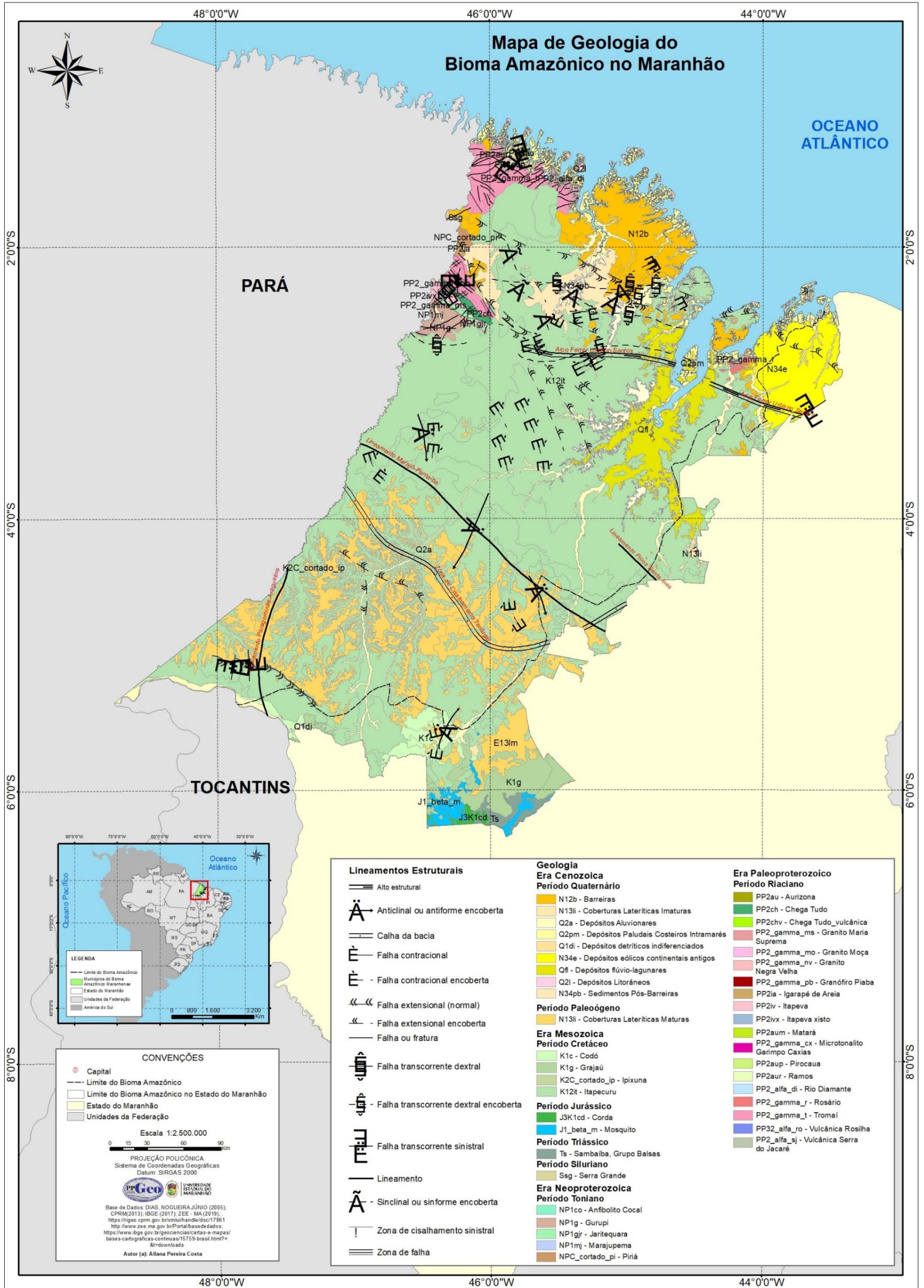
Já quanto às zonas de pressão de uso urbano-industrial e de pressão em corpo hídrico, a litoestratigrafia que mais se sobrepõe a essas áreas são: Barreiras (Figura 12) e Depósitos flúvio-lagunares, respectivamente.

Figura 12 - Formação do grupo Barreiras, acentuada em planície costeira, na praia de Panaquatira no município de São José de Ribamar (MA)



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Figura 13 - Mapa de geologia do bioma Amazônico maranhense



Fonte: Registros da Pesquisa (2022).

De forma associada, o bioma Amazônico é entrecortado por diversas estruturas geológicas especiais (Figura 13) que definem, dentre outros elementos na paisagem, a hipsometria (Figura 17) e a declividade do modelado (Figura 18). A presença de lineamentos estruturais na forma de arcos, como o Alto Estrutural Férrer-Urbano Santos, situado ao norte do espaço total estudado, acaba por definir limites de unidades estruturais.

As áreas de litologias mais antigas, de origem pré-cambriana, que formam o noroeste e o nordeste do bioma Amazônico no Maranhão, apresentam os terrenos mais comumente traçados por falhas e diaclases (Figura 14). Geralmente, foram originadas de acreções de massas continentais antigas, anteriores à Pálega, com compressão de mares rasos, arcos de ilhas e formação de cordilheiras montanhosas, sobretudo durante o Paleoproterozoico, conforme já indicado por Hasui et al. (2019).

Figura 14 - Áreas de rochas intrusivas diaclasadas e sujeitas à morfodinâmica climática em áreas de falhamento no Cráton São Luís, em Carutapera (MA)



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Contudo, a presença de lineamentos estruturais acaba por definir ainda mais as unidades geológicas e geomorfológicas presentes no bioma Amazônico do Maranhão. A zona de Cisalhamento Tentugal, em conjunto com o denominado Lineamento Marajó-Parnaíba e o Lineamento Picos-Santa Inês (ambos a norte do primeiro citado), configura o que se pode denominar de Primeiro Planalto maranhense, correlacionado ao Planalto Sedimentar do sudoeste maranhense. Ao cortar o território no sentido oeste-sudeste, essas linhas geotectônicas garantem a presença de múltiplos ambientes deposicionais dentro da própria estrutural da

Província Sedimentar do Parnaíba no contexto territorial ora trabalhado. Seja pela constituição de formas agradacionais ou de aplainamento (Figura 19), a geomorfologia desse setor, que antes era definida pela morfoescultura, passa a ser compreendida pela lógica endógena do modelado. As Figuras 15 e 16 apresentam terrenos assim considerados de controle tectono-estrutural.

Figura 15 - Área de ocorrência do lineamento Marajó-Parnaíba, em Santa Luzia do Tide, ao longo da BR-222, nas proximidades da divisa com o município de Buriticupu



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Figura 16 - Área de ocorrência da zona de Cisalhamento Tentugal, em Santa Luzia do Tide, na BR-222, evidenciando terrenos policíclicos de alto controle estrutural e sujeitos a dinâmicas morfoesculturais aceleradas por dissecação controlada por fatores antropogênicos



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Face às características naturais do grau de inclinação das vertentes e da altitude do modelado do relevo, há notável relação com determinadas pressões de usos, como a zona de pressão de uso para agropecuária e monossilvicultura. Essa condição permite maior desenvolvimento de determinadas atividades como agricultura em áreas mais aplainadas e menores declividades e da pecuária e silvicultura em áreas mais declives. Dentre as explicações, considera-se que se devem por essas áreas terem menores valores no mercado.

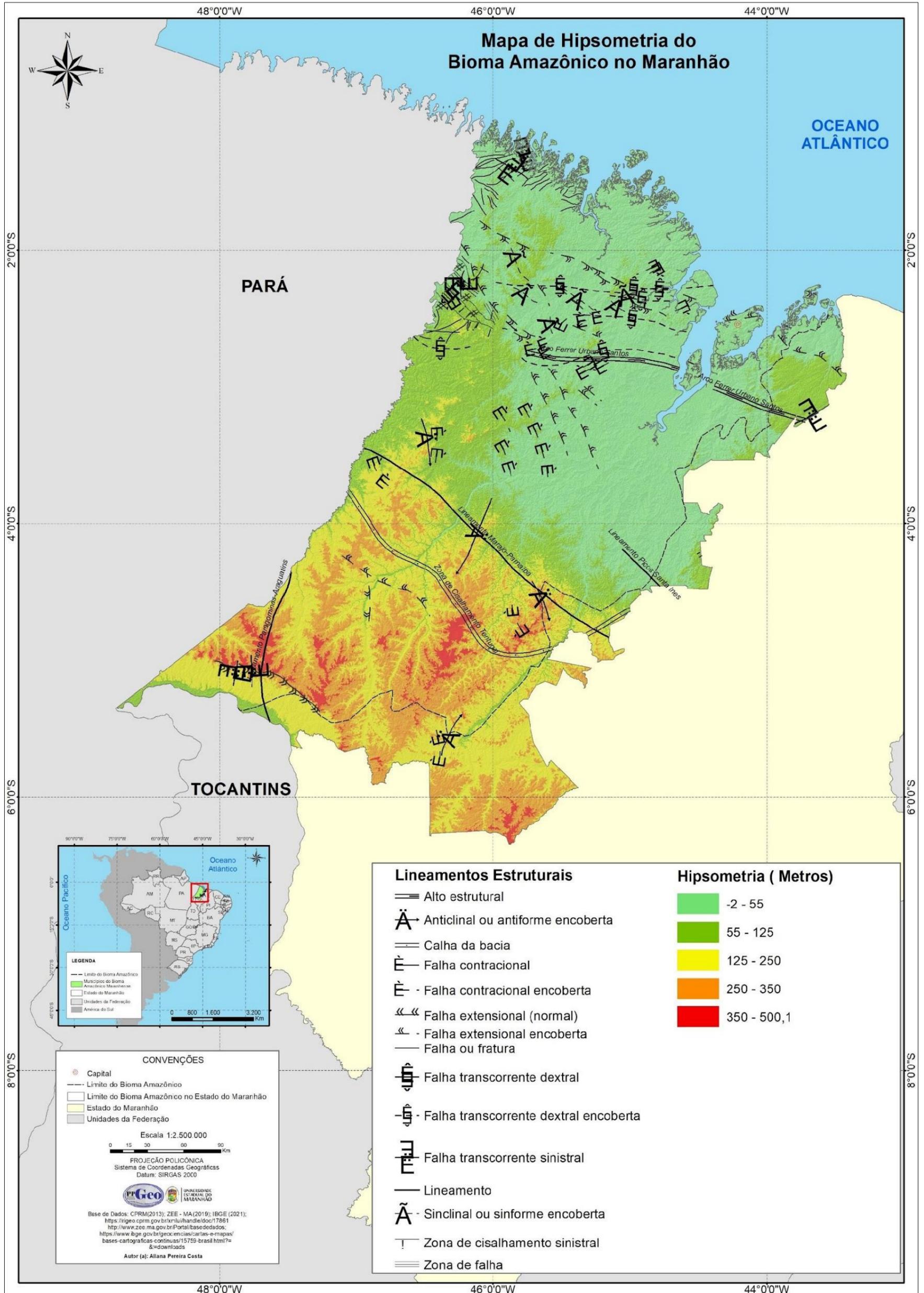
Nota-se que, nessa zona de pressão, há as maiores declividades, variando de 0 a 50, 29 graus, principalmente na porção centro-sul do bioma. Por outro lado, é a área de grande fragilidade em razão dos processos erosivos intensificados pela retirada da vegetação, sobretudo de áreas com declividade bastante acentuada.

Nesse sentido, o comportamento da altimetria e declividade do bioma Amazônico apresenta predominância nas porções centro-sul (as maiores inclinações superiores a 45 graus) e norte (áreas com declividade de até 20 graus). A altimetria, por outro lado, apresenta-se em degraus no bioma, no Sul e Centro, e possui maiores altitudes de até 500 metros em superfícies topográficas onduladas como nas unidades de relevo de planalto e inselberges ou outros relevos residuais, o que favorece o predomínio nessas áreas de plantios de culturas cíclicas. Da mesma forma, a composição do relevo, associada à vegetação na Baixada Maranhense, favorece a prática da pecuária e a formação de lagos para a pesca.

Associada também ao relevo, a zona de pressão de uso urbano-industrial apresenta maiores concentrações de populações e cidades em topografias planas e suaves onduladas, como tabuleiros costeiros, superfícies aplainadas retocadas e agradadas, baixos platôs, e domínios de colinas amplas e suaves. É o caso de cidades na Ilha do Maranhão, bem como as cidades de Grajaú, Bacabal, Alcântara e Imperatriz.

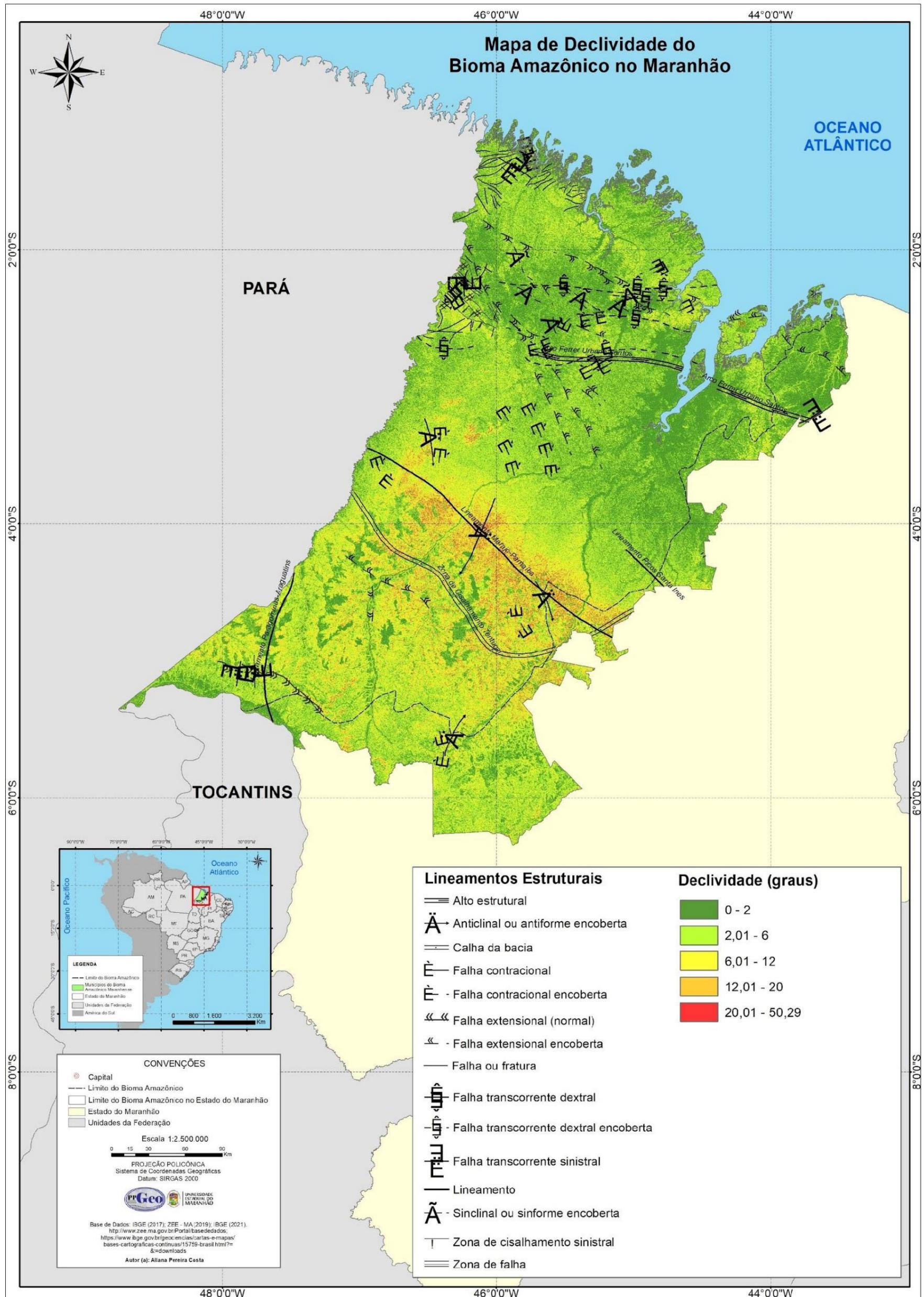
Por conseguinte, ao evidenciar questões geológico-geomorfológicas que marcam o conjunto paisagístico do bioma Amazônico no Maranhão, entende-se que, como síntese da sua geodiversidade regional, podem construir caracteres particulares morfodinâmicos que são capazes, ao mesmo tempo, de permitir o desenvolvimento de coberturas naturais da terra, bem como a constituição de solos. Assim, o processo de morfodinâmica de paisagens em função de denudações de terrenos e seus consequentes processos de morfogênese e pedogênese tende a ser mais significativo em regiões intertropicais, principalmente úmidas, como é o caso do bioma Amazônico do Maranhão.

Figura 17 - Mapa de hipsometria do bioma Amazônico maranhense



Fonte: Registros da Pesquisa (2022).

Figura 18 - Mapa de declividade do bioma Amazônico maranhense



Fonte: Registros da Pesquisa (2022).

Assim, deve-se ressaltar que, para efeitos de uma abordagem compreensiva e integral sobre o modelado em climas diferenciados, é imperativa a concatenação analítica de elementos morfoesculturais e morfoestruturais, conforme indicado. Os solos são fruto dessa interação: clima, relevo, material de origem, organismos e tempo (Figura 23).

Dessa feita, o território analisado no presente trabalho, por sua diversidade morfoestrutural e morfoescultural, produziu um total de nove categorias de solos, subdividas em 24 classes, cada qual com suas potencialidades e vulnerabilidades. A presença de Plitossolos e Latossolos em mais de 65% do território aponta para formações úmidas pretéritas, cujo intemperismo químico por hidratação e hidrólise é predominante.

Como são compostos suscetíveis à erosão, no contexto da geodiversidade macrorregional em questão, esses domínios pedológicos tendem a sofrer com maior degradação morfoclimática, o que é traduzido na forma de sedimentação ou deposição em depressões regionais, como os rios principais, a exemplo dos formadores da Bacia Hidrográfica do Pindaré (Figura 20).

Figura 20 - Incisão de drenagem em solos frágeis do grupo dos latossolos em Bom Jesus das Selvas, nas proximidades do Rio Pindaré



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Por outro lado, a presença de solos da classe dos Plintossolos, sobretudo na Baixada Maranhense, Nordeste do mosaico paisagístico trabalhado, garante-lhe uma condição especial, que é de encharcamento da superfície (Figuras 21 e 22). Por ser uma depressão regional, trata-se de um ponto de encontro das águas regionais, sobretudo das bacias hidrográficas do Aurá,

do Pericumã e do Pindaré. A presença das tipologias citadas garante ao espaço total regional água em superfície na forma de campos inundáveis (que secam parcial ou totalmente nos períodos de estiagem) ou de lagos, como em Viana, Cajari e Formoso.

Figura 21 - Vista aérea do Lago de Viana, próximo à sede do município homônimo, cujo fundo é formado por solos plínticos



Fonte: Registros da Pesquisa (2020).

Figura 22 - Vista aérea dos campos inundáveis de Anajatuba – no segundo semestre, período de estiagem, há diminuição acentuada da lâmina d'água, que é perdida pela atmosfera por evapotranspiração



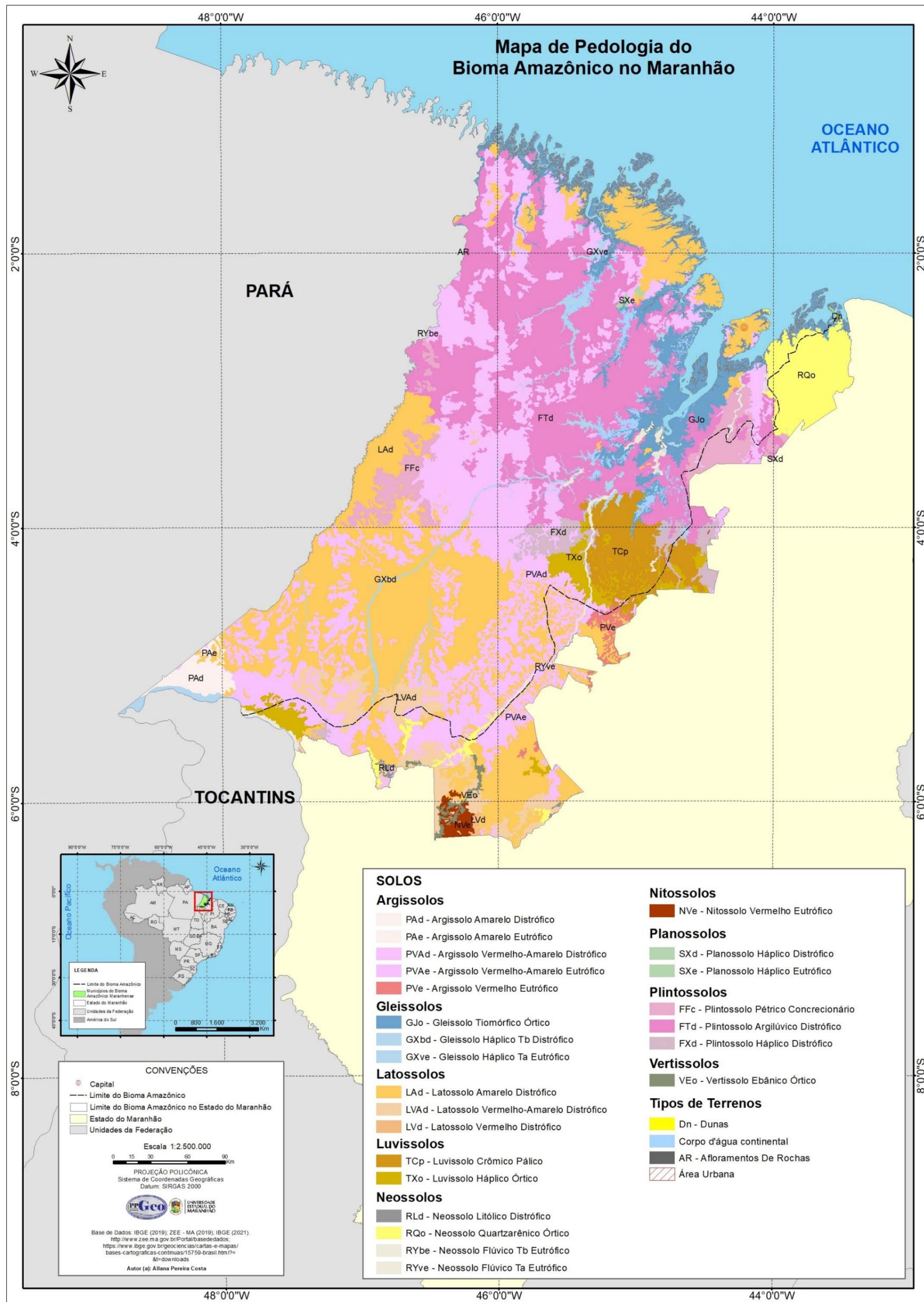
Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

A partir dos dados, identifica-se que, na porção norte do bioma, os tipos de solos são formados por Latossolos Amarelos, sobretudo no extremo norte, como em Alcântara, na Ilha do Maranhão, em Apicum-Açu, em Porto Rico e em Cururupu; Gleissolos Tiomórficos, bordeando os manguezais em toda a extensão das Reentrâncias, nas Baías de São Marcos, São José e Cumã; e Argissolos Vermelho-Amarelo e Plintossolos, representando a maior predominância.

No centro-sul do bioma, é notável a heterogeneidade das tipologias de solos com a presença de Nitossolos que ocorrem excepcionalmente na região de Grajaú e Luvissolos no extremo leste, na região da Mata dos Cocais, já em contato com o Cerrado. Contudo, a porção é marcada por praticamente todos os tipos gerais de solos que ocorrem no bioma, o que favorece aptidões para atividades primárias diversificadas de agricultura e pecuária.

Por fim, há que se destacar a geodiversidade regional, demonstrada pela integração dos componentes abióticos do conjunto das paisagens naturais do bioma Amazônico no Maranhão. Necessita-se considerar o contexto das pressões de uso antropogênicas que tem ocorrido nas últimas décadas. A própria cobertura vegetal, que é considerada um elemento que traduz a biodiversidade regional, é uma consequência dos padrões físicos aqui descritos e, por isso, deve ser tratada em um item especial no contexto do presente trabalho. Os padrões de uso e de pressões, da mesma maneira.

Figura 23 - Mapa de pedologia do bioma Amazônico maranhense



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

An aerial photograph of a vast, green landscape. The foreground is dominated by a dense, dark green forest. In the middle ground, there is a large, flat, light green area, possibly a wetland or a large field. In the background, a body of water stretches across the horizon under a blue sky with scattered white clouds. The overall scene is a wide, open natural landscape.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No que se convencionou denominar de biogeografia, no contexto das geociências, historicamente houve a condição analítica de associar as abordagens relativas aos processos derivadores de geodiversidades regionais ou continentais, por exemplo, com um (senão o) principal conjunto de mecanismos capazes de promover a constituição de condições ambientais para o desenvolvimento de habitats, ecossistemas e biomas (FIGUEIRÓ, 2015). Contudo, face às frentes ocupacionais vinculadas às forçantes antropogênicas materializadas sobre as paisagens originais, novas realidades e abordagens biogeográficas tendem a ser evidenciadas.

Estas, por seu turno, são manifestadas na conversão de elementos primários da natureza em agroecossistemas e demais sistemas ambientais potencialmente alterados ao longo de séculos, como é o caso da Europa, ou a poucas décadas, como no caso da Amazônia brasileira e, em especial, da Amazônia maranhense. Nesse sentido, a presente pesquisa realizou um conjunto de análises acerca das condições mesológicas essenciais para a biogeografia da Amazônia maranhense. Dessa forma, ao se evidenciar a cobertura vegetal, o clima, por meio da evapotranspiração potencial (ETp) do macroconjunto paisagístico ora trabalhado, tal como a distribuição dos índices de focos ativos de calor, apresenta-se um cenário de fragmentação de sistemas ecológicos regionais, evidência de pressões pelo uso das unidades paisagísticas em um contexto de supressão.

5.1 As tipologias de cobertura da terra no bioma Amazônico maranhense e os padrões de distribuição das paisagens naturais remanescentes

A cobertura vegetal ou vegetação correlacionam-se aos grandes conjuntos fisionômicos homogêneos de espécies vegetacionais, distribuídas biogeograficamente em determinada região. Embora os critérios fisionômicos dos padrões de vegetação não sejam considerados como ecológicos e tomados como o principal parâmetro para a determinação das formações vegetais, são de significativa importância para compreender a distribuição e dispersão da vida na superfície terrestre.

As grandes unidades fitogeográficas homogêneas apresentam um conjunto de fitofisionomias (formações vegetais) conforme mostra Tabela 1. Fauna e micro-organismos dotados de características comuns, condicionadas por fatores climáticos, edáficos e disposição biótica, concomitantemente, passam por sucessivos processos de remodelação. Por conseguinte, Catunda e Dias (2019) e Maranhão (2020) dividem-nos nos seguintes conjuntos vegetacionais principais:

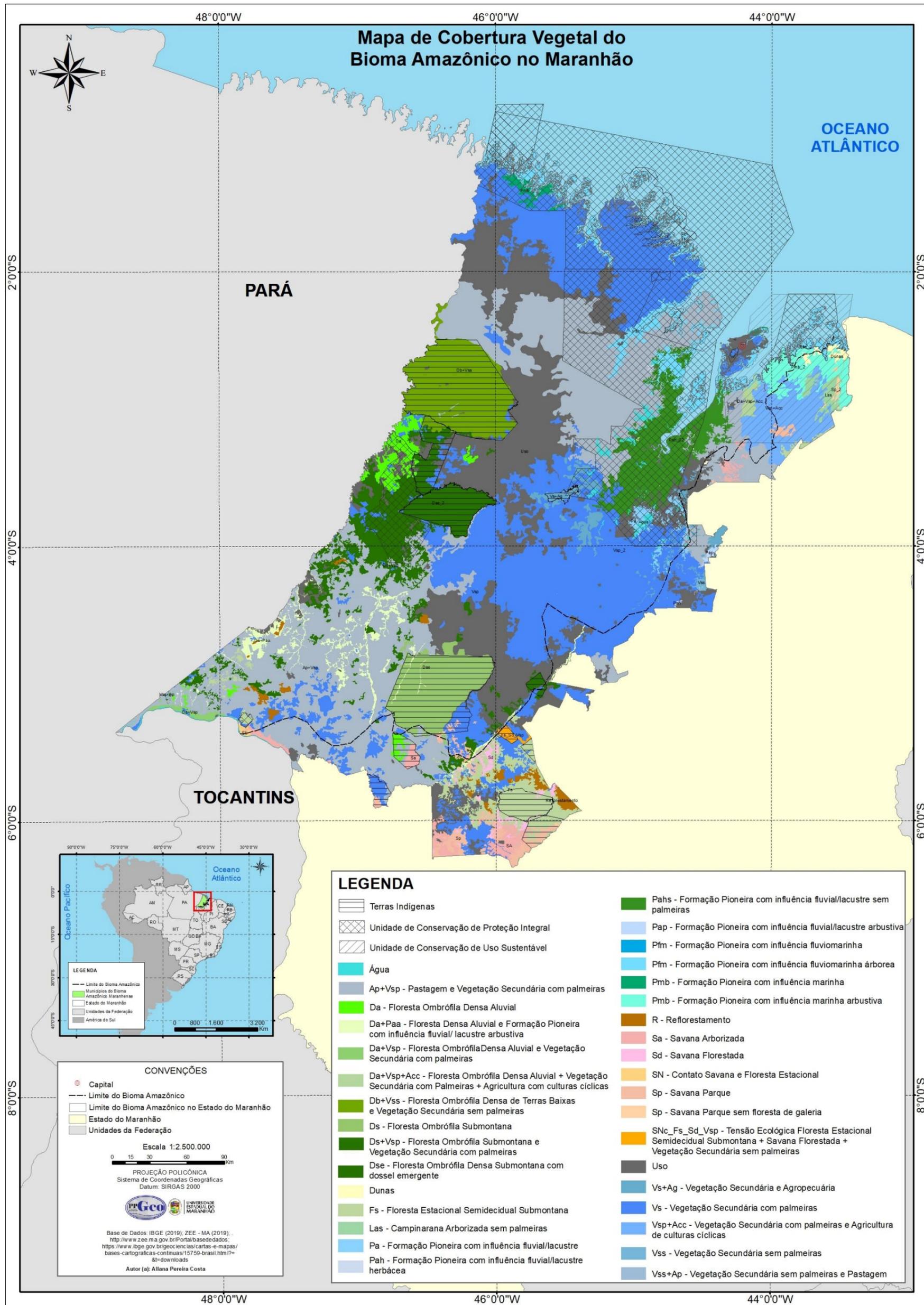
- a) ambientes biogeográficos de florestas: coberturas vegetais nativas, com predominância de espécies lenhosas, de porte elevado, com copas fechadas e altura de estrato superior a dez metros em relação ao solo, o que corresponde, para o bioma Amazônico maranhense (Amazônia Oriental), às seguintes classificações estabelecidas na Figura 24:
- floresta ombrófila densa submontana com dossel emergente;
 - formação pioneira com influência fluviomarinha arbórea;
 - floresta ombrófila densa de terras baixas com vegetação secundária sem palmeiras;
 - floresta estacional semidecidual submontana;
 - floresta ombrófila densa aluvial e formação pioneira com influência fluvial/lacustre arbustiva;
 - formação pioneira com influência marinha ou flúvio-marinha arbórea ou arbustiva;
 - floresta ombrófila densa aluvial;
 - floresta ombrófila densa submontana e vegetação secundária com palmeiras;
- b) ambientes biogeográficos de Cerrados: áreas que apresentam ecossistemas típicos do bioma Cerrado e estão inseridos em espaços da Amazônia Oriental, correspondendo, para o Bioma Amazônico do Estado do Maranhão (Figura 24):
- savana parque;
 - savana arborizada;
 - campinarana arborizada sem palmeiras;
 - contato savana e floresta estacional.
- c) ambientes antropogênicos ou sucessionais, sem porte florestal e sem características de Cerrado: são todos e quaisquer territórios fitogeográficos em que predominam Matas de Cocais, vegetação secundária ou secundária mista, pastagens ou usos consolidados. A Figura 24 apresenta a disposição espacial das formações vegetais que ocorrem na Amazônia maranhense e a Tabela 1 demonstra as suas respectivas áreas por tipologia.

Tabela 1 - Unidades fitogeográficas (formações vegetais) e cobertura da terra do bioma Amazônico maranhense com suas respectivas áreas

NÚMERO	SIMBOLOGIA	CLASSES	ÁREA Km ²
1	Água	Água	380,27
2	Ap+Vsp	Ap+Vsp - Pastagem e Vegetação Secundária com palmeiras	33.600,54
3	Da	Da - Floresta Ombrófila Densa Aluvial	1.309,10
4	Da+Paa	Da+Paa - Floresta Densa Aluvial e Formação Pioneira com influência fluvial/ lacustre arbustiva	1.599,83
5	Da+Vsp	Da+Vsp - Floresta Ombrófila Densa Aluvial e Vegetação Secundária com palmeiras	216,44
6	Da+Vsp+Acc	Da+Vsp+Acc - Floresta Ombrófila Densa Aluvial + Vegetação Secundária com Palmeiras + Agricultura com culturas cíclicas	241,97
7	Db+Vss	Db+Vss - Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas e Vegetação Secundária sem palmeiras	5.413,22
8	Ds+Vsp	Ds+Vsp - Floresta Ombrófila Submontana e Vegetação Secundária com palmeiras	1.264,62
9	Dse	Dse - Floresta Ombrófila Densa Submontana com dossel emergente	11.039,68
10	Dunas	Dunas	194,07
11	Fs	Fs - Floresta Estacional Semidecidual Submontana	3.495,81
12	Las	Las - Campinarana Arborizada sem palmeiras	438,75
13	Pa	Pa - Formação Pioneira com influência fluvial/lacustre	478,08
14	Pah	Pah - Formação Pioneira com influência fluvial/lacustre herbácea	4.835,17
15	Pap	Pap - Formação Pioneira com influência fluvial/lacustre arbustiva	71,91
16	Pfm	Pfm - Formação Pioneira com influência fluviomarinha	1.883,54
17	Pfm_2	Pfm - Formação Pioneira com influência fluviomarinha arborea	3.622,75
18	Pmb	Pmb - Formação Pioneira com influência marinha	379,03
19	Pmb_2	Pmb - Formação Pioneira com influência marinha arbustiva	1.567,86
20	R	R - Reflorestamento	790,91
21	Sa	Sa - Savana Arborizada	1.218,08
22	Sd	Sd - Savana Florestada	449,36
23	SN	SN - Contato Savana e Floresta Estacional	59,55
24	SNc_Fs_Sd_Vsp	SNc_Fs_Sd_Vsp - Tensão Ecológica Floresta Estacional Semidecidual Submontana + Savana Florestada + Vegetação Secundária sem palmeiras	159,57
25	Sp	Sp - Savana Parque	1.244,08
26	Sp_2	Sp - Savana Parque sem floresta de galeria	83,70
27	Uso	Uso	22.519,67
28	Vs+Ag	Vs+Ag - Vegetação Secundária e Agropecuária	1.357,60
29	Vsp	Vs - Vegetação Secundária com palmeiras	33.767,00
30	Vsp+Acc	Vsp+Acc - Vegetação Secundária com palmeiras e Agricultura de culturas cíclicas	2.891,89
31	Vss	Vss - Vegetação Secundária sem palmeiras	79,99
32	Vss+Ap	Vss+Ap - Vegetação Secundária sem palmeiras e Pastagem	31,71
TOTAL			136.685,74

Fonte: Registros da Pesquisa (2021) elaborados a partir de dados do ZEE-MA (2019).

Figura 24 - Mapa de ocorrências das formações vegetais do bioma Amazônico do Maranhão



Fonte: ZEE-MA (2019); Elaboração: COSTA (2021).

As Florestas Ombrófilas são representadas por uma vegetação de grande porte, característica de floresta tropical úmida, ocupam terrenos baixos periodicamente alagados, e são constituídas por uma vasta biodiversidade de composição florística. No entanto, é a formação vegetal mais impactada no referido bioma. As características fitogeográficas se encontram bastante alteradas, seu estado mais conservado está, em grande parte, em áreas protegidas. Compreende, sobretudo, Unidades de Conservação, Terras Indígenas (TI) e Áreas de Preservação Permanente – a oeste: a Reserva do Gurupi (Rebio), Terra Indígena Alto Turiaçu, Awa e Caru; no centro: Terra Indígena Rio Pindaré; mais ao sul do limite do bioma Amazônico do Maranhão: Terra Indígena Arariboia (Figura 25), como pode ser verificado no mapa da Figura 24.

Figura 25 - Vegetação ombrófila evidenciada na Terra Indígena Arariboia no município de Arames (MA)



Fonte: ZEE - MA (2019).

A característica de vegetação das várzeas ressalta, também, os remanescentes de florestas ombrófilas aluviais, as associações vegetais ribeirinhas ou as “florestas ciliares” que ocupam os antigos terraços das planícies quaternárias, localizados por toda a extensão longitudinal dos cursos d’água. Esses vêm sofrendo grande perda em virtude da ocupação humana no território de forma acelerada e com um deficiente planejamento, principalmente, por causa da atividade pecuária tão expressiva na quase totalidade dos municípios que compreendem o bioma Amazônico maranhense.

As Reentrâncias Maranhenses, que compreendem o norte do litoral do bioma, apresentam grande importância tanto do ponto de vista ambiental como do socioeconômico

para a comunidade local e para o Estado em sua totalidade. Caracterizadas como uma região tropical úmida, juntamente com os manguezais que vão de encontro com o estado do Pará, constituem em linha contínua o maior ecossistema do mundo, a sua biodiversidade se tornou um berçário natural para diversas espécies locais e aves migratórias. A cobertura vegetal dessa região é caracterizada pelas formações pioneiras de influência fluvial e/ou lacustre, apicuns, formações pioneiras fluviomarinha (mangues e marismas) e formações pioneiras com influência marinha (restingas) (Figura 26 e 27).

Figura 26 - Predominância de manguezal no município de Guimarães (MA)



Fonte: Arquivo Pessoal da Autora (2019).

Figura 27 - Formação de restinga no litoral do município de Cedral (MA)



Fonte: Arquivo Pessoal da Autora (2019).

Os manguezais, segundo Dias (2006), são o ecossistema com maior importância nesse Geossistema. Destacam-se: mangue vermelho (*Rhizophora mangle*) com florestas costeiras que chegam a atingir 30 m de altura; mangue branco (*Laguncularia racemosa*); e mangue siriba (*Avicennia germinans* e *A. schaueriana*) que forma uma linha atrás do mangue vermelho (*Rhizophora mangle*), acompanhando, geralmente, as margens dos rios nas partes mais próximas do continente. Esse tipo de mangue é mais tolerante a alto teor de salinidades e elimina o excesso de sal por meio dos seus estômatos que ficam na superfície das folhas.

Na região que o Golfão abrange, os ecossistemas predominantes são os manguezais, cujo substrato está propriamente relacionado à presença de depósitos marinhos e flúvio-marinhos da planície costeira. A Baía de São José apresenta uma ocorrência com continuidade permanente. Já na Baía de São Marcos, em direção ao sul, próximo às Ilhas dos Caranguejos, a presença dos mangues se alterna com os campos inundáveis (Figura 28). Também associado a esses ambientes, nas áreas que margeiam o rio Mearim e parte da Baía de São Marcos, há o contato entre campos e mar que formam as marismas tropicais.

Figura 28 - Campos de Perizes, em Bacabeira, fundo da paleobaía de São Marcos e ponto de extrema coalescência de sedimentos flúvio-marinhos e flúvio-lacustres pleistó-holocênicos



Fonte: Acervo pessoal da Autora (2019).

A Baixada Maranhense, por outro lado, quanto às formações de campos, supõe-se que represente uma área cujos processos flúvio-marinhos exercem um maior poder de erosão e

de sedimentação, o que reflete, topograficamente, fenômenos que ocorrem entre a atual Ilha do Maranhão e a parte continental do estado, ao fundo da atual Baía de São Marcos.

De acordo com Dantas et. al. (2013), expande-se nessa área uma imensa superfície plana, rebaixada, alagadiça, principalmente nos períodos chuvosos entre dezembro e junho, revestida de campos, nem sempre alagados. Esse ecossistema margeia o Golfão Maranhense associado também aos ambientes de depósitos flúvio-marinhos da planície costeira.

Os campos inundáveis, que formam a Baixada Maranhense, são ambientes ecologicamente complexos, uma vez que essa região representa sistema de estrutura e funcionamento diferenciados, formado tanto por lagos rasos temporários, que ocupam as vastas áreas de campos abertos, onde há o transbordamento de rios (Figura 29), e por lagoas nas margens, quanto por sistemas lacustres permanentes.

Figura 29 - Aspecto de vegetação herbácea associada aos campos inundáveis no município de Pinheiro (MA) na Baixada Maranhense



Fonte: Registros da Pesquisa (2020).

A vegetação que apresenta maior expressividade no bioma é a Vegetação Secundária (Figura 30) com palmeiras, sobretudo, em razão do alto controle humano no espaço, por meio de atividades agrícolas e pecuárias representativas nessa região, as quais ocasionaram a descaracterização da cobertura vegetal natural. O abandono dessas atividades ou a exaustão da fertilidade pelo uso da agricultura representou o início do processo de reflorestamento ou florestamento de sucessão natural. Essa sucessão é seguida por vários estágios até que seja dominada por uma formação vegetal mais densa. A Mata dos Cocais, principalmente com a

presença da palmeira de babaçu, possui grande utilidade para o extrativismo vegetal utilizado pelas comunidades tradicionais locais.

Figura 30 - Aspecto de vegetação secundária mista em estágio intermediário de recomposição entre Brejo de Areia e Marajá do Sena



Fonte: Acervo pessoal da Luiz Jorge B. Dias (2017).

As savanas não acompanham a continuidade de vegetação rasteira, herbáceas, por ser interrompido pela ocorrência de arbustos e árvores não tão densas, cuja variação dos períodos secos e chuvosos é determinante para seus padrões de crescimento. Enquanto isso nas florestas estacionais, no Cerrado, há a predominância de plantas de maiores portes, formando copas mais fechadas e densas, também determinadas pela estacionalidade dos períodos de chuvas e secas para o desenvolvimento da vegetação (COUTINHO, 2016; COSTA, 2018). Quanto à Savana Parque que possui uma formação tanto natural quanto antropizada, as características mais abertas são provocadas, principalmente, pelas queimadas para o uso do solo por pastos e agricultura, bem como pela retirada da vegetação para a extração de madeiras, o que diminui a densidade das árvores, formando as Savanas Parques antropizadas. Por outro lado, podem estar associadas às queimadas atribuídas na sua formação natural (Figura 31).

Destaca-se, ademais, a formação de Savana Arborizada (Figura 32) sem floresta de galeria, que constitui um subtipo de formação vegetal arbórea-arbustiva e apresenta um estrato herbáceo menos denso, geralmente possui uma cobertura de 20% a 50%. Trata-se de uma vegetação intermediária da Savana Floresta e Savana Parque e apresenta uma fisionomia mais aberta, sendo, quase sempre, demarcada pela presença de árvores tortuosas, espaçadas, com

troncos de cortiça espessa e folhagem coriácea e pilosa, exibindo um aspecto xeromórfico das árvores e arbustos em detrimento da sazonalidade da umidade.

Figura 31 - Aspecto de vegetação de Savana Parque sem mata galeria em São Luís Gonzaga (MA)



Fonte: Registros da Pesquisa (2019).

Figura 32 - Savana Arborizada na faixa de transição entre Amazônia e Cerrado em Morros (MA)



Fonte: Registros da Pesquisa (2020).

Essas fitofisionomias têm ocorrência, com maiores expressividades, na faixa de transição e contato entre o bioma Amazônico maranhense e o Cerrado, região leste da Amazônia maranhense, conforme é demonstrado no mapa da Figura 24.

5.2 As pressões de uso e cobertura da terra no bioma Amazônico maranhense e a sua correlação com os ambientes naturais remanescentes, as ameaças e o comprometimento do equilíbrio ambiental da área preterida

Corroborando acerca da macroecologia, é importante destacar que as escalas de perda de habitats são fundamentais para o entendimento de como se comportam a fragmentação dos ecossistemas intrabiomas e, por consequência, a viabilidade (ou não) de ocorrência e manutenção dos fluxos gênicos regionais e macrorregionais. Com base nessa assertiva, evidencia-se a importância de retomada dos trabalhos em grandes áreas e paisagens, tendo em vista a compreensão de recortes territoriais mais expressivos para a indicação de estratégias de uso e conservação mais apropriados para cada situação.

O extremo nordeste da Amazônia é, em conjunto, a área mais impactada pelas ações antropogênicas e, portanto, a que requer maior atenção quanto à perda de cobertura vegetal nativa, aos avanços das queimadas por ampliação dos focos de calor, bem como à proteção do patrimônio biodiverso e à expansão de atividades econômicas consideradas territorialmente expansivas e predatórias.

Essa área, que comporta 3,4 % do espaço total desse bioma no Brasil, apresenta um grande desafio de preservação e conservação dos territórios naturais e socioculturais remanescentes, agravados pelas atividades produtivas bastante impactantes aplicadas a esse recorte geográfico. Ademais, a Amazônia Oriental tem passado por alterações nas dinâmicas associadas aos estoques hídricos em superfície, o que é refletido pelo ritmo da evapotranspiração regional, sobretudo, na década de 2010, conforme será abordado no tópico a seguir deste trabalho.

5.2.1 A dinâmica da Evapotranspiração Potencial na Amazônia maranhense durante a década de 2010

Geocientificamente, uma das maiores tendências contemporâneas é a da observação e análise das dinâmicas climáticas e, por conseguinte, de suas interferências ou associações diretas ou indiretas com as atividades humanas (DIAS; COSTA, 2020). Essa preocupação, embora antiga, ainda carece de maiores critérios práticos de correlação entre o que é observado

historicamente e o que de fato ocorre em curto prazo, ou seja, em relação à ocorrência de fenômenos atmosféricos em intervalos anuais durante uma década, por exemplo, como será tratado adiante nesse tópico.

Antes de aprofundar quaisquer tipos de abordagens acerca das temáticas ligadas às Ciências Atmosféricas em um macroconjunto paisagístico, como é o bioma Amazônico maranhense, há que se apresentar alguns conceitos fundamentais para o desenvolvimento das interpretações relacionadas ao tema ora discutido. O primeiro deles, tempo, refere-se ao estado atmosférico de momento, ou seja, registrado diariamente, a cada intervalo de seis horas, no mínimo, o qual mostrará no decurso de 24 horas o comportamento dos elementos vinculados ao ciclo da água (campo hidrometeorológico), à pressão do ar (campo barométrico) e à evolução dos aquecimentos e resfriamentos diários (campo térmico), com suas consequências de curto prazo (AYOADE, 2001; BARRY; CHORLEY, 2012).

Já por clima entende-se a configuração da dinâmica dos comportamentos atmosféricos ao longo de, no mínimo 30 (trinta) anos de medições ininterruptas das condições de tempo. É compreendido, pois, como um estado médio da dinâmica dos campos hidrometeorológico (chuvas e umidade), barométrico (pressão atmosférica) e térmico (temperaturas máximas e mínimas), conforme orientam Monteiro (2015) e Dias e Costa (2020). Essa compreensão, que deve apontar um ritmo médio de atuação dos elementos formadores das condições de tempo ao longo desse intervalo cronológico, conhecido como normal climatológica, apresenta os valores, em tese habituais, para a comparação da evolução desses tipos de fenômenos.

Por conseguinte, o comportamento atmosférico de um território é um elemento analítico importante para definição dos sistemas de interação: radiação solar – oceanos – atmosfera – cobertura da terra. Pode ser avaliado anualmente durante uma década ou a cada intervalo de dez anos. Essa é a base técnico-científica para uma Climatologia Geográfica com elaboração de uma cartografia evolutiva em uma perspectiva macroecológica (NUNES; DIAS, 2019).

Esses conjuntos de processos se refletem na gênese de condições favoráveis ou não à ocorrência de situações médias ou anormais de ampliação de focos de calor, por exemplo, tendo em vista a possibilidade de ressecamento da superfície e de sua cobertura, com ou sem biomassa. Esses macroelementos devem ser analisados em conjunto e, obviamente, esse sistema conjugado evolui ao longo do tempo cronológico, o que significa dizer que eles formatam ritmos (processos) que indicam padrões sucessionais (DIAS; COSTA, 2020).

A análise rítmica em Climatologia é um condicionante indispensável para a compreensão dos territórios passíveis de planejamento, uma vez que a compreensão dos padrões climáticos e de suas variações são condições imprescindíveis para a definição dos quadros de ordenamento territorial. Em outros termos, sem a compreensão dos ritmos climatológicos (ou climáticos), não há possibilidades reais de se planejar adequadamente os diversos tipos de uso e ocupações humanas em áreas mais heterogêneas, nem como avaliar a eficácia e a eficiência de investimentos públicos ou privados em dado território (BANCO MUNDIAL, 2010; ROSENZWEIG et al., 2011).

Em seu espaço total, o Bioma Amazônico no Maranhão ainda é muito deficitário quanto a estudos de conjunto dos seus sistemas produtores de tempo e clima, algo que apenas, em meados dos anos 2000, começou a ser devidamente “corrigido”. As extrapolações de classificações climáticas regionais, baseadas no método oitocentista de Köppen (MONTEIRO, 1971), ainda em vigor, e a ausência de dados meteorológicos de longo prazo (superiores a 30 anos de medições diárias constantes), para a maior parte do conjunto territorial, contribuem para as carências de análises territoriais maranhenses à luz de seus climas e sob a perspectiva geográfica.

Indefinições, quanto aos arranjos territoriais e tipologias climáticas de longo prazo (influências da semiaridez e ampliação das áreas de ocorrência de núcleos de arenização e desertificação, por exemplo), e falta de aplicação de conhecimentos estatísticos acumulados sobre elementos formadores de tempo e clima são fatos que concorrem para a baixa quantidade de estudos objetivos acerca dos climas regionais e locais do território maranhense (DIAS; PINHEIRO JÚNIOR, 2013).

É nesse sentido que a presente pesquisa se insere, pois, além de preencher uma lacuna acerca da produção de conhecimento científico da evolução das condições de tempo e clima na Amazônia Oriental, busca compreender as dinâmicas dos sistemas relacionados à Evapotranspiração Potencial, com base em dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

No presente trabalho, não serão enfocados aspectos relacionados às mudanças climáticas globais, regionais ou locais, pois embora sejam relevantes, há necessidade de reconhecimento de padrões oceânicos, atmosféricos e de uso e cobertura da terra de longo prazo que extrapolam a perspectiva ora adotada. Ademais, procurou-se enquadrar a interpretação dos dados e informações aqui apresentados sob a ótica da Climatologia Geográfica que, alicerçada em observações de caráter meteorológico, dispõe de métodos próprios para abordar o tema em questão.

Por orientação metodológica da Climatologia Geográfica, optou-se por desenvolver a análise da ETp para a década de 2010, considerada a década mais quente desde 1860, quando iniciada a mensuração sistemática dos elementos formadores de tempo e clima (AYOADE, 2001). Por conseguinte, a década de 2010, para o bioma Amazônico no Maranhão, pautou-se como aquela em que houve a consolidação dos novos padrões macroecológicos e biogeográficos, em que as ações humanas foram tão intensamente massificadas que proporcionaram o comprometimento da resiliência natural do macroterritório, apontando tendências de não retorno a estágios de pré-antropismos regionais (DIAS; CATUNDA, 2019).

A umidade que chega à atmosfera é decorrente de dois processos físicos que ocorrem na superfície terrestre, a evaporação e a evapotranspiração (NUNES; DIAS, 2019). O ciclo hidrológico é fundamental para a realização desses dois procedimentos, pois a água que evapora da superfície é derivada das precipitações, de algum corpo hídrico ou ainda de outra superfície que armazena água (BARRY; CHORLEY, 2012).

Sendo assim, o termo evaporação é utilizado para “designar a transferência de água para a atmosfera, sob a forma de vapor, decorrente da evaporação que se verifica no solo úmido sem vegetação, nos oceanos, lagos, rios e outras superfícies hídricas naturais” (VAREJÃO – SILVA, 2005, p. 452). Já a evapotranspiração é um processo resultado da passagem da água para a atmosfera em forma de vapor, adicionada à transpiração dos vegetais via estômatos (NERY; CARFRAN, 2013). Desse modo, “a evapotranspiração é empregada para exprimir a transferência de vapor d’água para a atmosfera, proveniente de superfícies vegetadas” (VAREJÃO – SILVA, 2005, p. 452).

De acordo com Ayoade (2001), para a existência de evaporação e evapotranspiração, são necessárias a disponibilidade de umidade na superfície e a ação da radiação solar direta, da temperatura e do vento, mais intenso e frequente. Isso porque, durante esse processo, há troca de energia proveniente do Sol e ação da temperatura, essencial para a passagem da água em estado líquido para a forma de vapor.

A evapotranspiração ocorre diariamente e deve ser tida como elemento meteorológico importante de análise, pois indica perda de água para a atmosfera. Dependendo da região ou da intensidade, duração e volume de precipitações durante o período chuvoso precedente, pode ocasionar déficit hídrico, principalmente em locais de clima semiárido e semiúmido, como na região dos Trópicos. Mas isso não significa afirmar que, em áreas em tese mais úmidas, como os ecossistemas e geossistemas do bioma Amazônico no Maranhão, isso não possa ocorrer, como será demonstrado adiante.

A evapotranspiração poder ser classificada de diversas formas conforme o objetivo de estudo:

- a) **Evapotranspiração Real:** “constitui a perda de água de uma superfície natural, na condição de umidade e de cobertura vegetal” (CAMARGO e CAMARGO, 2000, p. 126).
- b) **Evapotranspiração Potencial:** “representa a chuva necessária, é o processo de perda de água para a atmosfera, através de uma superfície natural gramada, padrão, sem restrição hídrica para atender às necessidades da evaporação do solo e da transpiração” (CAMARGO e CAMARGO, 2000, p. 126).
- c) **Evapotranspiração de Cultura:** “refere-se aos processos de transpiração pelas plantas e evaporação direta do solo que ocorrem simultaneamente” (BASSOI, TEXEIRA et al., 2005).

Diante dessas classificações, o objetivo da pesquisa é a Evapotranspiração Potencial (ETp), que é medida em milímetros, como na análise das precipitações, em que 1,0 mm corresponde a 1 litro de água evaporada em 1 m² de terreno. Sendo assim, para saber a quantidade de evaporação em determinado lugar, foram criados diversos métodos e equações para estimativa de ETp.

Assim, no ano de 2010, o comportamento da ETp esteve relacionado a uma fase positiva do fenômeno ENOS (El Niño Oscilação Sul). Com temperaturas acima das normais climatológicas em até 1,5°C e diminuição das precipitações na ordem de 20 a 30% em toda a Amazônia Oriental, houve indicativo de estresse hídrico relacionado à elevação da evapotranspiração regional, com ETp estabelecida entre 1.774 e 1976 mm/ano. A Figura 33 apresenta a disposição espacial da ETp em toda a Amazônia Oriental para os anos de 2010 e 2013, espacializadas cartograficamente.

Por conseguinte, para os anos de 2011 e 2012, o menor registro de ETp foi de 1.712 mm/ano e 1.765 mm/ano, respectivamente, enquanto que os maiores índices estiveram relacionados a 1.858 mm/ano e 1.898 mm/ano, respectivamente. Isso representa uma ligeira estabilidade no ritmo climático. Contudo, ao ser observada a regionalização dos quartis, há uma ampliação das áreas de maior escassez hídrica no centro-sul da Amazônia Oriental, área de tensão macroecológica bastante sensível, pois é uma faixa ecotonal entre o bioma Amazônico no Maranhão e as áreas associadas ao Cerrado, com padrões de uso e pressões mais heterogêneas. Somam-se a isso o prolongamento da diminuição das precipitações regionais,

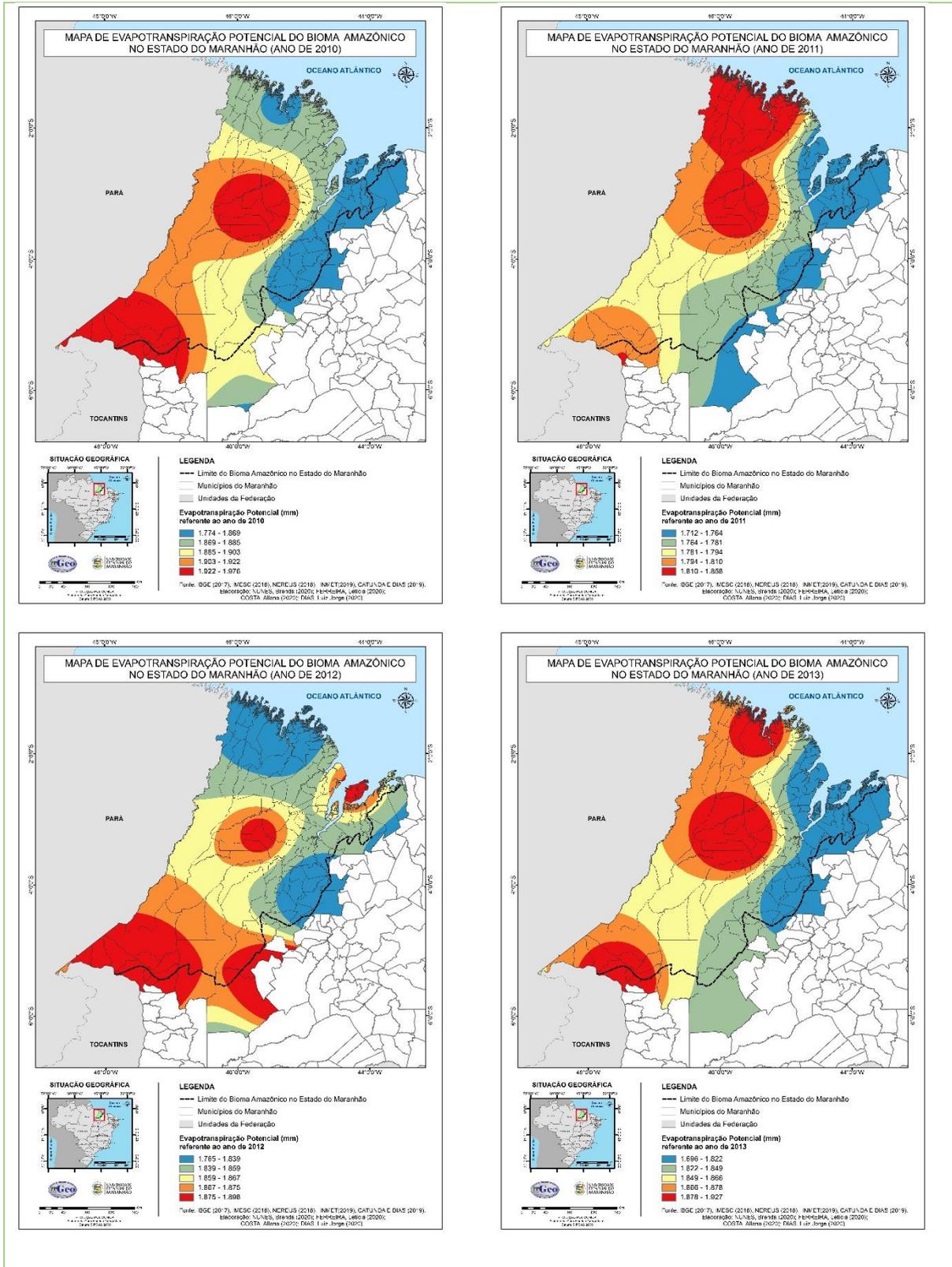
iniciada em 2010, levemente ampliada em 2011, porém com tendência de queda a partir de 2012.

O ano de 2013, situado ainda abaixo das normais climatológicas de precipitação e acima das relacionadas à ETp, apresentou padrão semelhante a 2011 e 2013. Contudo, faz-se mister voltar à análise para sua área mais crítica: a área centro-norte, onde está situado o Mosaico Gurupi, já comentado neste trabalho, que é detentor do maior conjunto florestal nativo de todo o bioma Amazônico no Maranhão, com Unidade de Conservação de Proteção Integral e algumas Terras Indígenas. A propósito, a escassez hídrica, associada ao déficit de precipitações, permanece na mesma tendência de queda de 2010, dentro de percentuais similares.

A Figura 34 dispõe a evolução quadrienal 2014-2017 da dinâmica de ETp da Amazônia Oriental. Em 2014, há uma maior amplitude de distribuição de quantitativos de ETp: no nordeste e no sudoeste da Amazônia Oriental, há tendência de menor ritmo de perda de água da superfície para a atmosfera. No tocante ao Golfão Maranhense, cujas precipitações estiveram em torno de 2.000 mm/ano, pode-se afirmar que o balanço hídrico foi praticamente nulo. Contudo, para a Região Tocantina, Bico do Papagaio, Alto Gurupi e Grajaú, com precipitações que variaram de 900 mm/ano a 1.400 mm/ano, o balanço hídrico é considerado deficitário.

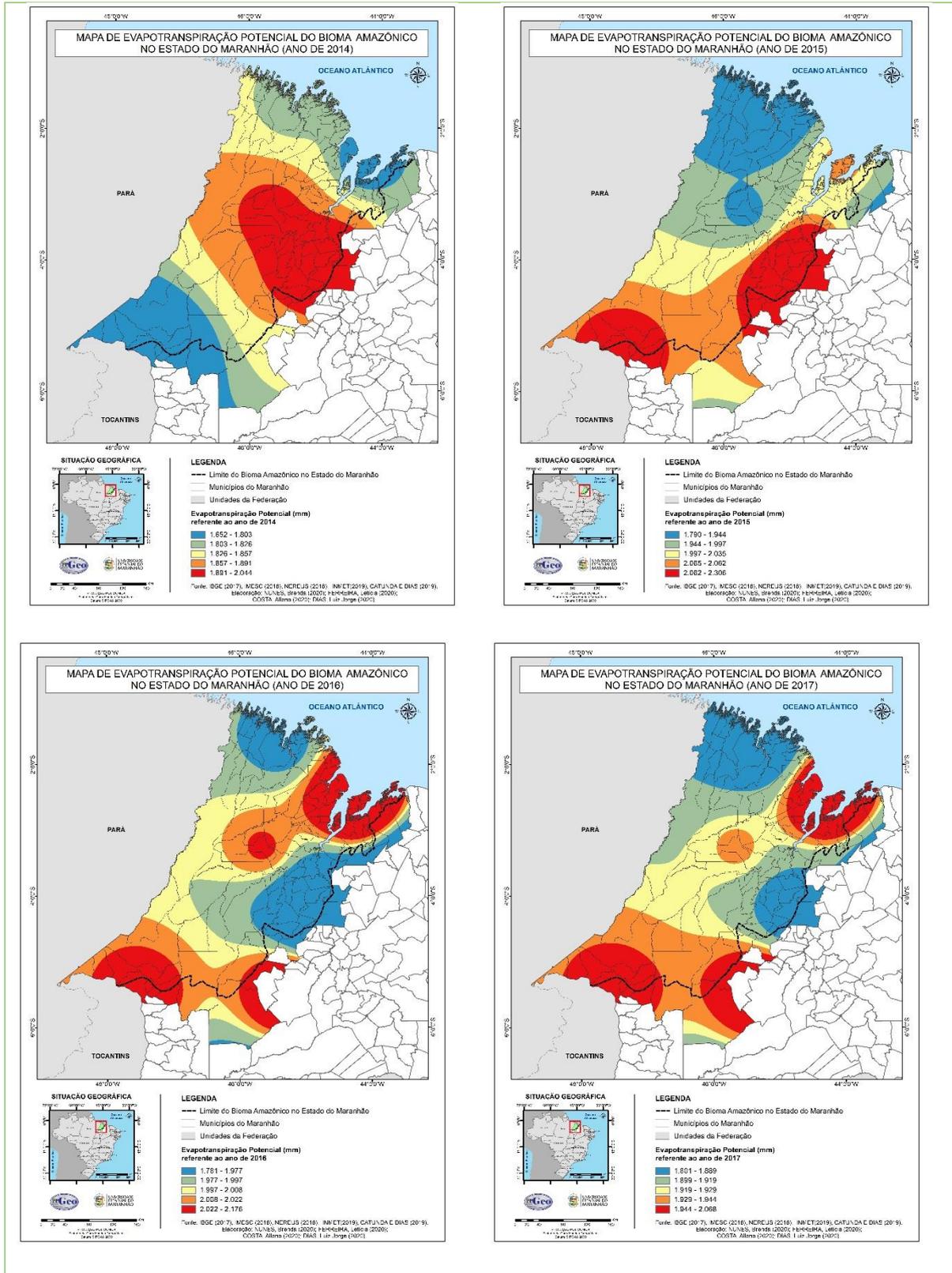
Isso se reflete para todo o contexto do macroconjunto paisagístico e macroecológico sob análise, já que há áreas cujas precipitações não excederam os 1.500 mm/ano e, mesmo assim, a insolação e os ventos permitiram que houvesse ocorrência de ETp na ordem de até 2.044 mm/ano. Esse fato evidencia dois aspectos: possível ampliação dos focos de calor e diminuição trienal substantiva dos estoques de água presentes nos solos e na biomassa regional. É nele que a fase mais recente do ENOS positivo é iniciada.

Figura 33 - Cartografia da evapotranspiração potencial na Amazônia Oriental, equivalente ao bioma Amazônico do Maranhão, para os anos de 2010 a 2013



Fonte: Registros da Pesquisa (2020) elaborados a partir de dados do INMET (2020).

Figura 34 - Cartografia da evapotranspiração potencial na Amazônia Oriental, equivalente ao bioma Amazônico do Maranhão, para os anos de 2014 a 2017



Fonte: Registros da Pesquisa (2020) elaborados a partir de dados do INMET (2020).

O fato retromencionado é praticamente o mesmo que ocorre em 2015, com números bastante similares. Contudo, esse ano representou o ápice da ocorrência da fase mais recente do fenômeno Enos, o que, por si só, aponta para maior estresse hídrico e perda de componentes da vegetação nativa ou mesmo de áreas com coberturas sucessionais em diversas fases de regeneração. Cabe destacar que as precipitações nesse ano estiveram abaixo de 70% das normais climatológicas estabelecidas para o intervalo 1981-2010.

Em 2016, ano cuja incidência do Enos começa a ser arrefecida, a perda hídrica para a atmosfera é a maior da década, com valores que chegam a 2.306 mm/ano. Contudo, as regiões com maiores índices de precipitação não ultrapassaram 1.900 mm/ano. Em outros termos, o estresse bioclimático foi o maior dentre os dez anos monitorados, isso sem considerar a perda acumulada durante o intervalo 2010-2016.

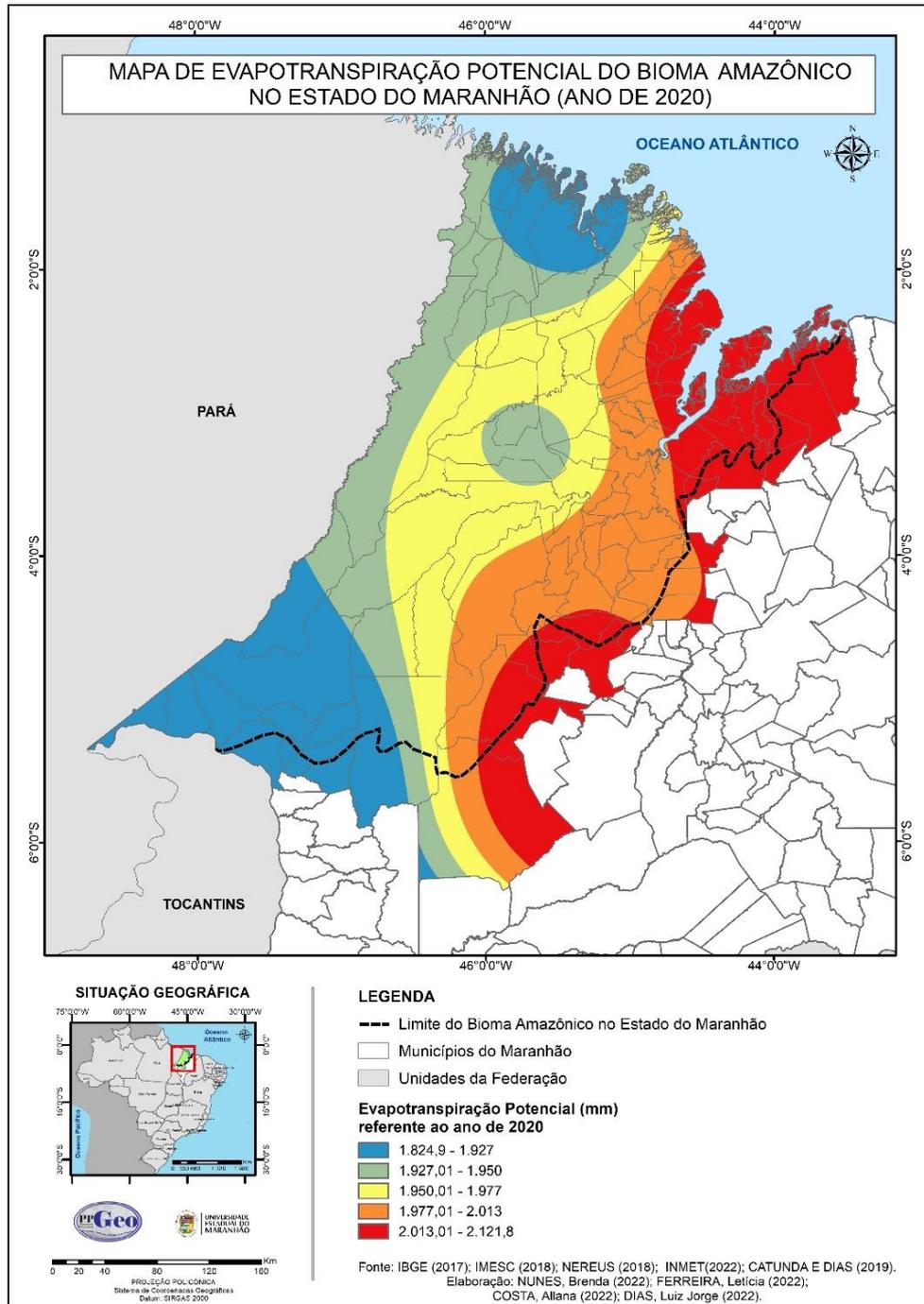
Em 2017, com o retorno da neutralidade climática, ou seja, com precipitações dentro das médias históricas para trinta anos, houve diminuição da perda hídrica. A ETp ficou estabelecida para um intervalo flutuante de 1.801 a 2.068 mm/ano. Destaca-se, pois, que, mesmo com o retorno da regularidade e o quantitativo de chuvas pela primeira vez desde 2011, a perda hidrológica para a atmosfera ainda foi superior às pluviosidades registradas para quase todo o bioma Amazônico maranhense, sobretudo no centro-sul.

A Figura 35 aponta a distribuição climatológica e geográfica de ETp para a Amazônia Oriental entre 2018 e 2019. Em 2018, embora houvesse a configuração de um episódio mais frio de Enos, representado pela ocorrência de *La Niña*, os níveis de ETp voltaram a crescer e alcançaram níveis acima dos de 2016.

Enquanto 2019, por seu turno, apresentou chuvas bastante expressivas no território macroecológico sob análise, na ordem de até 15-20% acima das normais climatológicas, houve formação de episódios de perda hidrológica por ETp para a atmosfera, em níveis semelhantes aos de 2014. Em 2020, contudo, verifica-se que as regiões oeste e noroeste do bioma, situadas próximas à Amazônia Central, apresentaram para o período precipitações pluviométricas mais bem distribuídas no contexto da área, considerando que houve um comportamento da ETp menor na ordem de 1.824,9 a 1.950 mm.

Por outro lado, as áreas mais a leste do bioma, que possuem regimes climatobotânico transicionais, registraram níveis de evapotranspiração potencial mais elevados de 1.977 a 2.121,8 (Figura 36). Convém afirmar que, a despeito dessa configuração da dinâmica atmosférica para ETp, o ano de 2020 teve condição de neutralidade do fenômeno Enos (El Niño Oscilação-Sul) no primeiro semestre. Já nos seis meses subsequentes, houve condição oceânica para uma fase de resfriamento das águas do Pacífico, caracterizada pelo fenômeno *La Niña* que

Figura 36 - Cartografia da evapotranspiração potencial na Amazônia Oriental, equivalente ao bioma Amazônico do Maranhão, para o ano de 2020



Fonte: Registros da Pesquisa (2020) elaborados a partir de dados do INMET (2020).

Ademais, o estresse hídrico regional foi uma constante para toda a década de 2010 e, possivelmente, foi originado pela combinação de episódios de secas naturais com pressões antropogênicas regionais. Assim, são necessários esforços de recuperação de áreas com obediência à legislação ambiental e aos critérios técnicos para uso sustentável de Reservas Legais, com manutenção de cobertura vegetal com espécies nativas.

5.2.2 A Dinâmica dos focos do calor no bioma Amazônico do Maranhão durante a década de 2010

Historicamente, o processo de expansão do domínio humano da Amazônia Oriental foi pautado em ciclos econômicos e políticos que envolveram, a princípio, a ocupação de vazios demográficos. Contudo, Dias et. al. (2017a) e Dias et. al. (2019) apontam que as frentes de ocupação relacionadas à madeira, ao gado e, mais recentemente, ao agronegócio, à implantação de multimodalidades de transportes de passageiros e cargas e ao fornecimento de insumos para parques industriais são os principais fatores para a conversão de ambientes naturais em território antropogênico. Conforme já apontado em outros momentos deste trabalho, isso também representa uma das faces do antropoceno do bioma Amazônico no Maranhão.

As consequências desse tipo de visão materializada sobre esse macrodomínio macroecológico e paisagístico vão desde a abertura de frentes de desmatamento, no modelo “espinhas de peixe” (AB’SÁBER, 2012) até a ampliação dos focos de calor, dada a retirada da cobertura vegetal nativa e à sua consequente substituição por pastagens ou por núcleos de expansão de padrões produtivos, sem considerar as limitações estabelecidas naturalmente pelos terrenos.

Convém mencionar que esse tipo de processo é deveras recente e teve seu início efetivo com a abertura da rodovia BR-010 (ou Belém-Brasília), no final da década de 1950 (VALVERDE; DIAS, 1967), no sudoeste do território em questão, e BR-222, entre Itapecuru-Mirim e Açailândia, entre o final dos anos 1960 e início dos anos 1970.

Esse processo culmina, ainda nessa década, com a abertura e pavimentação da estrada de rodagem BR-316, que liga as cidades de Bacabal e Boa Vista do Gurupi (noroeste do macroterritório em evidência, na divisa entre o Maranhão e o Pará). Essas aberturas de fronteiras de ocupação (CATUNDA; DIAS 2019) fizeram com que houvesse a atração de migrantes de todos os quadrantes brasileiros para a região, com a política de terras adotada pelo Governo do Maranhão a partir do final dos anos 1960.

Entre o final dos anos 1970 e meados dos anos 1980, a implantação da Estrada de Ferro Carajás (EFC), ligando a Província Mineralógica de Carajás ao Porto de Ponta da Madeira, em São Luís (MA), proporcionou nova fase de ocupação territorial (AB’SÁBER, 2004). Essa, por seu turno, possibilitou a ampliação da influência de determinados núcleos urbanos, como foi o caso de Açailândia e Santa Inês. Por outro lado, núcleos de povoados recentes foram elevados rapidamente (menos de duas décadas) à categoria de municípios, como foram os casos de Alto Alegre do Pindaré e Bom Jesus das Selvas (DIAS, 2008).

O final da década de 1980 e todos os anos entre 1990 e 2000 foram cruciais para o estabelecimento dos padrões ocupacionais até hoje estão em evidência. Nesse período, houve a diminuição substantiva de massa florestal remanescente, a ampliação dos conflitos fundiários, e a demarcação de áreas com a finalidade de proteção de culturas endógenas, algumas já em convivência com os povos não indígenas há algumas décadas, outras ainda isoladas ou semi-isoladas.

Associado a isso, houve o reconhecimento legal da única Unidade de Conservação de Proteção Integral da Amazônia Oriental em território maranhense, no caso a Reserva Biológica (REBIO) do Gurupi, e a consolidação da vocação macroeconômica do território para o agronegócio, por meio da pecuária extensiva, da indústria de transformação e do manejo da produção rural com base em técnicas rudimentares, porém eficientes, como é o fogo.

Com isso, houve ampliação de novos focos de calor em todo o macroterritório Amazônico-Oriental. Essa é uma das principais forças de transformação da área nas últimas décadas. A expansão das atividades produtivas, em todas as escalas e quadrantes; a inobservância histórica quanto às fragilidades macroecológicas regionais; e a falta de ações diretas de governos sobre as áreas mais sensíveis e conflitantes confluíram na perda de estabilidade dos sistemas naturais pelo aumento da ETp, como visto anteriormente.

Aliado a isso, houve a diminuição dos mosaicos de ecossistemas naturais, a despeito de toda a sua faixa norte ser composta por Unidades de Conservação de Uso Sustentável, cuja categoria Área de Proteção Ambiental (APA) tem se mostrado ineficiente, ainda mais em larga escala. Os problemas ambientais de conjunto, portanto, se avolumaram. A década de 2010, foco deste trabalho, apresentou para o elemento analítico “focos de calor” padrões de “dança” das áreas com maior intensidade de atuação do aquecimento de superfície. Na verdade, consideram-se focos de calor todos e quaisquer alvos de superfície, cujas características de cobertura ou não dos solos façam com que haja aquecimento desses em índices iguais ou superiores a 47°C, conforme já comentado neste trabalho.

Dessa maneira, é importante destacar que isso é uma resposta à temperatura de superfície, até poucos centímetros de profundidade, dado o fato de que a atmosfera é aquecida por baixo, ou seja, em seu contato com a terra ou com a água, por exemplo (NUNES; DIAS, 2019). Assim, as queimadas, que são profundamente estudadas no contexto amazônico, devem ser encaradas técnica e cientificamente como respostas ao padrão de uso e aquecimento dos alvos espectrais, não como causa de problemas ambientais. Além disso, nem sempre estão relacionadas às frentes de desmatamentos, como é o caso da Amazônia Oriental, sobretudo em

território maranhense, onde as áreas florestadas já foram convertidas em agroecossistemas ou mesmo em solo exposto ou quase exposto.

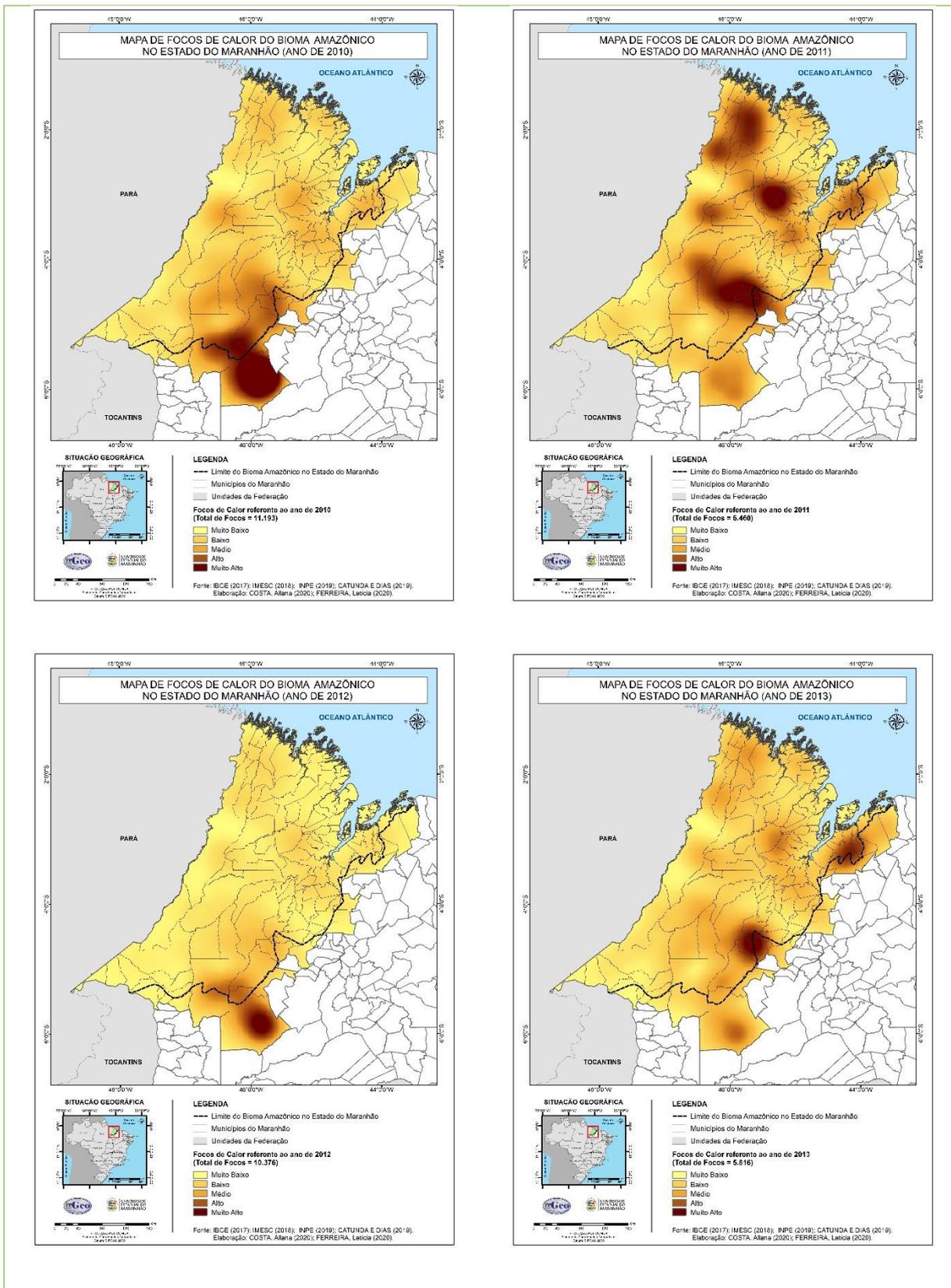
Portanto, o estudo dos focos de calor representa uma proposta indicativa de como se comportam os padrões de flutuação anual das áreas com menor ou maior incidência, em base multiescalar, como preconizam Moran et al. (2008). A Figura 37, por exemplo, apresenta a perspectiva evolutiva, com consequentes efeitos macroecológicos dos focos de calor no âmbito do bioma Amazônico no Maranhão.

É imperativo retomar a ideia já mencionada nesta pesquisa de que a década de 2010 foi a mais quente registrada desde 1860 e, portanto, tem padrões anômalos de distribuição dos *hotspots* com ocorrência de elevação da temperatura dos solos para toda a macrorregião. Aliás, no ano de 2010, houve o maior registro para a década do número de focos de calor, em um total de 11.193, o que representa um valor de 13,74% de incidência de calor. Note-se que o sul do macroterritório ecológico, já no contexto transicional interbiomas Amazônia – Cerrado, é o mais afetado.

Já os anos de 2011 a 2013, por sua vez, representam um total de 6.460, 10.376 e 5.816 focos de calor, respectivamente. Destaca-se que há uma distribuição geográfica mais ampliada das áreas de maior incidência de pontos quentes no primeiro ano, sobretudo no que tange ao centro, noroeste e norte da Amazônia Oriental, o que, por parte, esteve relacionado à ampliação do estresse hídrico manifestado pela ampliação da ETp, sobretudo, nos dois últimos setores. Esse padrão não se repete em 2012, que é o segundo ano com maior incidência de focos de calor no território, com 12,73% do total. Aliás, a ETp praticamente é a mesma do ano anterior, havendo concentração de focos no extremo sul.

No ano de 2013, porém, com ETp distribuída irregularmente de sudoeste para norte, mesmo com valores similares aos dois anos anteriores, houve incidência de focos de calor, sobretudo, em número próximo à metade do ano anterior, com a ocorrência de 5.816, ou 7,14% dos registros da década. Convém citar que esse quadriênio representou quase metade de todos os focos de calor para o macroterritório ecológico da Amazônia Oriental, com 41,53% do total.

Figura 37 - Cartografia dos focos de calor registrados na Amazônia Oriental, equivalente ao bioma Amazônico do Maranhão, para os anos de 2010 a 2013



Fonte: Registros da Pesquisa (2020) elaborados a partir de dados do INPE (2020).

Já em 2014, com o início da ocorrência de ETP ampliada em quase todo o território e o déficit hídrico, somado dos anos anteriores na ordem de quase 100% (ou um ano inteiro de precipitações), os focos de calor apresentaram aumento, atingindo um patamar de 8.454, ou 10,37% do total da década. Em tese, esse é um período em que o quantitativo está situado acima, mas próximo à mediana aferida para o decurso temporal estudado, que é de 7.560 focos de calor.

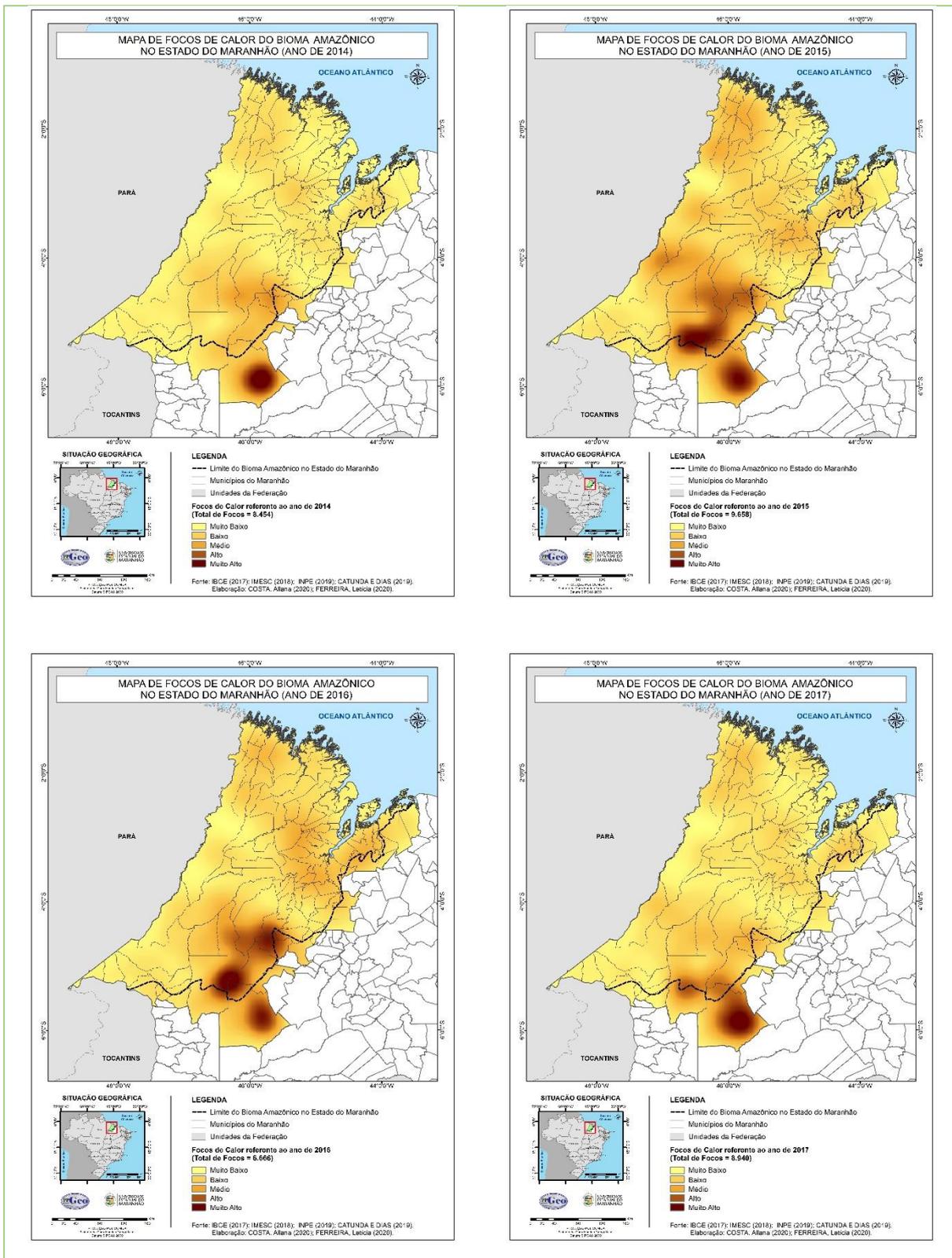
Todavia, os impactos macroecológicos e paisagísticos relacionados à perda de água para a atmosfera e ao ressecamento do solo expõem a fragilidade do território, sobretudo, na fase positiva do Enos, já considerado como um dos maiores já registrados nos últimos séculos. A Figura 38 traz consigo a representação cartográfica dos focos de calor e sua distribuição ao longo dos anos 2014 a 2017.

Os anos de 2015 e 2016, ápice da incidência mais intensa da fase positiva de Enos, registraram, respectivamente, 9.658 e 6.666 focos de calor, ou seja, 11,85% e 8,18% do total. Comparando com os índices de ETP, esses foram o primeiro e o terceiro ano da década com maior perda hidrológica dos solos e cobertura vegetal para a atmosfera. Contudo, como explicar o fato de haver menos focos de calor que em 2010?

A resposta, contudo, é bem complexa e ainda especulativa: os estoques de matéria orgânica nos solos possivelmente não aumentaram significativamente no esforço de defesa de evapotranspiração, mesmo porque não houve precipitações suficientes durante os primeiros sete anos da década, mesmo 2011 tendo apresentado chuvas dentro da normalidade climática. Contudo, os padrões de uso da terra podem ter se alterado, durante os anos de 2013 e 2016, com a chegada de novas formas de uso do solo para a agricultura, para a silvicultura, para o manejo das queimadas e para o controle dos focos de calor.

Isso representaria uma forma de resiliência parcial macroecológica induzida, mas sem efeitos práticos no médio prazo, haja vista nova ampliação dos quantitativos de focos de calor durante o ano de 2017, período em que as normais climatológicas para precipitação voltaram a ocorrer. Esse quadro, *de per si*, representou 10,97% do total da década, número ligeiramente acima da mediana aferida. Por fim, o quadriênio 2014 a 2017 representou um total de 41,38% do total de focos para a década, quantitativo ligeiramente menor que os quatro anos anteriores.

Figura 38 - Cartografia dos focos de calor registrados na Amazônia Oriental, equivalente ao bioma Amazônico do Maranhão, para os anos de 2014 a 2017

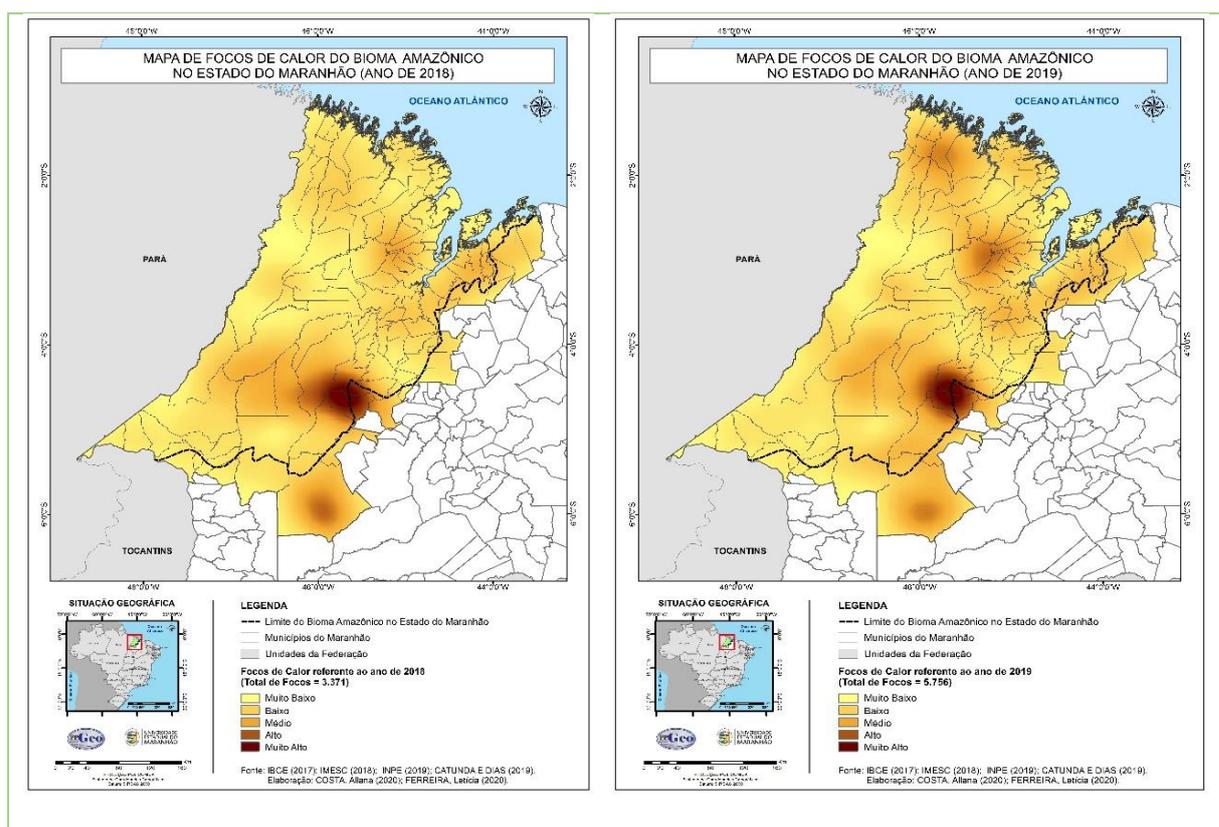


Fonte: Registros da Pesquisa (2020) elaborados a partir de dados do INPE (2020)

Já os anos de 2018 e 2019 (Figura 39), com 11,20% do quantitativo de focos de calor da década, 3.371 e 5.756 pontos quentes registrados, respectivamente, representaram o

segundo e o quarto ano, cuja perda hidrológica por ETp foi mais significativa da década. Embora imperassem condições climáticas de maior incidência de chuvas, acima das normais climatológicas para o bioma Amazônico no Maranhão, isso não representou necessariamente um impacto direto na diminuição dos focos, sobretudo, no que tange ao ano de 2019. Isso posto, após seis anos de escassez hídrica, um ano de estabilidade (2017) e um de reenquadramento dos calendários produtivos (2018), houve tendência à retomada de condições de cultivo e preparo dos solos, com a consequente retomada das condições ótimas de chuva para a produção.

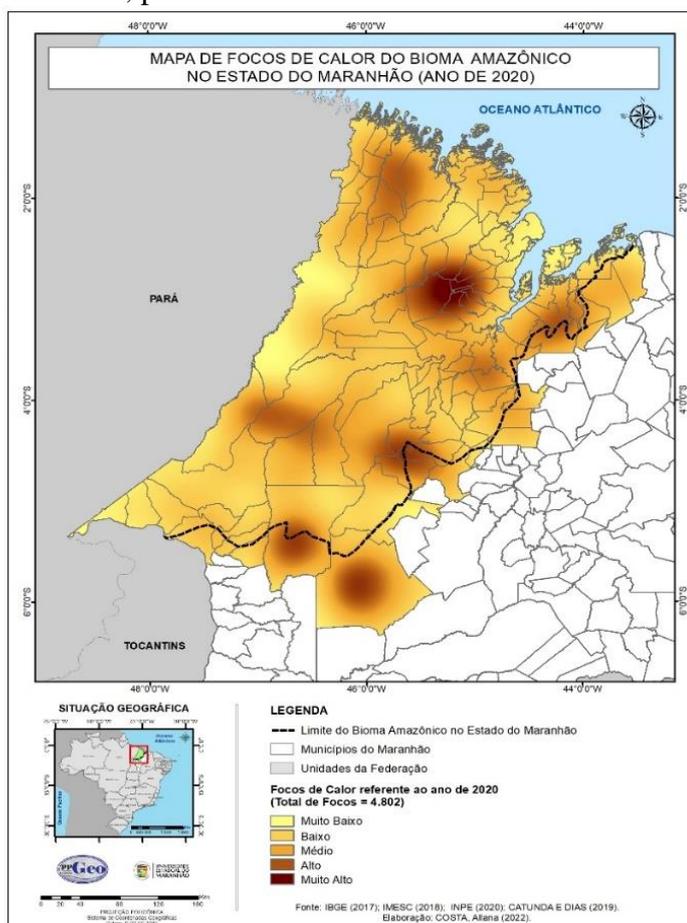
Figura 39 - Cartografia dos focos de calor registrados na Amazônia Oriental, equivalente ao bioma Amazônico do Maranhão, para os anos de 2018 e 2019



Fonte: Registros da Pesquisa (2020) elaborados a partir de dados do INPE (2020).

No ano de 2020, por conseguinte, foi registrado um quantitativo de 4.802 focos ativos de calor, representando um percentual de 5,89%, o segundo menor quantitativo para o período analisado. A Figura 40 evidencia que há uma maior concentração desses focos nas áreas do sul, centro, noroeste e nordeste do bioma, mesmo em áreas que apresentaram menores quantitativo de ETp, sobretudo nos setores do noroeste e sudoeste. A diminuição de focos pode estar relacionada às precipitações acentuadas no primeiro semestre e aos cenários de formação de um período de atuação do La Niña, que pode ter causado ajustes no calendário produtivo primário.

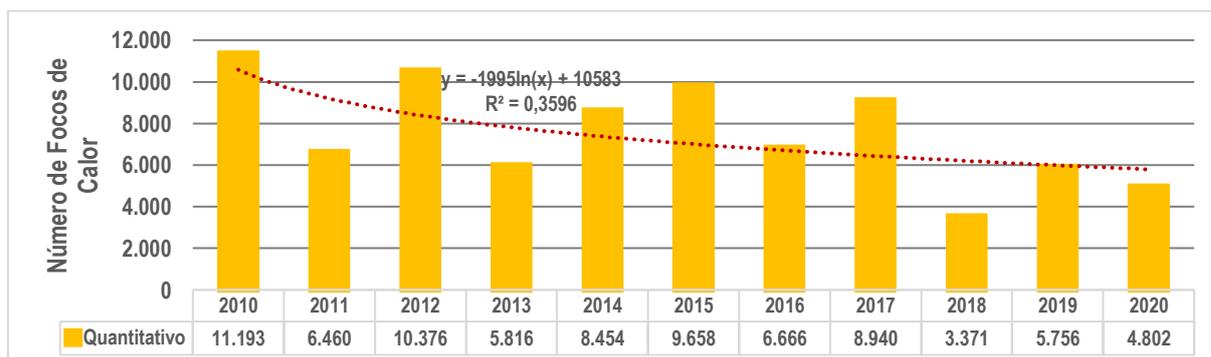
Figura 40 - Cartografia dos focos de calor registrados na Amazônia Oriental, equivalente ao bioma Amazônico do Maranhão, para o ano de 2020



Fonte: Registros da Pesquisa (2020) elaborados a partir de dados do INPE (2020).

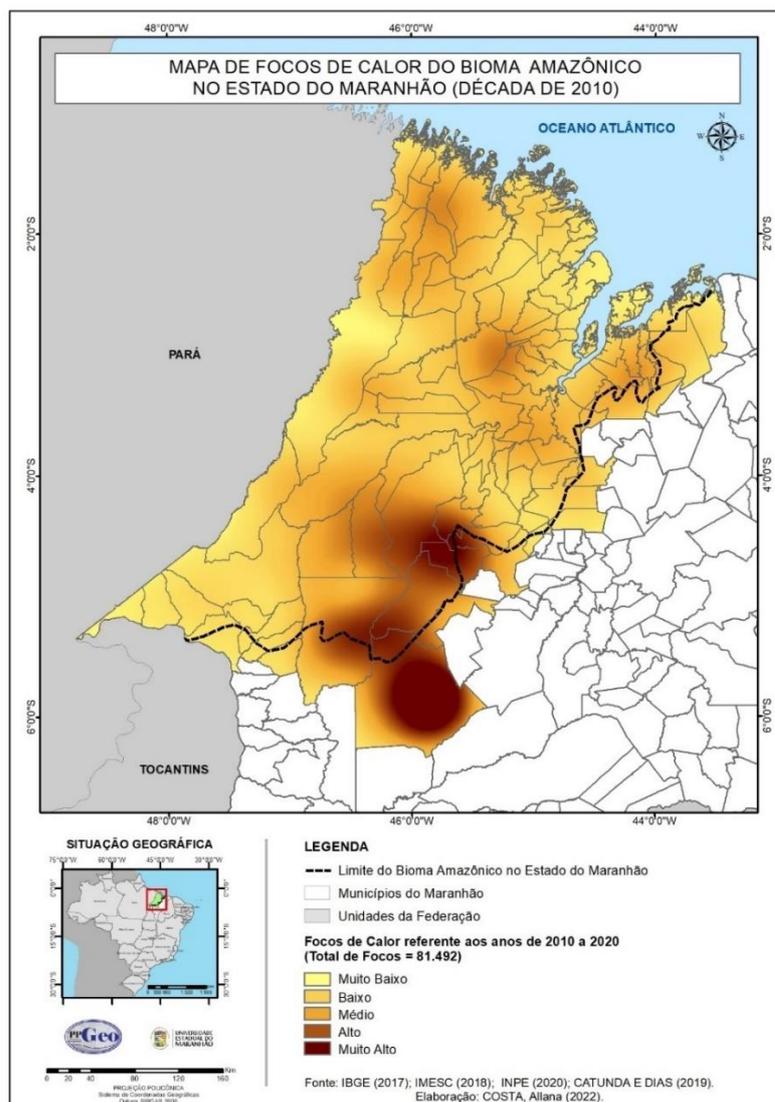
No total, a década de 2010 finalizou para um impacto macroecológico de 81.492 focos de calor registrados pelo INPE (2020) na Amazônia Oriental, com maior tendência de crescimento nos primeiros quatro anos observados e decréscimo a partir de 2015, como aponta linha de tendência estabelecida no Gráfico 1. Já a Figura 41 aponta a distribuição geográfica de todos os focos, por densidade Kernel, para todo o território durante o período analisado.

Gráfico 1 - Gráfico representativo de totais anuais de focos de calor para a Amazônia Oriental na década de 2010



Fonte: Registros da Pesquisa (2020) elaborados a partir de dados do INMET (2020).

Figura 41 - Cartografia dos focos de calor registrados na Amazônia Oriental, equivalente ao bioma Amazônico do Maranhão, durante toda a década de 2010



Fonte: Registros da Pesquisa (2020) elaborados a partir de dados do INPE (2020).

A concentração dos focos de calor de alto a muito alto ocorrem no Sudeste e no Sul do conjunto paisagístico e macroecológico do bioma Amazônico do Maranhão. Essas áreas transicionais biomática Amazônia – Cerrado representam a parcela mais frágil dos ecossistemas locais e dos mosaicos ecogeográficos regionais. Neles estão situados blocos de vegetação nativa ainda com algum grau de proteção, como a Terra Indígena Arariboia que, por pressões antropogênicas madeireiras e de manejos inadequados das terras em seu entorno, teve sua área diminuída em quase 40% na última década. Esforços de preservação ambiental são necessários prementemente para que a biodiversidade regional seja mantida, em conjunto à salvaguarda das culturas e *modus vivendi* dos povos indígenas remanescentes.

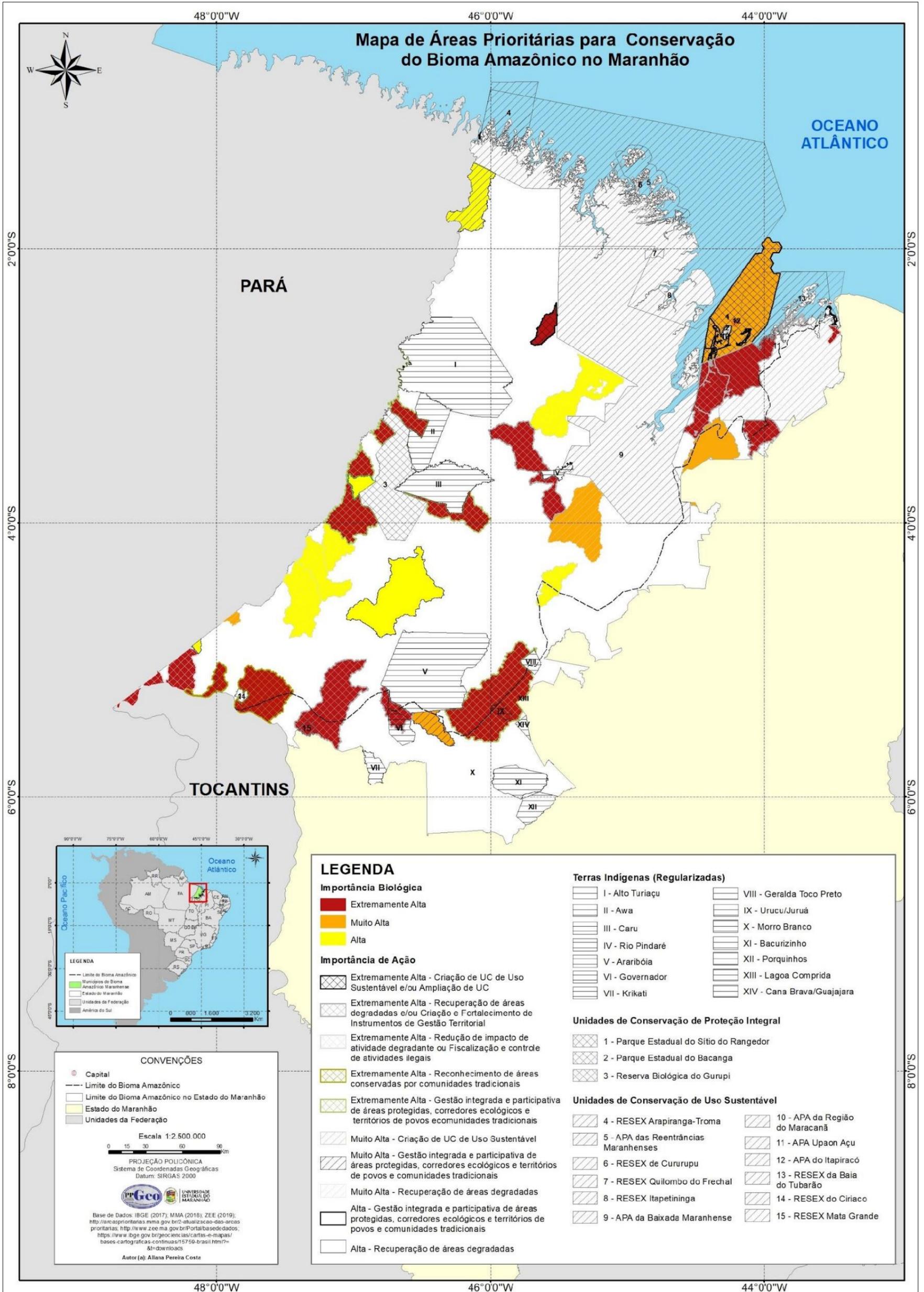
5.2.3 As Áreas Prioritárias para a Conservação no bioma Amazônico maranhense frente à dinâmica dos focos de calor

As Áreas Prioritárias para Conservação não são necessariamente áreas protegidas e não impedem o desenvolvimento de atividades produtivas, por exemplo. Na verdade, elas apontam onde as políticas públicas devem ser concentradas para efetivar estratégias de proteção e uso sustentável da biodiversidade, considerando interesses sociais e setores econômicos com as demandas por proteção ao patrimônio biodiverso remanescente. Isso é algo necessário para Amazônia Oriental, na qual historicamente os recursos e paisagens relacionados à biodiversidade foram suprimidos em função das imposições antropogênicas no território (SILVÉRIO et al., 2019).

O resultado cartográfico é um conjunto de polígonos estabelecidos para o cumprimento das metas de conservação, as chamadas Áreas Prioritárias. Elas aparecem no mapa representadas por cores que indicam a classificação, em relação ao grau de importância biológica, nas classes extremamente alta, muito alta, alta e insuficientemente conhecida. Para a Amazônia Maranhense, o mapa presente na Figura 42 expressa essa realidade biogeográfica distributiva para a conservação. São 28.637,60 km² de territórios considerados estratégicos para conservação, recuperação de espaços degradados, fortalecimento de ações de gestão ambiental integrada e redução de atividades degradantes.

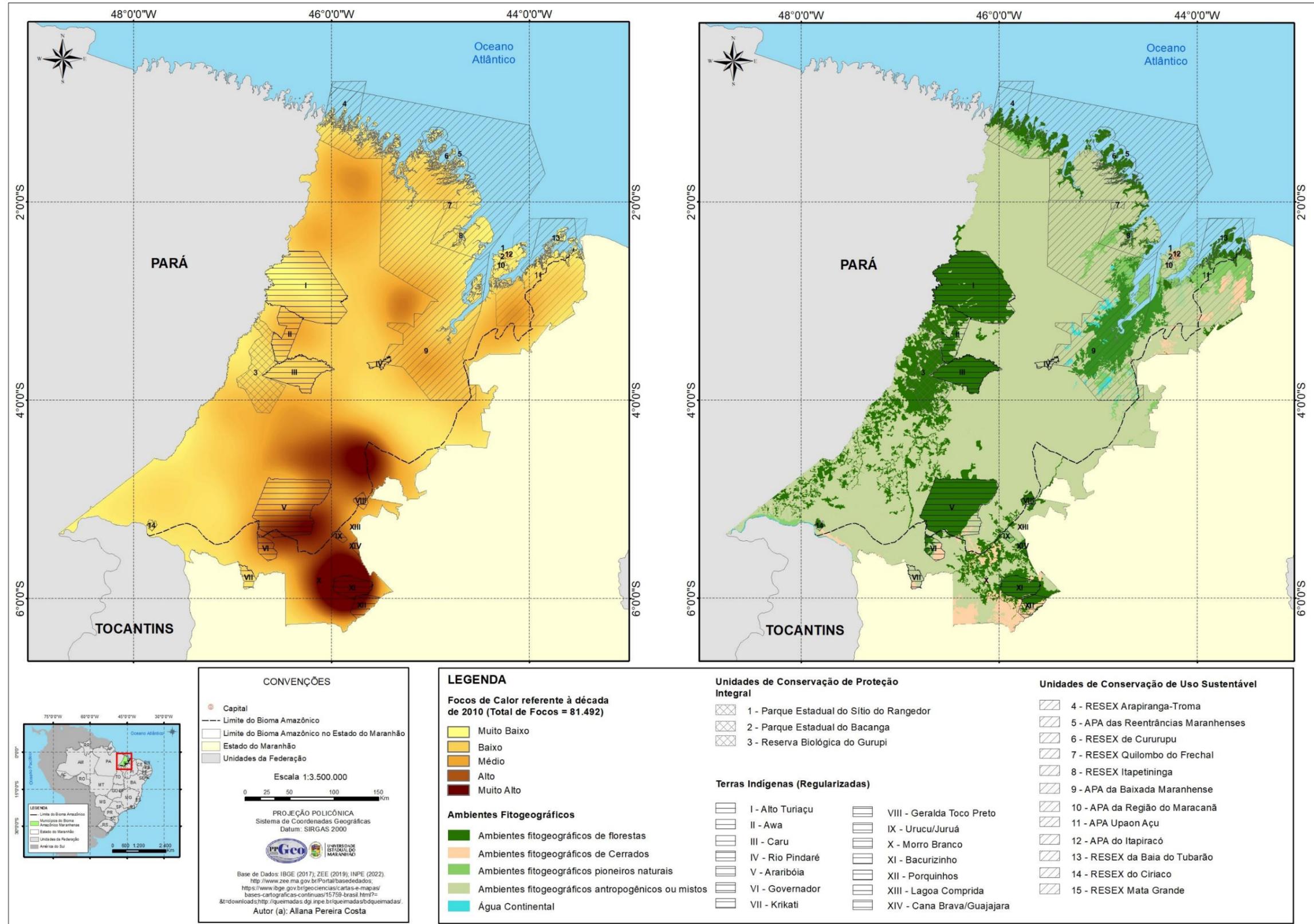
Cada área possui uma série de informações, como código de identificação, importância biológica, oportunidades, atividades conflitantes, ações sugeridas e prioridades para sua implementação. Contudo, para a sua definição, não foram avaliadas questões de tipologia de cobertura vegetal dominante. Com a presença de fragmentos desconectados e focos de calor, durante a década de 2010, a sustentabilidade desses territórios prioritários para a conservação pode não representar viabilidade para sua efetivação. O direcionamento dos focos de calor e sua relação com os ambientes fitogeográficos regionais está presente na Figura 43.

Figura 42 - Mapa de áreas prioritárias para a conservação na Amazônia Oriental



Fonte: Registros da Pesquisa (2020) elaborados a partir de dados do MMA (2018).

Figura 43 - Mapa de focos de queimadas e ambientes fitogeográficos do bioma Amazônico no Maranhão



Fonte: Registros da Pesquisa (2022).

A presença de vegetação com características de matas nativas, observada por produtos de sensores remotos, não é suficiente para a indicação de um recorte prioritário para a conservação. Apenas o Bico do Papagaio, extremo sudoeste da Amazônia Oriental, e o fundo da Baía de São José, no extremo nordeste da Amazônia Oriental, possuem real necessidade de proteção e restauração de corredores ecológicos, tendo em vista sua importância para a manutenção dos fluxos gênicos regionais.

Em uma outra perspectiva, com exceção do Mosaico Gurupi, as áreas prioritárias para a conservação não são acompanhadas de discussões acerca da conectividade entre os fragmentos reais ou propostos. Um outro aspecto, mais integrativo que corrobora com as assertivas anteriores, é a soma de todos os focos de calor durante a década de 2010 (Figura 44), que representaram na Amazônia Oriental um total de 81.492. Nota-se, pois, a concentração dos focos de calor alto a muito alto no sudeste e no sul do território biogeográfico da Amazônia maranhense.

No Quadro 1, é possível observar o quantitativo de focos ativos de calor em Unidades de Conservação de Uso Sustentável e de Proteção Integral, Áreas Prioritárias para a Conservação e Territórios Indígenas. No período recorrente à década de 2010, somou-se nessas áreas um quantitativo de 40.561 focos, o equivalente a 49,77% do total de focos de 2010 a 2020, isto é, praticamente metade dos focos para o contexto o bioma. O Quadro 1 mostra, também, por meio da análise multitemporal, as zonas de pressões atuais dentro dos limites dessas áreas.

Quadro 1 - Quadro síntese de focos ativos de calor e pressões de uso em áreas de proteção ambiental no bioma Amazônico maranhense

TIPO DE ÁREA	QUANTIDADE DE FOCOS DE CALOR NA DÉCADA DE 2010	CLASSES ATUAIS DE PRESSÃO DE USO
Áreas Prioritárias para a Conservação	<ul style="list-style-type: none"> 15.220 focos de calor ativos 	<ul style="list-style-type: none"> Zona de pressão de uso da exploração de caça e insumos madeireiros; Zona de Pressão de uso da mineração; Zona de pressão de uso para o desmatamento; Zona de pressão de uso para agropecuária e monossilvicultura; Zona de pressão de uso urbano-industrial; Zona de pressão em corpo hídrico.
Unidades de Conservação de Uso Sustentável	<ul style="list-style-type: none"> 13.680 focos de calor ativos 	<ul style="list-style-type: none"> Zona de pressão de uso da exploração de caça e insumos madeireiros; Zona de Pressão de uso da mineração; Zona de pressão de uso para o desmatamento;

TIPO DE ÁREA	QUANTIDADE DE FOCOS DE CALOR NA DÉCADA DE 2010	CLASSES ATUAIS DE PRESSÃO DE USO
		<ul style="list-style-type: none"> • Zona de pressão de uso para agropecuária e monossilvicultura; • Zona de pressão de uso urbano-industrial; • Zona de pressão em corpo hídrico.
Unidades de Conservação de Proteção Integral	<ul style="list-style-type: none"> • 986 focos de calor ativos 	<ul style="list-style-type: none"> • Zona de pressão de uso para o desmatamento; • Zona de pressão em corpo hídrico. • Zona de Pressão de uso da mineração; • Zona de pressão de uso para agropecuária e monossilvicultura; • Zona de pressão de uso urbano-industrial;
Terras Indígenas	<ul style="list-style-type: none"> • 10.675 focos de calor ativos 	<ul style="list-style-type: none"> • Zona de pressão de uso da exploração de caça e insumos madeireiros; • Zona de Pressão de uso da mineração; • Zona de pressão de uso para o desmatamento; • Zona de pressão de uso para agropecuária e monossilvicultura; • Zona de pressão de uso urbano-industrial; • Zona de pressão em corpo hídrico.

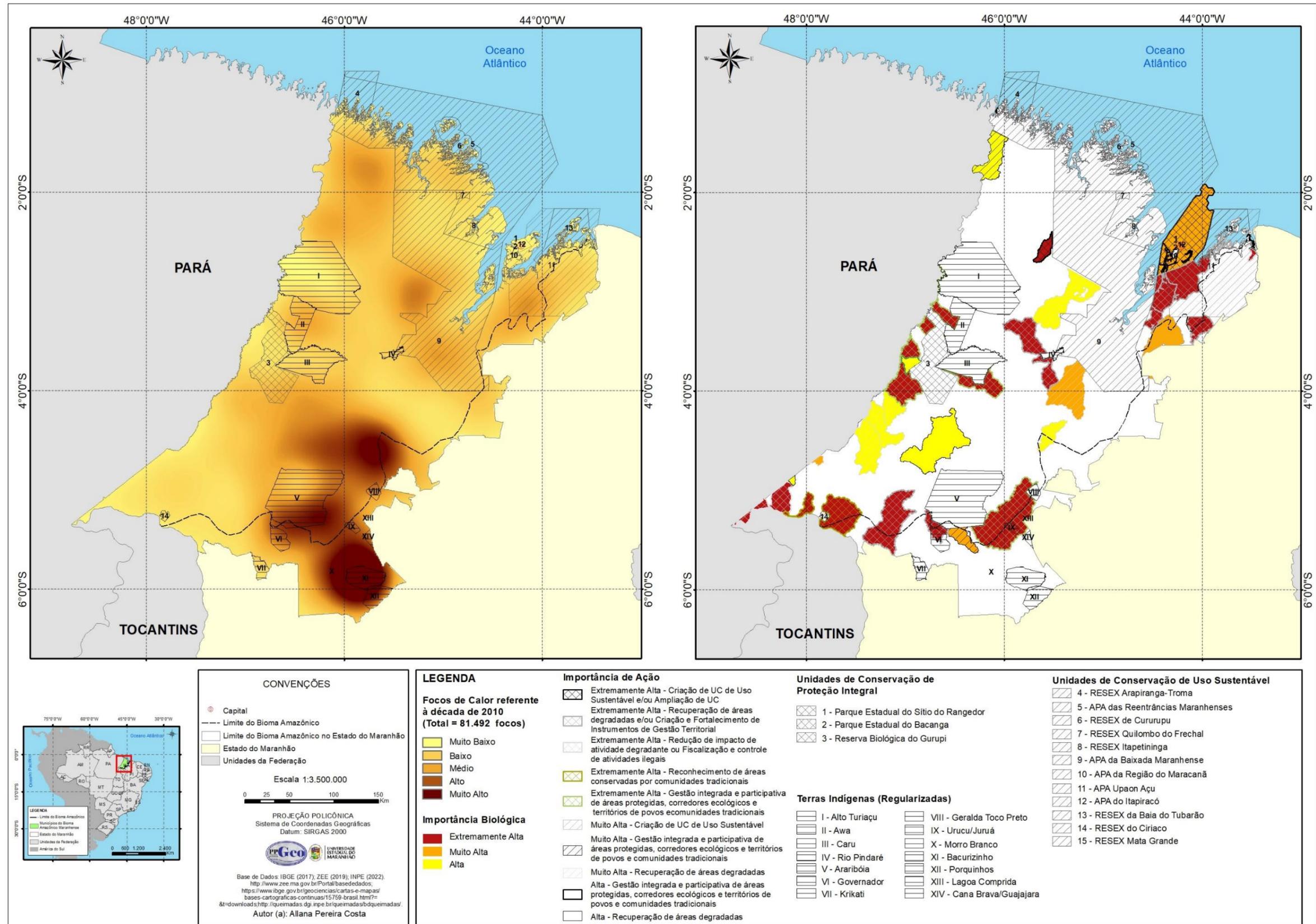
Fonte: Adaptado pelos autores a partir dos dados do INPE (2020); MMA (2020); FUNAI (2020).

Essas áreas ecotonais Amazônia – Cerrado representam a parcela mais frágil dos ecossistemas locais e dos mosaicos biogeográficos regionais. Nesses estão situados blocos de vegetação ainda com porte mediano a elevado (arbustivo-arbóreo e arbóreo), como a Terra Indígena Arariboia que, por causa de pressões antropogênicas madeireiras e de manejos inadequados das terras em seu entorno, teve sua área diminuída em quase 40% em dez anos.

Não obstante se comportarem como indutores para possíveis ocorrências de queimadas, os focos de calor são, sobretudo, indicadores do comportamento da superfície e, por consequência, são pautados como um indutor do efeito de borda no contexto dos fragmentos florestais nativos remanescentes. Sua presença e distribuição geográfica são capazes de bloquear não apenas os fluxos gênicos, mas igualmente proporcionar a diminuição das áreas de ocorrência de espécies territorialistas ou de mais restrita distribuição geográfica.

Considerando a singularidade da Amazônia Oriental, recai sobre o Poder Público e os órgãos competentes uma sistematização de propostas legislativas para implementação de áreas de amortecimento dos blocos de vegetação amazônicas naturais remanescentes. A demanda dessa política de gestão ambiental é de grande importância para o monitoramento ambiental, conservação e preservação do que ainda resiste do referido bioma.

Figura 44 - Mapa representativo de totais de focos de calor na década de 2010 em conjunto com as áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade estabelecidas para o bioma Amazônico no Maranhão



Fonte: Registros da Pesquisa (2022).

As zonas de amortecimentos (ZAs) estão estabelecidas na Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000), e são áreas envoltas de Unidades de Conservação (UC) que objetivam a manutenção da integridade dos sistemas ecológicos contidos nas UCs de Proteção Integral. E isso, em tese, deveria ser estendido a todo o mosaico institucional de áreas protegidas que as complementa. Portanto, deve-se considerar um raio de 10 km envoltório das Unidades de Conservação, desde que não sejam de categorias de Áreas de Proteção Ambiental (APA) e Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), considerando a integração de corredores ecológicos quando conveniente.

Por conseguinte, no limiar da fragmentação da cobertura vegetal nativa do bioma Amazônico maranhense e de um efeito de borda que é deletério para a manutenção das ilhas de biodiversidade remanescentes, considera-se premente estender para as Terras Indígenas, principalmente, para as que formam o mosaico Gurupi, uma zona de amortecimento de, no mínimo, 10 km em toda a área. Essa área de *buffer* teria a função de conter os avanços dos focos de calor do entorno das terras protegidas para o seu interior, bem com promover maiores esforços de monitoramento de avaliação e controle dos usos e das pressões nas áreas circunvizinhas destes importantes fragmentos paisagísticos.

Aliado a isso, o fortalecimento das Áreas de Proteção Permanentes (APPs), com suas respectivas biotas associadas aos cursos hídricos formadores das Bacias Hidrográficas do Pindaré, do Grajaú e do Gurupi, é considerado fator condicionante para a reconexão dos grandes blocos de fragmentos florestais remanescentes (CELENTANO et al., 2017). Soma-se a isso a fauna associada, que terá o restabelecimento de seus contatos com populações até então isoladas nas manchas de coberturas vegetais remanescentes.

À vista do pretexto colocado, faz-se mister o Poder Público que regulamenta e faz com que o manejo dessas áreas retromencionadas tenha conhecimento das sobreposições de informações e identificação dessas unidades paisagísticas homogêneas, para que haja dentro de suas perspectivas gestoras, a função de fiscalização e de monitoramento. Além disso, é importante que discipline os conflitos existentes e preserve suas integridades quanto à manutenção da biodiversidade, do equilíbrio do ambiente e das comunidades originárias.

5.3 Caracterização dos processos de usos da terra e pressões antropogênicas associadas ao ano de 2020

Ao considerar as definições abordadas no segundo capítulo, os padrões de uso e cobertura da terra atuais, o contexto econômico, as relações sociais, os processos históricos e

componentes paisagísticos (sintetizados no quadro 2), permitem interpretar que o bioma Amazônico maranhense apresenta as seguintes pressões antropogênicas: zona de pressão de uso da exploração de caça e insumos madeireiros; zona de pressão de uso da mineração; zona de pressão de uso para o desmatamento; zona de pressão de uso para agropecuária e monossilvicultura; zona de pressão de uso urbano-industrial; e zona de pressão em corpo hídrico. A Figura 45 demonstra a espacialização dessas zonas no território e a Tabela 2 apresenta as áreas correspondentes às respectivas zonas.

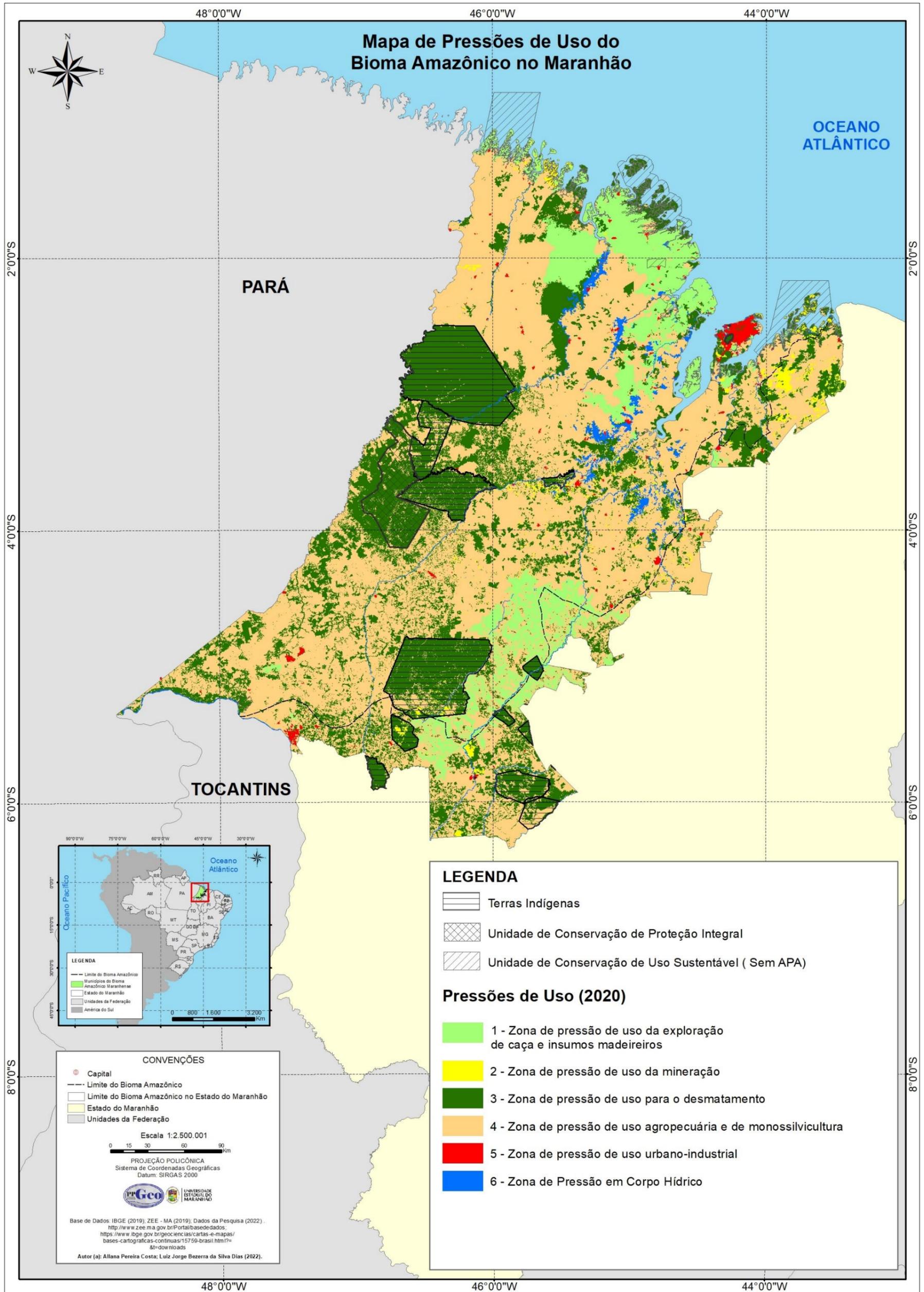
Por conseguinte, é possível observar na Figura 44 que não foram consideradas as Unidades de Conservação da categoria APA (Área de Proteção Ambiental) nesta análise específica, visto que, em termos ambientais, essa categoria permite a ocupação humana e suas atividades. Contudo, para a análise de pressões de uso, não há garantia de proteção e conservação ambiental em sua totalidade, predominando as atividades socioeconômicas dessas relativas.

Tabela 2 - Áreas das zonas de pressão de uso do bioma Amazônico do Maranhão (2020)

Nº	LEGENDA	ÁREA (Km ²)	Percentual (%)
1	Zona de Pressão de uso da exploração de caça e insumos madeireiros	14.921,87	10,92%
2	Zona de Pressão de uso da mineração	2.232,99	1,63%
3	Zona de Pressão de uso para o desmatamento	41.085,27	30,06%
4	Zona de Pressão de uso agropecuária e de monossilvicultura	75.540,49	55,27%
5	Zona de Pressão de uso urbano-industrial	1.129,00	0,83%
6	Zona de Pressão em corpo hídrico	1.776,12	1,30%
Total		136.685,74	100,00%

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Figura 45 - Mapa de pressão de uso do bioma Amazônico ano de 2020



Fonte: Registros da Pesquisa (2022).

Quadro 2 - Aspectos físicos dos conjuntos paisagísticos do bioma Amazônico maranhense

PRESSÕES DE USO E COBERTURA DA TERRA	GEOLOGIA	GEOMORFOLOGIA	PEDOLOGIA	ALTIMETRIA	DECLIVIDADE
<i>Zona de pressão de uso da exploração de caça e insumos madeireiros</i>	<p>A geologia é composta por sistemas litoestratigráficos que vão da Era Paleoproterozoico, especificamente do período Riciano ao período Quaternário, Era mais recente, a Cenozoica;</p> <p>As rochas predominantes são das Formações Coberturas Lateríticas Maturas; Mosquito; Corda; Itapecuru; Codó; Grajaú; Barreiras; Depósitos eólicos continentais antigos; Sedimentos Pós-Barreiras; Rio Diamante; Rosário; Tromaí; Aurizona; Depósitos Aluvionares; Depósitos Litorâneos; Depósitos Paludais Costeiros Intramarés e Depósitos flúvio-lagunares.</p>	<p>As unidades geomorfológicas integradas desta zona de pressão são expressas da seguinte forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Baixos platôs dissecados ● Tabuleiros ● Superfícies aplainadas retocadas ou degradadas ● Planícies flúvio-marinhas ● Domínios de colinas amplas e suaves ● Baixos platôs ● Planícies fluviais ou flúvio-lacustres ● Domínio de colinas dissecadas e de morros baixos ● Domínio de morros e de serras baixas ● Planaltos ● Tabuleiros dissecados ● Vales encaixados ● Planícies costeiras ● Degraus estruturais e rebordos erosivos ● Campos de dunas 	<p>Os solos predominantes nessa zona de pressão são:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Plintossolo Pétrico Concrecionário ● Plintossolo Argilúvico Distrófico ● Gleissolo Tiomórfico Órtico ● Gleissolo Háptico Tb Distrófico ● Gleissolo Háptico Ta Eutrófico ● Latossolo Amarelo Distrófico ● Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico ● Latossolo Vermelho Distrófico ● Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico ● Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico ● Argissolo Vermelho Eutrófico ● Neossolo Quartzarênico Órtico ● Neossolo Flúvico Ta Eutrófico ● Luvisso Crômico Pálico ● Luvisso Háptico Órtico ● Vertissolo Ebânico Órtico 	<p>A altimetria varia de - 2,9 metros a 454 metros. As maiores cotas altimétricas se concentram na parte Sul dessa zona de pressão. A parte Norte há predomínio de cotas entre - 2 e 65 metros.</p>	<p>A declividade varia de 0 a 47 graus, sendo que na porção Sul da área estão presentes aquelas de maior inclinação, que correspondem a até 20,01 a 47 graus. No Norte a declividade não ultrapassa 20 graus de inclinação.</p>
<i>Zona de Pressão de uso da mineração</i>	<p>A geologia é composta por sistemas litoestratigráficos que vão do período Riciano ao período Quaternário.</p> <p>As rochas predominantes são das Formações Aurizona; Barreiras; Chega Tudo; Coberturas Lateríticas Imaturas; Coberturas Lateríticas; Maturas; Codó; Corda; Depósitos Aluvionares; Depósitos Paludais Costeiros Intramarés; Depósitos eólicos continentais antigos; Depósitos flúvio-lagunares; Depósitos Litorâneos; Grajaú; Granito Maria Suprema; Granito Moça; Granófiro Piaba; Gurupi; Igarapé de Areia; Ipixuna; Itapecuru; Itapeva; Jaritequara; Marajupema; Matará; Mosquito; Pirocaua; Ramos; Rio Diamante; Rosário; Sambaíba - Grupo Balsas; Sedimentos Pós-Barreiras; Serra Grande; Tromaí.</p>	<p>As unidades geomorfológicas integradas desta zona de pressão são expressas da seguinte forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Baixos platôs ● Baixos platôs dissecados ● Campos de dunas ● Degraus estruturais e rebordos erosivos ● Domínio de colinas dissecadas e de morros baixos ● Domínio de morros e de serras baixas ● Domínios de colinas amplas e suaves ● Inselbergs e outros relevos residuais ● Planaltos ● Planícies costeiras ● Planícies fluviais ou flúvio-lacustres ● Planícies flúvio-marinhas ● Superfícies aplainadas conservadas ● Superfícies aplainadas retocadas ou degradadas ● Tabuleiros ● Tabuleiros dissecados ● Vales encaixados 	<p>Os solos predominantes nessa zona de pressão são:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Neossolo Quartzarênico Órtico ● Gleissolo Tiomórfico Órtico ● Plintossolo Argilúvico Distrófico ● Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico ● Latossolo Amarelo Distrófico ● Luvisso Crômico Pálico ● Plintossolo Háptico Distrófico ● Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico ● Neossolo Flúvico Ta Eutrófico ● Luvisso Háptico Órtico ● Nitossolo Vermelho Eutrófico ● Gleissolo Háptico Tb Distrófico ● Plintossolo Pétrico Concrecionário ● Vertissolo Ebânico Órtico ● Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico ● Gleissolo Háptico Ta Eutrófico ● Argissolo Vermelho Eutrófico ● Latossolo Vermelho Distrófico ● Argissolo Amarelo Distrófico ● Neossolo Litólico Distrófico 	<p>A altimetria varia de - 2,9 metros a 465 metros. As maiores cotas altimétricas se concentram na parte Sul dessa zona de pressão. No Norte há predomínio de cotas entre - 2 e 50 metros.</p>	<p>A declividade varia de 0 a 36 graus, sendo que na porção Sul da área estão presentes aquelas de maior inclinação, que correspondem a até 20,01 a 36 graus. No Norte a declividade não ultrapassa 12 grau de inclinação.</p>

PRESSÕES DE USO E COBERTURA DA TERRA	GEOLOGIA	GEOMORFOLOGIA	PEDOLOGIA	ALTIMETRIA	DECLIVIDADE
<i>Zona de pressão de uso para o desmatamento</i>	<p>A geologia é composta por sistemas litoestratigráficos que vão do período Riciano ao período Quaternário.</p> <p>As rochas predominantes são das Formações Anfibolito Cocal; Aurizona; Barreiras; Chega Tudo; Coberturas Lateríticas Imaturas; Coberturas Lateríticas Maturas; Codó; Corda; Depósitos Aluvionares; Depósitos Paludais Costeiros Intramarés; Depósitos detríticos indiferenciados; Depósitos eólicos continentais antigos; Depósitos flúvio-lagunares; Depósitos Litorâneos; Grajaú; Granito Maria Suprema; Granito Moça; Granito Negra Velha; Granófiro Piaba; Gurupi; Ipixuna; Itapecuru; Itapeva; Itapeva xisto; Jaritequara; Marajupema; Mosquito; Pirocaua; Ramos; Rio Diamante; Rosário; Sambaíba - Grupo Balsas; Sedimentos Pós-Barreiras; Serra Grande; Tromai e Vulcânica Serra do Jacaré.</p>	<p>As unidades geomorfológicas integradas desta zona de pressão são expressas da seguinte forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Baixos platôs ● Baixos platôs dissecados ● Campos de dunas ● Degraus estruturais e rebordos erosivos ● Domínio de colinas dissecadas e de morros baixos ● Domínio de morros e de serras baixas ● Domínios de colinas amplas e suaves ● Inselbergs e outros relevos residuais ● Planaltos ● Planícies costeiras ● Planícies fluviais ou flúvio-lacustres ● Planícies flúvio-marinhas ● Superfícies aplainadas conservadas ● Superfícies aplainadas retocadas ou degradadas ● Tabuleiros ● Tabuleiros dissecados ● Vales encaixados 	<p>Os solos predominantes nessa zona de pressão são:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Plintossolo Pétrico Concrecionário ● Plintossolo Argilúvico Distrófico ● Plintossolo Háptico Distrófico ● Gleissolo Tiomórfico Órtico ● Gleissolo Háptico Tb Distrófico ● Gleissolo Háptico Ta Eutrófico ● Latossolo Amarelo Distrófico ● Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico ● Latossolo Vermelho Distrófico ● Nitossolo Vermelho Eutrófico ● Argissolo Amarelo Distrófico ● Argissolo Amarelo Eutrófico ● Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico ● Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico ● Argissolo Vermelho Eutrófico ● Neossolo Litólico Distrófico ● Neossolo Quartzarênico Órtico ● Neossolo Flúvico Tb Eutrófico ● Neossolo Flúvico Ta Eutrófico ● Planossolo Háptico Distrófico ● Planossolo Háptico Eutrófico ● Luvissole Crômico Pálico ● Luvissole Háptico Órtico ● Vertissolo Ebânico Órtico 	<p>A altimetria varia de – 1,55 metros a 500,1 metros. As maiores cotas altimétricas se concentram na parte Sul-Leste dessa zona de pressão. No Norte e Centro há predomínio de cotas entre - - 2 e 200 metros.</p>	<p>A declividade varia de 0 a 48 graus, sendo que na porção Sul e Centro da área estão presentes aquelas de maior inclinação, que correspondem a 20,01 até a 48 graus. No Norte a declividade não ultrapassa 12 grau de inclinação.</p>
<i>Zona de pressão de uso para agropecuária e monossilvicultura</i>	<p>A geologia é composta por sistemas litoestratigráficos que vão do período Riciano ao período Quaternário.</p> <p>Apresenta todas as rochas de todas Formações geológicas compreendida no bioma Amazônico: Anfibolito Cocal; Aurizona; Barreiras; Chega Tudo; Chega Tudo_vulcânica; Coberturas Lateríticas Imaturas</p> <p>Coberturas Lateríticas Maturas; Codó; Corda; Depósitos Aluvionares; Depósitos Paludais Costeiros Intramarés; Depósitos detríticos indiferenciados; Depósitos eólicos continentais antigos; Depósitos flúvio-lagunares; Depósitos Litorâneos; Grajaú; Granito Maria Suprema; Granito Moça; Granito Negra Velha; Granófiro Piaba; Gurupi; Igarapé de Areia; Ipixuna; Itapecuru; Itapeva; Itapeva xisto; Jaritequara; Marajupema; Matará; Microtonalito Garimpo Caxias; Mosquito; Piriá; Pirocaua; Ramos; Rio Diamante; Rosário; Sambaíba, Grupo Balsas; Sedimentos Pós-Barreiras;</p>	<p>As unidades geomorfológicas integradas desta zona de pressão são expressas da seguinte forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Baixos platôs ● Baixos platôs dissecados ● Campos de dunas ● Degraus estruturais e rebordos erosivos ● Domínio de colinas dissecadas e de morros baixos ● Domínio de morros e de serras baixas ● Domínios de colinas amplas e suaves ● Inselbergs e outros relevos residuais ● Planaltos ● Planícies costeiras ● Planícies fluviais ou flúvio-lacustres ● Planícies flúvio-marinhas ● Superfícies aplainadas conservadas ● Superfícies aplainadas retocadas ou degradadas ● Tabuleiros ● Tabuleiros dissecados ● Vales encaixados 	<p>Os solos predominantes nessa zona de pressão são:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico ● Latossolo Amarelo Distrófico ● Plintossolo Argilúvico Distrófico ● Gleissolo Tiomórfico Órtico ● Neossolo Quartzarênico Órtico ● Luvissole Crômico Pálico ● Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico ● Plintossolo Pétrico Concrecionário ● Luvissole Háptico Órtico ● Plintossolo Háptico Distrófico ● Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico ● Gleissolo Háptico Tb Distrófico ● Argissolo Amarelo Distrófico ● Neossolo Flúvico Ta Eutrófico ● Gleissolo Háptico Ta Eutrófico ● Argissolo Vermelho Eutrófico ● Nitossolo Vermelho Eutrófico ● Vertissolo Ebânico Órtico ● Argissolo Amarelo Eutrófico ● Neossolo Litólico Distrófico ● Latossolo Vermelho Distrófico ● Planossolo Háptico Eutrófico ● Planossolo Háptico Distrófico ● Neossolo Flúvico Tb Eutrófico 	<p>A altimetria varia de – 2,8 metros a 487 metros. As maiores cotas altimétricas se concentram na parte Centro-Sul dessa zona de pressão. No Norte as cotas estão na ordem de entre -2 a 195 metros.</p>	<p>A declividade varia de 0 a 50,29 graus, sendo que na porção Centro da área estão presentes aquelas de maior inclinação, que correspondem a 20,01 até a 50,29 graus. No Norte a declividade há predomínio de inclinação na ordem de 0 a 6 graus.</p>

PRESSÕES DE USO E COBERTURA DA TERRA	GEOLOGIA	GEOMORFOLOGIA	PEDOLOGIA	ALTIMETRIA	DECLIVIDADE
	Serra Grande Tromaí; Vulcânica Rosilha e Vulcânica Serra do Jacaré.				
<i>Zona de pressão de uso urbano-industrial</i>	A geologia é composta por sistemas litoestratigráficos que vão do período Riciano ao período Quaternário. As rochas predominantes são das Formações Aurizona; Barreiras; Chega Tudo; Coberturas Lateríticas Imaturas Coberturas Lateríticas Maturas; Codó; Depósitos Aluvionares; Depósitos Paludais Costeiros Intramarés; Depósitos eólicos continentais antigos; Depósitos flúvio-lagunares; Depósitos Litorâneos; Grajaú; Granito Moça; Gurupi; Ipixuna; Itapecuru; Itapeva; Mosquito; Rosário; Sedimentos Pós-Barreiras; Serra Grande e Tromaí.	As unidades geomorfológicas integradas desta zona de pressão são expressas da seguinte forma: <ul style="list-style-type: none"> • Baixos platôs • Baixos platôs dissecados • Campos de dunas • Degraus estruturais e rebordos erosivos • Domínio de colinas dissecadas e de morros baixos • Domínio de morros e de serras baixas • Domínios de colinas amplas e suaves • Planaltos • Planícies costeiras • Planícies fluviais ou flúvio-lacustres • Planícies flúvio-marinhas • Superfícies aplainadas conservadas • Superfícies aplainadas retocadas ou degradadas • Tabuleiros • Tabuleiros dissecados • Vales encaixados 	Os solos predominantes nessa zona de pressão são: <ul style="list-style-type: none"> • Latossolo Amarelo Distrófico • Plintossolo Argilúvico Distrófico • Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico • Gleissolo Tiomórfico Órtico • Luvisolo Háptico Órtico • Luvisolo Crômico Pálico • Neossolo Flúvico Ta Eutrófico • Plintossolo Pétrico Concrecionário • Neossolo Quartzarênico Órtico • Plintossolo Háptico Distrófico • Gleissolo Háptico Tb Distrófico • Vertissolo Ebânico Órtico • Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico • Argissolo Amarelo Distrófico • Argissolo Vermelho Eutrófico • Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico • Gleissolo Háptico Ta Eutrófico 	A altimetria varia de – 1,27 metros a 411 metros. As maiores cotas altimétricas se concentram na parte Sul dessa zona de pressão. No Norte e Centro há predomínio de cotas de até 86 metros.	A declividade varia de 0 a 30 graus, sendo que na porção Centro-Sul da área estão presentes aquelas de maior inclinação, que correspondem acima de 20,01 graus. Nas demais áreas a declividade apresenta inclinação na ordem de até 20 graus.
<i>Zona de pressão em corpo hídrico</i>	A geologia é composta por sistemas litoestratigráficos que vão do período Riciano ao período Quaternário. As rochas predominantes são das Formações Aurizona; Barreiras; Chega Tudo; Coberturas Lateríticas Maturas; Codó; Depósitos Aluvionares; Depósitos Paludais Costeiros Intramarés; Depósitos eólicos continentais antigos; Depósitos flúvio-lagunares; Depósitos Litorâneos; Grajaú; Granito Maria Suprema; Granito Moça; Granófiro Piaba; Gurupi; Ipixuna; Itapecuru; Itapeva; Marajupema; Piriá; Pirocaua; Ramos; Rosário; Sedimentos Pós-Barreiras; Serra Grande e Tromaí.	As unidades geomorfológicas integradas desta zona de pressão são expressas da seguinte forma: <ul style="list-style-type: none"> • Baixos platôs • Baixos platôs dissecados • Campos de dunas • Degraus estruturais e rebordos erosivos • Domínio de colinas dissecadas e de morros baixos • Domínio de morros e de serras baixas • Domínios de colinas amplas e suaves • Planaltos • Planícies costeiras • Planícies fluviais ou flúvio-lacustres • Planícies flúvio-marinhas • Superfícies aplainadas conservadas • Superfícies aplainadas retocadas ou degradadas • Tabuleiros • Tabuleiros dissecados • Vales encaixados 	Os solos predominantes nessa zona de pressão são: <ul style="list-style-type: none"> • Gleissolo Tiomórfico Órtico • Plintossolo Argilúvico Distrófico • Gleissolo Háptico Ta Eutrófico • Gleissolo Háptico Tb Distrófico • Neossolo Flúvico Ta Eutrófico • Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico • Latossolo Amarelo Distrófico • Neossolo Quartzarênico Órtico • Plintossolo Háptico Distrófico • Luvisolo Crômico Pálico • Luvisolo Háptico Órtico • Plintossolo Pétrico Concrecionário • Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico • Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico • Argissolo Vermelho Eutrófico • Vertissolo Ebânico Órtico • Neossolo Flúvico Tb Eutrófico • Argissolo Amarelo Distrófico 	A altimetria varia de – 2,9 metros a 314 metros. As maiores cotas altimétricas se concentram na parte Centro-Sul em pequenas proporções. Nas demais áreas as estão com cotas na ordem de até 141 metros. As menores cotas estão na parte Norte desta zona de pressão.	A declividade varia de 0 a 46 graus, sendo que na porção Sul da área estão presentes aquelas de maior inclinação, que correspondem a 20,01 até 46 graus. No Norte a declividade há predomínio de inclinação na ordem de 0 a 6 graus.

Fonte: Registo da Pesquisa (2022).

5.3.1 Zona de pressão de uso da exploração de caça e insumos madeireiros

A despeito do alto grau de fragmentação paisagística e de seus espaços geoecológicos naturais, o bioma Amazônico maranhense, no decorrer de seis decênios, tem apresentado reflexos preocupantes em seus processos e/ou sistemas de desestruturação socioecológica, voltados ao extrativismo de animais e vegetais e, sobretudo, à grande demanda de insumos madeireiros. Isso tem formatado a zona de pressão de uso da exploração de caça e insumos madeireiros como estruturas de mercantilização da natureza e biodiversidade, desencadeando conflitos de uso pelos diversos grupos sociais e pela conciliação da gestão desses recursos naturais, sobrevivência humana e conservação dos sistemas ecológicos.

Nesse viés, a zona de pressão de uso da exploração de caça e insumos madeireiros responde por mais de 10,92% das zonas de pressões no bioma e detém uma área de 14.921,87 km². Na Figura 45, é representada a espacialização dessas áreas, as quais se encontram, em maiores proporções, na parte setentrional do bioma, nas reentrâncias maranhenses, nos manguezais, no centro-sul da parte leste do bioma.

No que tocante ao extrativismo vegetal, as principais atividades são voltadas para o apanho de frutos, como açai, buriti, bacuri, cupuaçu, babaçu, castanhas, dentre outros, além de plantas e cascas medicinais. Além dessas, a extração de material lenhoso de florestas nativas, secundárias e de mangues ainda é comum, vez que é utilizada para serralheria, indústria moveleira, produção de carvão vegetal, construção de casa de pau a pique, cercas, estacas etc.

A proporção da extração vegetal, muitas vezes realizada de forma ilegal, depende da especificidade do aproveitamento da madeira e dos frutos etc. Nessa perspectiva, as principais áreas, em que ocorre esse tipo de pressão, encontram-se em manguezais na parte norte do bioma; nos fragmentos florestais das zonas de bordas de Terras Indígenas na porção sul do bioma; e em áreas de babaçuais que se concentram, sobretudo, no centro e norte do bioma.

No âmbito do extrativismo animal, essas apresentam estreitas relações com as áreas de extrativismo vegetal. Contudo, o extrativismo no bioma Amazônico maranhense se organiza em caça de animais silvestres. Embora haja imposição legal de proibição, essa ainda é uma prática comum que afeta diretamente a diminuição faunística, sobretudo, em áreas de remanescente florestal e a extração de caranguejo, ostra, sururu, sarnambi na costa litorânea e reentrâncias maranhenses (Figura 48). Os municípios que se destacam são: Cururupu, Porto Rico (Figura 46), Cedral, Raposa, Paço do Lumiar, Alcântara, Carutapera, Guimarães (Figura 47), Turiçu, Apicum-Açu, São José de Ribamar, Icatu e Humberto de Campos.

No entanto, no que se refere à extração de crustáceos, a superexploração, principalmente quando não é obedecido o período de reprodução das espécies, pode causar alterações físicas e estruturais ao ecossistema, além do sustento e manutenção das espécies que fazem parte da cadeia alimentar. Com a diminuição florestal, há uma grande perda de biodiversidade tanto faunística quanto florística, uma vez que, quando uma área florestada é fragmentada, o processo de transformação estrutural é maximizado e altera o microclima, a umidade, além de causar o aumento da temperatura, alternando o comportamento hidrológico, ampliando a redução de áreas para reprodução e disponibilidade de alimentos etc.

Desta feita, é preciso considerar manutenção dessas áreas que remanescem para a conservação da biodiversidade, para o equilíbrio climático local e regional e para a salvaguarda das comunidades faunísticas, vegetais e populações tradicionais.

Figura 46 - Embarcações e pescadores descarregando em porto no município de Porto Rico (MA), Reentrâncias Maranhenses



Fonte: Registros da Pesquisa (2020).

Figura 47 - Preparo de materiais pesqueiros por pescadores tradicionais no município de Guimarães (MA)



Fonte: Arquivo pessoal da autora (2019).

Figura 48 - Pressões de uso associado à exploração de caça e insumos madeireiros, no bioma amazônico maranhense. a) pressão sobre os remanescentes vegetais naturais na reserva Boa Vista no município de Rosário (MA); b) área de extração animal (mariscos) em manguezais, no município de Paço do Lumiar; c) apreensão de Madeira Ilegal, em Imperatriz (MA); d) área de extração animal (mariscos) em manguezais e em terra firme em Axixá (MA)



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

5.3.2 Zona de pressão de uso da mineração

A potencialidade de ocorrência de minerais metálicos e não metálicos nas áreas do bioma Amazônico maranhense foi fator importante para formatação de zonas de pressão de uso da mineração. No entanto, os fatores naturais por si só não respondem às atividades voltadas para a exploração desses recursos primários, a tudo isso se acresce a dispersão, escassez, o interesse e a valorização econômica.

Ao se considerar o potencial, a zona de mineração mais antiga e crítica (em termos de impactos ambientais) compreende a porção noroeste da Amazônia maranhense, área denominada de “Guiana maranhense” (ABREU, 1939). Determinadas pelas antigas estruturas geológicas datadas do período Toniano e Riciano, estão associadas ao Cráton São Luís e ao Cinturão do Gurupi e são relevantes pela presença de ouro e pedras preciosas ainda no início do século XX.

Assim, nessa região estabeleceu-se, *a priori*, diversos garimpos juntamente com a comercialização ilegal desses minerais, como os localizados nos municípios de Turiaçu, Godofredo Viana, Centro Novo do Maranhão e Luís Domingues, ainda hoje existentes e em funcionamento. Certamente, em função desse potencial mineralógico, a partir dos anos 2000, foram atraídos para essa porção específica empreendimentos minerários internacionais para a exploração aurífera, de pedras preciosas e semipreciosas, consolidando essa área como uma zona potencial da mineração.

Há, contudo, pelo impacto negativo aos ecossistemas naturais ocasionado pela atividade de mineração, um paradoxo de conservação ambiental, dado que a implementação dessa atividade e a aptidão para a expansão em novas áreas estão situadas em unidades naturais, preservadas pelo reconhecimento da existência em seus territórios e destacadas pela diversidade ecológica e de ecossistemas associados. A Figura 45 destaca que ocorrência dessa zona de pressão situa-se na APA das Reentrâncias Maranhenses, nas proximidades do perímetro da Terra Indígena Alto Turi e da Reserva Biológica do Gurupi.

Existe também uma ampla atividade extrativa mineral de minerais não metálicos. Essa modalidade está mais direcionada para a exploração de granitos, lateritas, areia (Figura 50), argila e calcário, embora haja uma heterogeneidade de outros recursos. Os três primeiros minerais atendem a uma demanda quase em sua totalidade para a construção civil ou para a indústria associada. A argila é a mais expressiva hoje para a produção de tijolos, lajotas, blocos, telhas e cerâmicas; enquanto o calcário tem sido bastante utilizado para a correção do solo no

processo de calagem (adequação do Ph do solo para o plantio de culturas agrícolas diversificadas) e na produção gesseira.

Atendo-se exclusivamente aos de materiais para a construção civil (granito, brita e cascalhos), destacam-se os municípios de Bacabeira e Rosário, os quais concentram grandes empresas mineradoras de granitos e transformação. No concernente à extração de calcário, a região mais expressiva na área de estudo está no Polo Gesseiro de Grajaú. A areia e a argila, ao contrário, estão bem pulverizadas no bioma, como as encontradas na Ilha do Maranhão, região do Munim (Figura 49), região Tocantina, dentre outras, sobretudo em municípios como Rosário, Alcântara, Guimarães, Morros e Pio XII.

Nesse contexto, em termos de áreas, esta zona de pressão (Figura 50) corresponde o equivalente a um total de 2.232,99 km² que significa um percentual aproximado de 1,65% em relação ao total do território do bioma Amazônico do Maranhão. Embora compreenda uma área pequena em relação às demais zonas de pressão, que apresenta essas atividades mineralógicas, além de gerar grandes transformações dos aspectos físicos da região, solo, cobertura vegetal, modelados do relevo etc., encontra-se, sobretudo, em ambientes frágeis (costeiros) e de conservação (unidades de conservação e/ou em suas proximidades) tanto referente aos minerais metálicos quanto aos não metálicos.

Figura 49 - Impactos ambientais oriundos de processos de extração de areia na região Munim em Cachoeira Grande e Humberto de Campos.



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Figura 50 - Pressões de uso associado à mineração, no bioma Amazônico maranhense: a) extração de minerais metálicos (ouro) pela mineradora Aurizona no município de Godofredo Viana (MA); b) extração de granito e processamento de brita em Bacabeira (MA); c) área de extração mineral na área da Granorte S/A, no município de Bacabeira; d) área de extração mineral desativada em Rosário (MA)



Fonte: ZEE- MA (2019); Registros da Pesquisa (2021).

5.3.3 Zona de pressão de uso para o desmatamento

A partir da década de 70, o bioma Amazônico passa por uma ampla reestruturação no seu território. Isso deve às construções de rodovias e ao avanço das técnicas que tiveram implicações profundas na manutenção da biodiversidade e nos serviços ecossistêmicos. Esses são suficientes para os crescentes impactos ambientais e sociais, principalmente, para as comunidades tradicionais.

Em face dessas mudanças promovidas por fatores externos e internos (políticas econômicas e de ocupação), o desmatamento de grandes áreas de florestas nativas disparou, a intensificação dos modos de produção, a utilização dos recursos naturais de forma desmedida e o grande crescimento populacional foram substanciais. Dessa maneira, o espaço natural foi se transformando de modo, em sua maioria, irreversível para atender às atividades predatórias do homem.

A interferência humana e a ocupação sem governança ambiental modificaram grande parte das formações vegetais e da biodiversidade da Amazônia maranhense. Essa alteração no meio natural tem induzido os processos sucessionais distintos das formações fitogeográficas naturais. Com base nos dados mapeados, a ordem próxima de 75% de toda a cobertura vegetal original foi substituída por vegetação secundária em vários estágios de crescimento ou em usos consolidados. A razão para isso foi a retirada do ecossistema florestal para o uso do solo destinado às atividades agrícolas e pecuárias, e das áreas de assentamentos humanos (Tabela 2). Essas práticas de atividades foram determinantes para exaurir a capacidade do solo de suportar as antigas formações vegetais que ali se encontravam, como é o caso bem expressivo das Matas de Cocais.

Nessa perspectiva, refere-se às áreas com fragmentos de vegetação com fitofisionomias naturais do bioma Amazônico ou de vegetação secundária de porte florestal em alto estágio de sucessão ecológica (ainda que estejam em Terras Indígenas, Unidade de Conservação de Proteção Integral, Reservas Legais e terras públicas), uma vez que a rápida e progressiva diminuição das áreas florestais se concentrou em dois principais mosaicos: bloco Gurupi e bloco Arariboia, constituído por TIs e UCs de Proteção Integral.

Nesse sentido, os municípios que apresentam maiores características (Figura 51), em termos de áreas, são: Centro do Novo do Maranhão nas porções centro e sul; parte leste do município de Nova Olinda do Maranhão; São João do Caru; Bom Jardim; Zé Doca; norte do município de Itinga do Maranhão; sul dos municípios de Bom Jesus das Selvas; Buriticupu e Itaipava do Grajaú; extremos leste e oeste do município de Arame; e grandes extensões

pulverizadas dos municípios de Grajaú e Amarante do Maranhão. Outros municípios que se destacam são: Santa Helena, Turilândia, Presidente Vargas, Turiaçu, Cachoeira Grande e Itapecuru Mirim.

Essa zona de pressão detém 41.085,27 km² e compreende uma área de mais de 30% do total da área do bioma. No entanto, em função das altas taxas de desmatamento, mediante as crescentes pressões econômicas, a configuração da paisagem é constituída por manchas florestais isoladas e com poucos fragmentos conectados (Figura 45).

Considerando os problemas atuais, essa zona apresenta intenso processo de supressão da cobertura vegetal para a expansão de áreas produtivas, sobretudo do segmento agrossilvopastoris. É necessária, contudo, para o aproveitamento do solo, a realização do desmate da vegetação quando há o potencial de aproveitamento dos insumos madeireiros, caso contrário é utilizada a queima, já que é um processo mais rápido para a limpeza de terrenos, embora, em sua maioria, o desmatamento e as queimadas estejam associados ao preparo do solo e à conversão de áreas vegetadas em áreas agrícolas ou de pastagem.

Partindo desse princípio, essas áreas não estão apenas correlacionadas às pressões pelos insumos madeireiros, mas, sobretudo, à abertura de áreas para serem incorporadas aos segmentos produtivos já existentes em seus entornos. Com a simples imposição de restrições de preservação, a salvaguarda das comunidades indígenas, habitat natural de sua vivência; a continuidade de suas culturas; a conservação da biodiversidade e dos ecossistemas terrestres e aquáticos; e o equilíbrio climático estão continuamente sendo alvo de processos de invasão e de desmatamentos, bem como de queimadas criminosas.

Portanto, ainda que os instrumentos de políticas ambientais imponham restrições e disponham, em seus normativos legais, sobre manutenção, preservação e conservação dessas áreas, as ações fiscalizatórias são precárias e insuficientes, o que compromete a integridade, as restrições e a administração dessas zonas. Assim, nas maiorias dos casos, a participação no concernente à proteção, principalmente em territórios indígenas, é realizada por esforços das comunidades que vivem nessas áreas, o que torna essa zona de pressão a mais frágil do bioma Amazônico maranhense e mais suscetível à dinâmica de sua estrutura natural.

Figura 51 - Pressões de uso associado à zona de pressão de uso para o desmatamento, no bioma Amazônico maranhense: a) ocupação humana em mata de galeria com características amazônicas preeminentes, em Boa Vista do Gurupi (MA), limite com o Pará; b) pressão sobre os remanescentes vegetais naturais das atividades pecuaristas no município de Grajaú (MA); c) paisagem fragmentada evidenciando usos diversificados e fragmentos de vegetação nativa amazônica, em Santa Luzia (MA); d) fragmentos de vegetação amazônica e plantios de eucaliptos no município de Cidelândia (MA).



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

5.3.4 Zona de pressão de uso agropecuário e de monossilvicultura

Atrelada à intensificação dos processos de transformação da Amazônia maranhense, em função das práticas agropastoris e silvícolas, principalmente nos seis últimos decênios, de todas as zonas de pressões de uso expressas no bioma, caracteriza o uso da agropecuária e da monossilvicultura e abriga a maior extensão territorial e, notoriamente, é a mais complexa de ser revertida e contida. Dentre os diversos fatores, estão as novas monoculturas, muitas delas exóticas, e a pecuária de corte e de laticínios para atender ao interesse imediato das exportações brasileiras no mercado nacional.

Pela espacialização demonstrada na Figura 45, estima-se que um percentual superior a 50% do total da área do bioma Amazônico maranhense corresponde à zona de pressão de uso agropecuário e de monossilvicultura. Nessas áreas, em consequência das atividades humanas de desmatamento da cobertura vegetal nativa, foram constituídas, em um vasto predomínio, quase ininterrupto, do uso da terra pelas pastagens, monoculturas agrícolas, silvicultura de árvores exóticas e agricultura tradicional (Figura 52 a 55).

É importante ressaltar que, na área em análise, ocorre um processo antigo relacionado ao povoamento denotado pelo pastoreio de gado bovino, cujos solos também são apropriados para cultivos agrícolas, alinhados ao clima e à disponibilidade hídrica superficial. Para além disso, as práticas agrossilvopastoris invariavelmente sempre foram importantes mecanismos para a sobrevivência do ser humano. No entanto, podem ser extremamente impactantes ao espaço natural, pois em proporções diferentes, essas atividades para existirem demandam derrubadas de áreas vegetadas (ainda que sejam constituintes de fitofisionomias secundárias em estágio inicial e intermediário de sucessão ecológica), o que provoca danos cada vez mais acentuados à vegetação e à riqueza biológica dos ecossistemas inerentes ao bioma Amazônico.

Nesse sentido, o uso da terra destinado à agropecuária, seja tradicional ou mecanizada, é bastante expressivo no contexto da Amazônia maranhense. A agricultura familiar de subsistência ou de produção de pequena e média escala, para abastecimento do mercado local e regional, é representativa nas áreas rurais. Todavia, o desenvolvimento dessa atividade agrícola está quase sempre pautado no sistema de corte e queima da vegetação (roça no toco), isto é, utilização de queimadas para a limpeza de terrenos e preparação dos solos. Os principais cultivos da agricultura familiar são de mandioca, feijão, arroz, milho, hortaliças e fruticulturas.

Por outro lado, a agricultura moderna mecanizada é pouco diversificada e concentra-se, principalmente, em culturas de soja, milho, milheto, sorgo e arroz. Nessas áreas

de relevos aplainados, há, portanto, um processo de antropização nos sistemas naturais, as paisagens nativas amazônicas deram lugar a extensas fazendas de monoculturas após um processo de padronização química dos solos. Além de ocasionar uma profunda alteração nas estruturas e perdas de habitat natural, os defensivos agrícolas utilizados para o controle de pragas na produção tendem a gerar impactos ao solo, aos aquíferos (pelo processo de nitrificação dos solos), às águas superficiais e aos ecossistemas circundantes. Essa zona de pressão se materializa, sobretudo, no sudoeste, sul e noroeste do bioma.

A pecuária, isoladamente, assume a atividade econômica mais significativa em extensão e quantidade de todo o Maranhão e, especificamente, do bioma Amazônico maranhense. Os rebanhos são formados, sobretudo, por bovinocultura e, na Baixada Maranhense, bubalinocultura. Por conseguinte, ainda que essa atividade esteja presente em todos os municípios que compreendem a referida área, são praticados dois tipos de pecuária: extensiva e semi-intensiva.

Cabe destacar que, na região centro, sul e sudoeste do bioma, a pecuária tem o sistema mais modernizado, no qual a cadeia produtiva da pecuária, em sua maioria, da raça zebuína, tais como: Nelore, Gir e Guzerá, é designada para a produção de leite e corte. Destacam-se, então, as regiões de Imperatriz, Açailândia, Porto Franco, Santa Inês e Bacabal.

No norte do bioma, a pecuária é caracterizada pela criação dos rebanhos extensivos, como os que se concentram na Baixada Maranhense. Na Baixada Maranhense, os grandes campos alagados são utilizados para o pastoreio de bovinos, bubalinos e caprinos. A atividade pecuária nessa área é histórica e remonta aos processos de ocupação das terras baixas alagadas, ainda no período de colonização.

Por outro lado, o pisoteio desses rebanhos tem sido um fator potencial aos danos causados à vegetação gramínoide e arbustiva, presente nessa região, e aos sérios problemas de compactação dos solos, fator esse que também é observado nas demais áreas do bioma com essa atividade. A silvicultura, por outro lado, foi mais tardiamente implantada no território do bioma, comparada à agricultura e à pecuária. Entre as espécies vegetais exóticas, estão as culturas de eucalipto (gênero *Eucalyptus*) e pinus (gênero *Pinus*). Essas florestas plantadas foram objeto de introdução para atender às siderurgias que começam a ser instaladas a partir da década 1980.

Hoje, há o beneficiamento dessa produção para a indústria de papel, celulose, para a indústria moveleira, para o carvão vegetal e a lenha industrial. As regiões que mais concentram essas atividades produtivas estão no Sul, Sudoeste e no Bico do Papagaio, e

observa-se que, em grande parte da implantação de florestas plantadas, estão em antigas áreas de plantios e pecuária, contudo não em sua totalidade.

Nessas circunstâncias, a expansão desmedida de áreas para a pecuária e agricultura tem materializado paisagens bastante fragmentadas. A supressão da vegetação, juntamente com a prática de queimadas tanto pela agricultura quanto para pecuária na renovação de pastos, por exemplo, estimula algumas consequências latentes e perceptíveis em escalas locais como: o empobrecimento do solo, resultante da implantação não planejada da agricultura em grandes escalas, por liberação excessiva de defensivos agrícolas; e a implantação de culturas únicas, que não possibilitam ao solo recuperar seus nutrientes, além de provocar a diminuição da biodiversidade faunística e florística e, ao extremo, dos núcleos de arenização; e a perda a longo prazo da resiliência de ambientes, principalmente os predominantemente naturais.

Figura 52 - Mosaico de paisagem de vegetação secundária, agricultura familiar e pecuária no município de Santa Rita (MA)



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Figura 53 - Áreas de pastagem extensiva evidenciadas na comunidade Bonfim, no município de Arari (MA)



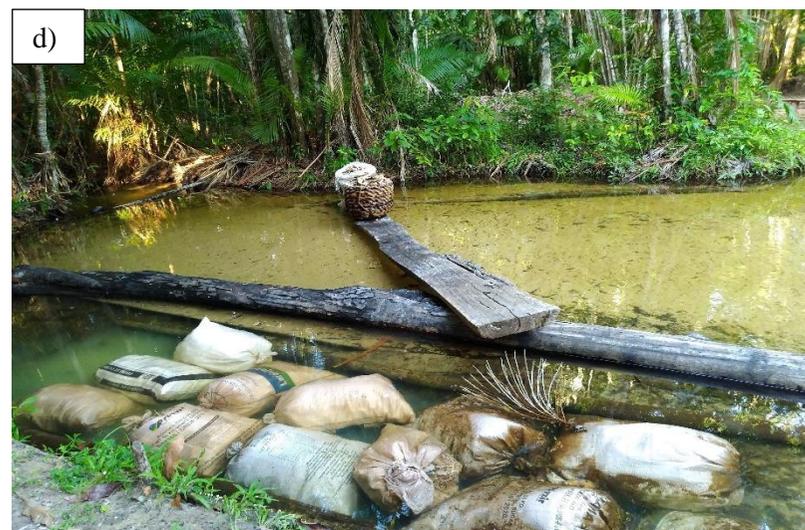
Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Figura 54 - Pressões de uso associado à zona de pressão de uso agropecuária e de monossilvicultura, na região sul do bioma Amazônico maranhense: a) pecuária evidenciada em áreas com relevos sinuosos no município de Santa Luzia (MA); b) áreas de plantios de eucalipto, plantios de grãos e pecuária no município de Buriticupu (MA); c) pecuária e cultivos temporários diversificados em grande escala, no município de Grajaú; d) plantio de eucalipto para utilização em fornos das siderurgias em Açailândia (MA)



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Figura 55 - Pressões de uso associado à zona de pressão de uso agropecuária e de monossilvicultura, na região centro e norte do bioma Amazônico maranhense: a) criação extensiva de gados em extensas áreas de pastagens, Bacabal (MA); b) pecuária de animais de médio e grande porte registrada Baixada Maranhense no município São Bento (MA) c) preparação do solo para cultivos temporários diversificados no método da coivara, no município de Icatu (MA); d) colheita de mandioca para a preparação de farinha no município de Cachoeira Grande (MA)



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

5.3.5 Zona de Pressão de uso urbano-industrial

A morfologia urbano-industrial do bioma Amazônico maranhense apresenta grande importância no processo de construção/reconstrução do território e, principalmente, no tocante à participação econômica, como o PIB (Produto Interno Bruto) estadual e a produção de rendas e empregos. No entanto, a dimensão territorial das manchas urbanas *versus* a distribuição da população urbana nos municípios que compreendem o referido bioma é, ainda, bastante concentrada.

Observa-se que, dos 108 municípios inseridos na área de estudo, somente 13 apresentam populações com mais de 50 mil habitantes (Tabela 3). Conforme a contagem do último censo do IBGE (2010), a população urbana se aglomerava, principalmente, nas sedes municipais e localidades expressivas.

Tabela 3 - Quantitativo de população total e urbana dos municípios com mais de 50 mil habitantes do bioma Amazônico maranhense

Município	Total (Censo 2010)	Total Estimativa de População (2020)	Urbana	Urbana na sede municipal	Total (%)	Urbana (%)	Urbana na sede municipal (%)
São Luís	1.014.837	1.108.975	958.522	958.522	100,00%	94,00%	94,00%
Imperatriz	247.505	259.337	234.547	234.547	100,00%	94,00%	94,00%
São José de Ribamar	163.045	179.028	37.709	35.978	100,00%	23,00%	22,00%
Paço do Lumiar	105.121	123.747	78.811	3.106	100,00%	74,00%	2,00%
Açailândia	104.047	113.121	78.237	78.237	100,00%	75,00%	75,00%
Bacabal	100.014	104.790	77.860	77.860	100,00%	77,00%	77,00%
Pinheiro	78.162	89.489	46.487	46.422	100,00%	59,00%	59,00%
Santa Inês	77.282	83.777	73.197	73.197	100,00%	94,00%	94,00%
Santa Luzia	74.043	72.887	25.789	25.789	100,00%	34,00%	34,00%
Buriticupu	65.237	72.983	35.789	35.789	100,00%	54,00%	54,00%
Grajaú	62.093	70.065	37.041	37.041	100,00%	59,00%	59,00%
Zé Doca	50.173	51.956	30.864	30.864	100,00%	61,00%	61,00%
Viana	49.496	52.649	26.915	26.915	100,00%	54,00%	54,00%
Lago da Pedra	46.083	50.616	30.046	30.046	100,00%	65,00%	65,00%

Fonte: IBGE (2010); IBGE (2021).

Em observância a Tabela 3 e considerando o período temporal entre 2010 e 2020, os municípios de São Luís, Paço do Lumiar e Santa Luzia tiveram perdas de habitantes. Isso pode ser justificado pelas alterações das linhas de divisas municipais nesse período. Já os

municípios de São José de Ribamar e Buriticupu, que são vizinhos, tiveram um aumento populacional significativo. Circunstancialmente, aqueles municípios tenderiam a ter um acréscimo maior em sua população. No caso de Santa Luzia, o crescimento populacional já foi considerado baixo (provavelmente em decorrência da baixa natalidade e do aumento da mortalidade, além do êxodo para outras localidades), por isso o saldo populacional negativo.

Em percentuais de áreas, a zona de pressão de uso urbano-industrial (Figura 56 a 58) corresponde a 0,83%. Isso significa uma área de 1.129,00 km² da área total do bioma, relativa às poligonais de manchas urbanas das sedes municipais e localidades/povoados expressivos e complexos industriais. Na análise desse contexto, as áreas urbanas distinguem-se entre si em estrutura, função, tamanho e importância socioeconômica. Assim, integram uma combinação de vários fatores do ponto de vista econômico, que explica o fato de essas áreas serem consideradas atrativos de população, e do ponto de vista social, justifica a busca por melhores condições de qualidade de vida e de trabalhos.

Quanto às áreas industriais, pode-se citar o projeto Grande Carajás como política econômica federal e estadual de fomento para a abertura de espaço destinado à implantação de distritos industriais no território amazônico maranhense e, conseqüentemente, de estruturação urbana, fator compreendido como estímulo de expansão urbana, multiplicidade e ações voltadas à infraestrutura, aos serviços urbanos e aos equipamentos associados ao setor privado e às instituições públicas, sobretudo, nas principais manchas urbanas.

Nesse contexto, destacam-se quatro principais polos industriais inseridos na área de estudo, a saber: Complexo Industrial de São Luís, Complexo Industrial de Pequiá – Açailândia, Complexo Minerometalúrgico de Santa Inês e Polo Gesseiro de Grajaú. Evidencia-se, portanto, que a essência da estrutura industrial dos três últimos citados polos está atrelada aos recursos minerais e/ou beneficiamento desses. Dentre eles, destacam-se os complexos industriais de Pequiá e Santa Inês, que estão voltados para a minerometalurgia. O primeiro concentra grandes empreendimentos de siderurgias que trabalham na transformação do minério, advindo do Carajás, em ferro-gusa.

O Complexo industrial de São Luís, ao contrário, apresenta maior diversificação de atividades industriais. As principais estão vinculadas à produção de alumina e alumínio; ao refinamento e à pelletização do minério; a indústrias de bebidas e ramos alimentícios. Além desses, reúne empresas de logística e transporte multimodal e compreende o complexo portuário Ponta da Madeira e Itaqui para transportes de cargas, minério e produtos agrícolas. O Polo Gesseiro em Grajaú é impulsionado pela atividade industrial de extração mineral e transformação do calcário, caulim e produção gesseira.

Em controvérsia, assiste-se a um crescimento e a uma pressão em direção às essas áreas, em razão dos recursos naturais, da demanda de espaços e dos interesses econômicos. Contudo, nota-se, na crescente expansão urbana e nas áreas industriais, uma inadequação no processo de ocupação e concentração populacional sobre ecossistemas naturais e, por vezes, áreas suscetíveis a riscos ambientais. Com isso, há necessidade frequente de transformação do tecido urbano por meio de obras públicas. Além disso, há alto índice de contaminação das águas superficiais e subterrâneas em detrimento de águas servidas nas casas, indústrias; deposição de resíduos sólidos; poluição atmosférica local; sem falar nas estratégias e ações de assentamentos urbanos em periferias que não detêm infraestrutura e equipamentos autossuficientes. Esse cenário forma grandes bolsões de pobreza e segregação urbana dentro das cidades.

Figura 56 - Foto aérea da parte central do município de São Luís, na sede municipal



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Figura 57 - Foto aérea da sede municipal de Lago da Pedra (MA), em áreas aplainadas e relevos residuais nas proximidades



Fonte: Registros da Pesquisa (2020).

Figura 58 - Cenas associadas à zona de pressão de uso urbano-industrial, no bioma Amazônico maranhense: a) complexo siderúrgico-industrial de Pequiá, no município de Açailândia (MA); b) complexo portuário-industrial no município de São Luís (MA); c) área urbanizada na sede municipal do município de Bacabal; d) área urbanizada na sede municipal do município de São José de Ribamar (MA), na ilha do Maranhão



Fonte: ZEE – MA (2019); Registros da Pesquisa (2021).

5.3.6 Zona de pressão em Corpos Hídricos

Se, por um lado, os biótopos aquáticos (lacustres, fluviais e marinhos) apresentam atividades humanas que estabelecem uma zona de pressão de uso, por outro, recebem as consequências de outras zonas de pressão materializadas no bioma Amazônico maranhense. Alguns efeitos relacionados aos recursos hídricos decorrem dos padrões de uso da terra ligados às ações antrópicas de práticas econômicas desenvolvidas.

Nesse sentido, com base nos resultados gerados, a zona de pressão em corpo hídrico representa uma área de 1.776,12 km², o que corresponde a 1,30 % da área do bioma, considerando os sistemas fluviais continentais e a escala de trabalho adotada. Assim, as principais atividades desenvolvidas são a pesca fluvial destinada ao consumo e a comercialização desses pescados oriundos de rios como Pindaré, Tocantins, Gurupi, Buriticupu, Mearim, Grajaú, Turiaçu, Pericumã (Figura 59), Maracaçumé e Aurá e contribuintes.

Além desses, a prática da pesca também é desenvolvida em lagos (Figura 60). Os principais no contexto do bioma Amazônico são: Lago Açu, Lago Cajari, Lago de Viana, Lago Aquari, Lago Jacareí e Lago Grajaú. Destaca-se que o Lago Açu é o maior produtor de peixes de água doce do estado e um bastante expressivo da região Nordeste.

A atividade de aquicultura, ainda que pulverizada no bioma, também é considerada nesse contexto. Na Baixada Maranhense, concentram-se maiores números de tanques para a criação de peixes e camarões (marinhos e de água doce). A grande preocupação ambiental é a proximidade desses tanques de rios e lagos naturais, pois em caso de extravasamento e ruptura desses criatórios, as espécies exóticas de criatórios podem colocar em risco as espécies nativas e causar extinção ou diminuição dessas.

Há, ainda, grande utilização dos cursos d'água na navegação para transporte de pessoas e mercadorias; demanda hídrica nas atividades industriais, comerciais e de construção civil, assim como no abastecimento público, irrigação de culturas, na dessedentação animal e nos serviços diversificados.

Em áreas urbanas, a poluição hídrica dos rios é mais presente, o que compromete o abastecimento público e faz com que sejam necessárias fontes de água cada vez mais distantes, como é o caso da Ilha do Maranhão ou encarecimento do tratamento da água, como acontece em Imperatriz, Açailândia, Santa Inês. A superexploração dos recursos hídricos subterrâneos, como fonte de água potável, também colabora como pressão, ainda difícil de ser calculada no contexto do bioma Amazônico do Maranhão.

No entanto, a maior preocupação concernente aos cursos hídricos superficiais refere-se à superutilização da água para as mais diversas atividades humanas, à poluição hídrica e ao assoreamento dos rios em determinados pontos dos cursos d'água. É possível identificar danos ambientais em alguns trechos de canais fluviais, oriundos de atividade de mineração por deposição de metais pesados, poluição hídrica pelo uso de fertilizantes na agricultura, despejos de dejetos de animais etc. Além disso, os cursos d'água têm apresentado um elevado estado de assoreamento, o que implica o nível, vazão e o suprimento da água dos rios, isto é, muitos cursos que eram perenes têm se tornado temporários, principalmente onde a vegetação ripária já foi desmatada.

Outro fator agravante são as perturbações antropogênicas em ambientes de nascentes de rios em todo bioma Amazônico maranhense. Foram observados processos erosivos remontantes em áreas de recarga de aquífero, em vertentes suave-inclinadas, bem como assoreamento em corpos hídricos superficiais de pequeno e médio porte. Por conseguinte, a lógica de erosão e deposição sedimentar precisa ser a tônica para restauração ambiental dos sistemas de drenagens regionais, mormente aqueles onde há afloramento de nível freático.

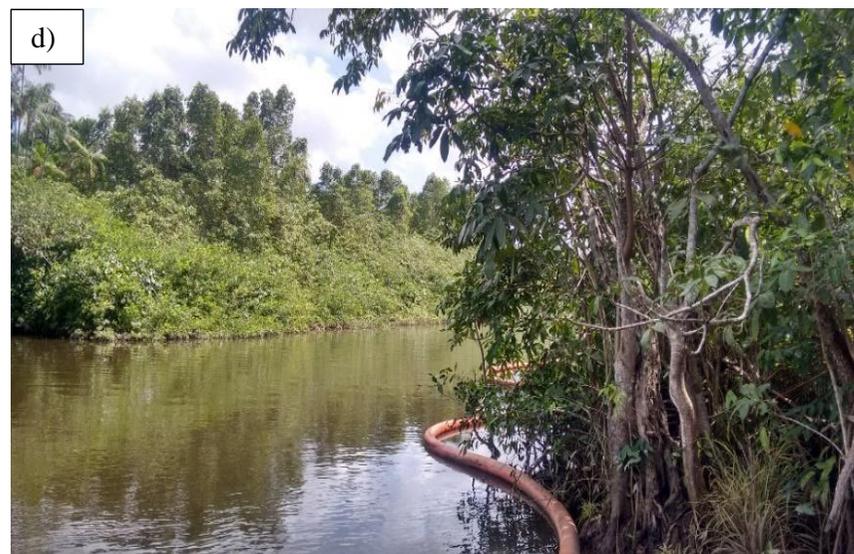
Fortes interferências de impactos diretos e indiretos das atividades humanas estão presentes no território analisado de diversas formas como da agropecuária, nas ocupações irregulares, na emissão *in natura* de efluentes domésticos e industriais, na disposição de resíduos sólidos em locais inapropriados, principalmente no contexto urbano. Esses fatores acabam por causar danos profundos e irreversíveis aos corpos hídricos, também comprometendo a qualidade hídrica, a captação de água para abastecimento público e os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos desses ambientes aquáticos.

Figura 59 - Barragem no rio Pericumã para impedimento salinização total do rio e campos alagados registrados em Pinheiro (MA)

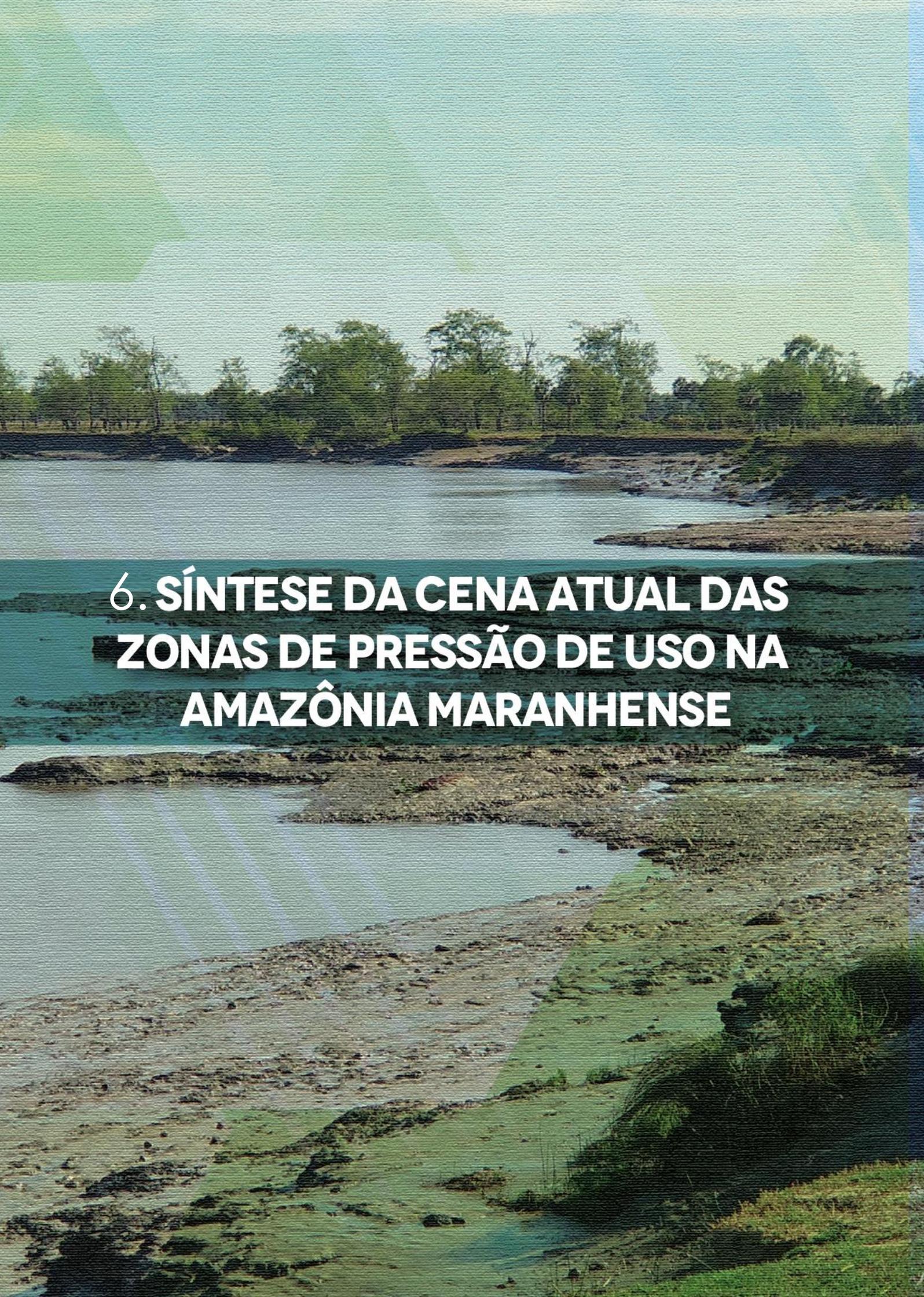


Fonte: Registros da Pesquisa (2020).

Figura 60 - Pressões de uso associado à zona de pressão em corpo hídrico, no bioma Amazônico maranhense: a) Lago-Açu, maior produtor de pescados de água doce do Maranhão, em Conceição do Lago-Açu (MA); b) atividade de aquicultura nas imediações do lagos em Anajatuba (MA); c) atividade pesqueira no Lago de Viana, no município homônimo; d) sistema de captação de água do rio Munim, no município de Humberto de Campo (MA)



Fonte: Arquivo pessoal da autora (2019); Registros da Pesquisa (2021).

A wide river flows through a landscape with a rocky and vegetated shoreline. The water is a light, milky blue-grey color. The sky is a pale, clear blue. The foreground shows a mix of dark rocks and green vegetation along the riverbank.

6. SÍNTESE DA CENA ATUAL DAS ZONAS DE PRESSÃO DE USO NA AMAZÔNIA MARANHENSE

6 SÍNTESE DA CENA ATUAL DAS ZONAS DE PRESSÃO DE USO NA AMAZÔNIA MARANHENSE

No bioma Amazônico do Maranhão, a despeito de ser uma região cujo dinamismo maior ocorreu nas últimas seis décadas, há aproximadamente 25% do território com algum tipo de ecossistema original, enquanto que 75% do total de um macroespaço definido na ordem de 136.785 km² comportam vários tipos de pressões de uso, com coberturas vegetais alteradas, em algum estágio inicial de recuperação ou mesmo sem qualquer tipo de sistema ecológico nativo ou original. A conversão de áreas naturais em zonas de pressão de uso antropogênico foi maximizada por projetos de integração nacional, bem como por indução à abertura de frentes de ocupação e colonização agrícola e agrária, tanto induzidas por políticas federais, quanto por políticas estaduais ao longo desse período.

Nesse cenário de devastação, houve a abertura de novas fronteiras agrícolas e a configuração de maiores alvos espectrais relacionados ao solo exposto. Em outros termos, a falta de cobertura vegetal de porte diferente do herbáceo e a ampliação do uso do fogo como técnica agrícola eficiente para a limpeza de terreno configuram-se processos bastante danosos à manutenção da biodiversidade e do equilíbrio climático regional.

Ademais, a descontinuidade de *habitats* tem provocado o surgimento de barreiras antropogênicas à dispersão de espécies e à fragmentação de mosaicos biodiversos remanescentes, sendo que apenas os rios de maior porte ainda têm algum tipo de vegetação ripária em suas margens e possuem a função precípua de corredores ecológicos. Ao se propor este tema e discutir sobre sua pertinência, orienta-se para novas pesquisas relacionadas às manifestações na Amazônia dos efeitos em curso, durante o Antropoceno, o que é necessário para esforços conjuntos de ordenamento territorial, conservação da biodiversidade e indicação de áreas aptas ao desenvolvimento de atividades produtivas regionais.

As perspectivas de múltiplos usos da Amazônia Oriental configuraram vários cenários de conflitos sociais e, sobretudo, ambientais, limiões em que a biogeografia e a macroecologia atuam. O próprio Plano de Valorização Econômica da Amazônia, datado de 1953, orienta para uma perspectiva de “desenvolvimento econômico endógeno”, sem necessariamente tratar da previsão de ocorrência de conflitos sociais e ambientais, o que é pauta de permanência para práticas que levam ao subdesenvolvimento regional crônico.

Embora desde a década de 1990 existam estratégias e políticas públicas em curso que visam à diminuição dessas perspectivas ruins, atreladas à baixa sustentabilidade ambiental das práticas econômicas amazônicas, ainda há marcas indelévels nas paisagens naturais

remanescentes, com perda de serviços ecossistêmicos, de biodiversidade e de culturas autóctones. Laurence e Vasconcelos (2009), por seu turno, enfatizam o rápido avanço das atividades humanas na Amazônia brasileira, sobretudo, a partir da segunda metade do século XX, quando múltiplas matrizes econômicas se materializaram no território e foram capazes de pautar processos de conversão de ecossistemas nativos em áreas de produção econômica e de assentamentos humanos. Esse é um processo em curso, sobretudo, nas áreas de maiores pressões antropogênicas, como é o caso da Amazônia Oriental.

Evidentemente, isso concorreu para a formatação de enclaves humanos no contexto da imensidão florestal nativa. Porém, rapidamente eles foram se conectando e se maximizando em porte e tamanho, haja vista necessidade de integração geopolítica nacional e infranacional dos territórios, quer seja para a ampliação da dominação espacial amazônica, quer seja para a facilitação do escoamento de produtos da floresta e da mobilidade humana. O modelo ocupacional amazônico, sobretudo, no Maranhão, elevou os graus de vulnerabilidade macroecológica do território, principalmente, quanto à perda de *habitats* e à ampliação dos focos de calor.

A partir desse contexto analítico, conceitos como efeitos de área, borda e distância, *habitat* matriz e características ecológicas de comunidades fragmentadas passam a evidenciar as tipologias de fragmentos. Isso está diretamente relacionado ao clima, tendo em vista a ampliação das áreas com temperaturas dos solos iguais ou superiores a 47°C, um indicativo de possíveis ocorrências de queimadas.

Nesse contexto, são tratados diversos aspectos relativos à integridade dos sistemas ecológicos ou ambientes remanescentes no antropoceno, com a biodiversidade associada a esses conjuntos paisagísticos do bioma Amazônico do Maranhão e sua perda consequente de *habitats*. Interpreta-se, pois, que esse é um importante ponto para o planejamento biorregional, o qual é deveras necessário e estratégico para o contexto da gestão ambiental pública e privada do estado.

Assim, o Quadro 3, ao apresentar uma súmula dos principais processos de pressão de uso, aliados às potencialidades e fragilidades territoriais, também traz à baila uma proposta técnico-científica para a articulação de processos mais aptos a serem desenvolvidos em cada macrocélula regional. Nesse contexto pluriescalar (que envolve fatos locais e também de caráter integrado, ou seja, regional), é destacada a perda de ecossistemas no contexto dos mosaicos que formam a Amazônia Oriental ou maranhense e, nestes, a mudança de composição de comunidades bióticas, com consequente erosão da biodiversidade. A fragmentação da paisagem é o mais evidente elemento analítico, porém não o único.

Os arranjos biogeográficos e macroecológicos, portanto, apresentam desequilíbrios mais heterogêneos, quer seja pela ampliação dos oportunismos ecológicos de espécies nativas, como as palmeiras que compõem as Matas de Cocais, quer seja pela perda de comunidades de predadores ou de presas, que apontam para degradação dos sistemas biogeográficos alelobióticos locais e regionais. Ademais, mudanças na estrutura trófica nos ecossistemas fragmentados ou remanescentes podem indicar alterações severas nos processos ecológicos preexistentes, concorrendo para modificações nos processos e serviços ecossistêmicos.

Fazem-se necessárias abordagens nesse sentido para que sejam produzidos conhecimentos para além dos fragmentos ou áreas de controle já estabelecidos e profundamente analisados. Isso é requerido para melhor compreensão dos processos de perdas de *habitats*, bem como para a variação territorial de perdas de biodiversidade, algo bastante em evidência nos estudos destinados à conservação de áreas que podem vir a ser utilizados em políticas públicas de proteção ao patrimônio ambiental brasileiro remanescente.

Nesse contexto, a Amazônia maranhense apresenta, ainda, seus maiores (e mais íntegros) conjuntos remanescentes de ecossistemas amazônicos na Área de Endemismo Belém, os quais estão inseridos na Reserva Biológica do Gurupi (no oeste maranhense) e em Terras Indígenas. Esses conjuntos territoriais protegidos passam por sensíveis conflitos relacionados a usos inadequados da terra, ao desmatamento e à exploração madeireira, ao avanço das fronteiras produtivas, ao assentamento irregular de comunidades humanas e, por fim, à ausência de ações efetivas de governos no entorno (zonas de amortecimento) e no conjunto espacial interno de cada uma dessas células espaciais.

Por consequência, já há definição do denominado “Mosaico Gurupi”⁹, que é constituído por seis Terras Indígenas (Alto Turiaçu, Awá, Caru, Arariboia, Rio Pindaré, Alto Rio Guamá) e uma Unidade Conservação (Reserva Biológica do Gurupi). Trata-se de uma área de grande valor no que tange à possibilidade de salvaguarda de recursos ambientais (geodiversidade e biodiversidade) e culturais (sociodiversidade). Aliás, essa estratégia de configuração de um macroconjunto paisagístico protegido, com corredores ecológicos para a conexão de fragmentos, no extremo leste da Amazônia Oriental é validada por dispositivos presentes na própria Lei Federal nº 9.985/2000 (BRASIL, 2000), que estabeleceu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.

⁹ O mosaico Gurupi foi um termo definido por Celentano et. al. (2018) para se referir ao corredor que integra as Terras Indígenas (Alto Turiaçu, Awá, Caru, Arariboia, Rio Pindaré, Alto Rio Guamá) e Unidade Conservação (Reserva Biológica do Gurupi) situada no Maranhão.

De per si, o espaço total protegido é de 17,9 mil km², mas com uma área de influência na ordem de 46,4 mil km², o suficiente para abranger um pouco mais de 40% de todo o bioma Amazônico em terras maranhenses, por exemplo. A presença humana, porém, tem-se mostrado bastante perturbatória quanto ao contexto ambiental regional, sobretudo pelos conflitos produtivos e fundiários, que geram desmatamentos e queimadas, por exemplo, no proposto Mosaico Gurupi.

A premissa da configuração de um mosaico para conectividade das paisagens apresenta-se, pois, como uma estratégia sólida para a manutenção do território ora discutido. Inclusive é uma das pautas analisadas e discutidas no Programa do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão (CATUNDA; DIAS; 2019; DIAS; CATUNDA, 2019). Ademais, o acervo de informações por ele produzido é considerado capaz de nortear decisões políticas quanto a ações para assegurar a manutenção da biodiversidade regional em âmbito macroecológico. Contudo, é importante atentar para a garantia da integridade das florestas nativas presentes no contexto territorial do Mosaico Gurupi, bem como para a recuperação de áreas associadas, condição factual para a sustentabilidade real das comunidades humanas tradicionais e manutenção da geobiodiversidade no bioma Amazônico maranhense.

Quadro 3 - Quadro síntese das zonas pressões de uso e cobertura da terra do bioma Amazônico do Maranhão

Nº	PRESSÕES DE USO E COBERTURA	POTENCIALIDADES	LIMITAÇÕES	PROPOSIÇÕES DE USO/POLÍTICAS
1	Zona de Pressão de uso da exploração de caça e insumos madeireiros	Presença de fitofisionomias e espécies vegetais como produtos de forte potencial e importância na inserção do mercado nacional e internacional.	<ul style="list-style-type: none"> ● Recurso natural limitado; ● Diminuição das áreas vegetadas nesse domínio ecológico; ● Avanço da ocupação humana sobre essas áreas como reflexo das pressões produtivas sobre a terra. 	Manejo controlado dos recursos madeireiros e incentivos de políticas que reorientam o uso de tais recursos com a manutenção da floresta em pé, através de cadeias produtivas locais.
2	Zona de Pressão de uso da mineração	Formações Litológicas propícias para ocorrência de minerais metálicos e não metálicos em áreas do bioma;	<ul style="list-style-type: none"> ● Recurso mineral limitado, porém, sem tecnologias de manejo adequadas para a sua real utilização em curto e médio prazos; ● Situação geográfica das áreas de exploração presentes em ambientalmente frágeis ou em territórios protegidos; ● Ocorrência em áreas de grande importância para a conservação da biodiversidade e integridade de ecossistemas; 	Controle, monitoramento e fiscalização de garimpos ilegais, bem como aumentar as restrições de licenciamento ambiental de áreas de extração mineral em Unidades de Conservação e área protegidas.
3	Zona de Pressão de uso para o desmatamento	Áreas favoráveis às aptidões das terras para multiplicação de atividades agropecuárias, silvícolas e minerais;	<ul style="list-style-type: none"> ● Necessidades de terras para a expansão das fronteiras agrossilvopastoris; ● Concentração em mosaicos e de importância relevante para a manutenção de comunidades tradicionais indígenas e da biodiversidade amazônica maranhense; ● Vulnerabilidades dos ecossistemas associados a esses ambientes naturais. ● Alteração do clima local e regional em razão do aumento do desmatamento. 	Articulação com comunidades tradicionais e entes públicos para formação de redes de proteção, preservação e conservação dessas unidades, aumentando a fiscalização de apropriação indevida nessas áreas. Além de fortalecer para a sociedade a importância da conservação dessas áreas e recuperação das conexões desses mosaicos por corredores ecológicos naturais.

Nº	PRESSÕES DE USO E COBERTURA	POTENCIALIDADES	LIMITAÇÕES	PROPOSIÇÕES DE USO/POLÍTICAS
4	Zona de Pressão de uso agropecuária e de monossilvicultura	Constitui uma diversidade de solos e respectivas aptidões para o desenvolvimento da atividade desse segmento, bem como políticas econômicas de incentivos por parte do Estado;	<ul style="list-style-type: none"> ● Esgotamento das propriedades físico-química dos solos; ● Uso de defensivos agrícolas e causa de impactos ambientais; ● Conflitos sociais desencadeados por problemática da estrutura fundiária; ● Desencadeamento de processos erosivos pela retirada da vegetação, em áreas declives, sobretudo. 	Desenvolver tecnologias para o aumento de produtividade em áreas menores e controlar o uso de defensivos agrícolas, além de consorciar áreas produtivas com arbustos e fragmentos de vegetação para a proteção dos solos, recursos hídricos subterrâneos e superficiais e para amenizar as ilhas de calor.
5	Zona de Pressão de uso urbano-industrial	Aumento de infraestruturas públicas e privadas nas sedes municipais e povoados representativos, facilidade de acessos por transportes multimodais;	<ul style="list-style-type: none"> ● Capacidade limitada nas áreas de maiores estruturas de serviços públicos e privados e para o mercado de trabalho; ● Expansão da malha urbana em áreas de APP's; ● Contaminação do ar, cursos d'água pelas atividades desenvolvidas e <i>modus vivendi</i>; 	Pulverizar infraestruturas privadas e públicas e serviços para o controle de superutilização dos solos em áreas urbanas centrais, atualização de planos de ordenamento e planejamento urbano para indicação de áreas de uso e de proteção ambiental.
6	Zona de Pressão em Corpo Hídrico	Abundância de cursos hídricos superficiais e clima favorável para a reposição de água no solo e cursos d'água com alta piscosidade.	<ul style="list-style-type: none"> ● Assoreamento dos cursos d'água e poluição dos corpos hídricos; ● Retirada de APP's de cursos d'água; ● Demanda crescente por recursos hídricos. 	Fiscalizar o período de reprodução de espécies, bem como recuperar e manter as áreas de APP' para a manutenção das dinâmicas naturais dos recursos hídricos.

Fonte: Registros da Pesquisa (2022).

7. CONCLUSÃO



7 CONCLUSÃO

A proposição deste estudo para análise das pressões de uso e cobertura da terra no bioma Amazônico maranhense como indicativos da fragmentação da paisagem e, também, para observância das áreas de maiores criticidades no tocante à ruptura das relações ambientais revela a urgência de ações para a manutenção de mosaicos de fragmentos florestais remanescentes e para a reposição de áreas, considerando as rápidas mudanças materializadas na área em questão. Quando aplicadas as técnicas de geoprocessamento para mapeamento digital, alinhadas às visitas *in loco*, para levantamento das estruturas que compõem o fenômeno, a interpretação dos resultados obtidos mostrou a contribuição da metodologia adotada para o alcance dos objetivos propostos.

Neste estudo, foram apontados, como pressupostos, parâmetros base que permitiram uma análise correlacionada das grandes unidades fitogeográficas do bioma Amazônico maranhense em estruturas conexas, totais e integradoras. Portanto, considerou-se os indicadores fitogeográficos representados pela cobertura vegetal; os aspectos climáticos, sobretudo, a evapotranspiração potencial; a disposição de focos ativos de calor como indicadores do padrão das pressões de uso e cobertura da terra e das atividades humanas, associando-os também às áreas prioritárias para a conservação biológica, as quais se mostram conflitantes com as áreas ainda remanescentes de cobertura vegetal nativas e/ou em alto estágio de sucessão ecológica.

O presente estudo destaca que os maiores conjuntos vegetacionais se encontram em áreas de proteção, sejam em Terras Indígenas, Unidades de Conservação ou Áreas de Preservação Permanentes (APPs). Ressalta que, em um cômputo geral, há uma representatividade em torno de 25% da área total do bioma, as quais são constituídas por formações vegetais de características amazônicas e de Cerrado. Em detrimento disso, podem estar diretamente associados com os indicadores de estresse hídrico, perpassados pela década de 2010 e intensificados pelos focos de calor e pela conversão de ambientes naturais em usos consolidados em atividades predominantemente humanas.

Para fins correlatos, este estudo enfatiza a construção de cenários de conservação e planejamento dos usos dos recursos naturais, dos solos, e das evoluções temporais de problemas ambientais que surgiram. Além disso, tendem a surgir, em pequeno, médio e longo prazo, levando a cabo as situações climáticas, a utilização dos solos, as pressões de usos, as tendências e direcionamentos dos usos e coberturas vegetais e as áreas de preservação da biodiversidade,

somadas à integridade e seguridade dos aspectos sociais e econômicos das populações, sobretudo, das tradicionais.

Nessas circunstâncias, como condicionantes de sistemas de regulação ambiental no território maranhense, julga-se a necessidade de observação dos critérios de atualização constantes das informações relacionadas ao bioma Amazônico maranhense, independentemente do monitoramento contido no Zoneamento Ecológico-Econômico. Por sua vez, no contexto de uma acentuada orientação integrada, é indispensável a implementação e publicização de todo e qualquer tipo de dado georreferenciado, diagnósticos e cenários existentes, pelo sistema de informação estadual do ZEE, conforme estabelecido na Lei de nº 11269, de 28 de maio de 2020.

Junto a isso, é importante a ampliação da mobilização por parte dos órgãos gestores e da sociedade. Há uma grande necessidade de indicação por estudos futuros que priorizem as áreas de grande relevância ecológica para regeneração, recuperação e restauração das paisagens vegetadas com essências nativas. Portanto, faz-se imprescindível uma varredura mais aprofundada das áreas de pressões de uso e cobertura da terra do bioma Amazônico maranhense para que indicações de políticas públicas dessa natureza, de monitoramento, avaliação e controle dos usos e pressões de esferas estaduais e federais sejam mais assertivas e rápidas.

É importante indicar que várias políticas de Estado foram articuladas nesse intervalo temporal, como, por exemplo, a efetivação do Novo Código Florestal, estabelecido pela Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e os normativos referentes ao Zoneamento Ecológico-Econômico do território que culminaram na construção da Lei Estadual nº 11.269, de 28 de maio de 2020. No entanto, o processo de mecanismos eficazes de gestão ambiental deve ser contínuo.

Outrossim, o presente trabalho apresentou uma proposta de conhecimento integrado para uma importante fronteira territorial em expansão, cujos recursos naturais passam por processo de exaustão. Ademais, com a junção de vários elementos à análise e indicações de cenários que compõem a diversidade paisagística macrorregional, este estudo contribui para a Ciência Geográfica, ao apontar em sua conclusão quais são as áreas de maior criticidade quanto à salvaguarda do patrimônio natural, definindo áreas prioritárias para a conservação. Além disso, logicamente, propõe mecanismos que aglutinem valor ao uso do território, resguardando as áreas mais sensíveis, sem impactar o fenômeno humano que se multiplica no bioma Amazônico do Maranhão.

Por fim, conclui-se que a partir desta pesquisa, fundamentada na metodologia adotada, faz-se necessário, para trabalhos futuros, um comparativo espaço-temporal da dinâmica das

pressões de uso da terra em décadas pretéritas no contexto do bioma Amazônico Maranhense, para que se tenha uma análise mais detalhada do objeto de estudo.

REFERÊNCIA

- AB'SÁBER, Aziz Nacib. Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas no Brasil. **Rev.Orientação**, n. 3, p. 45-48. São Paulo: Orientação, 1967.
- _____. A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. In: **FERRI, Mário Guimarães** (coord.). III Simpósio sobre o Cerrado. São Paulo: Edgard Blücher / EDUSP, 1971. p. 01-14.
- _____. **Formas do relevo – texto básico**. São Paulo: EDART, 1975. 80 p.
- _____. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos da América do Sul por ocasião dos períodos glaciais quaternários. **Paleoclimas**, n. 3, 1977. p. 1-19.
- _____. **Amazônia: do discurso à práxis**. São Paulo: EDUSP, 2004.
- _____. **Ecosistemas do Brasil**. São Paulo: Metalivros, 2006. 300 p.
- _____. Bases conceituais e papel do conhecimento na previsão de impactos. In: MÜLLER PLANTENBERG, Clarita; AB'SÁBER, Aziz Nacib (orgs.). **Previsão de impactos: o estudo de impacto ambiental no Leste, Oeste e Sul. Experiências no Brasil, Rússia e Alemanha**. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2006. p. 27-49.
- _____. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 7. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2012. 159 p.
- ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de. O Cráton do São Francisco. **Revista Brasileira de Geociências**, 1977, 7: 349-364.
- ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de; BRITO NEVES, Benjamim Bley de; CARNEIRO, Celso Dal Re. The origin and evolution of the South American platform. **Earth-Science Reviews**[S.l.], v. 50, n. 1-2, p. 77-111, 2000. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/s0012-8252\(99\)00072-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0012-8252(99)00072-0). DOI: 10.1016/s0012-8252(99)00072-0.
- ART, H. W. (Ed.). **Dicionário de Ecologia e Ciências Ambientais**. 2. ed. São Paulo: Editora UNESP - Companhia Melhoramentos, 2001.
- AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os trópicos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. 332 p.
- BANCO MUNDIAL. **Relatório sobre o desenvolvimento mundial 2010: desenvolvimento e mudança climática**. São Paulo: Banco Mundial / EDUNESP, 2010. 418 p.
- BANDEIRA, Iris Celeste Nascimento (org.). **Geodiversidade do Estado do Maranhão**. Teresina: CPRM, 2013.
- BAPTISTA, G. M. M. **Sensoriamento remoto hiperespectral: o novo paradigma nos estudos de solos tropicais**. Brasília, Universa, 2006. 212p.
- BASSOI, Luis Henrique; TEXEIRA, Antonio Heriberto C; et al. **Evapotranspiração e coeficiente de cultura**. Agência de Informação Embrapa. 2005. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_51_2411200511522.html: Acesso: 20.jan.2020.

BARRY, Roger G.; CHORLEY, Richard J. **Atmosfera, tempo e clima**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 512 p.

BATALHA, M. A. O cerrado não é um bioma. **Biota Neotrop**. Jan/Mar 2011 vol. 11, p.21-24. Disponível em:

<<http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/pt/abstract?article+bn0XX11012011>> Acesso: 30 de abril de 2018.

BATISTELA, Edson Luís Bolfe; VICENTE, Luiz Eduardo; VICTORIA, Daniel de Castro; ARAÚJO, Luciana Spinelli (org.). **Sumário Executivo do Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão**. Campinas: Embrapa, 2014.

BATISTELLA, Mateus; BOLFE, Édson Luis; VICENTE, Luiz Eduardo; VICTÓRIA, Daniel de Castro; ARAÚJO, Luciana Spinelli (org.). **Relatório do diagnóstico do Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão**. v. 2. Campinas: EMBRAPA Monitoramento por Satélite, 2014. 324 p.

BERTALANFY, Ludwig von. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973. 351 p.

BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Revista RA'E GA**. Curitiba: Editora da UFPR, n. 8, 2004. p. 141-152.

BONAN, Gordon. **Ecological climatology: concepts and applications**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 550 p.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 31. jul. 2020.

_____. **Lei Nº 1.806, de 6 de janeiro de 1953**. Dispõe sobre o plano de valorização econômica da Amazônia, cria a superintendência da sua execução e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Rio de Janeiro, DF, 7 jan. 1953. Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=163890>>. Acesso em: 6 jun. 2021.

BROWN, James H.; LOMOLINO, Mark V. **Biogeografia**. 2. ed. Ribeirão Preto: FUNPEC-Editora, 2006. 691 p.

BUENO, Eduardo. **Brasil: uma história**. São Paulo: Leya, 2010.

CAMARGO, Â. P.; CAMARGO, M. P.. **Uma revisão analítica da Evapotranspiração Potencial**. *Bragantia*. (2000) vol.59, 125-137. Disponível em : http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052000000200002. Acesso em :30.dez.2019.

CAMARGO, A. P. de; CAMARGO, M. B. P. de. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 125- 137, 2000.

CASSETI, Valter. **Ambiente e apropriação do relevo**. 2. ed. Contexto: São Paulo, 1995. 147 p.

CATUNDA, Paulo Henrique de Aragão; DIAS, Luiz Jorge Bezerra da Silva (orgs.). **Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão – Escala 1:250.000 (Bioma Amazônico)**. São Luís: IMESC/UEMA, 2019. 493 p.

CAVALCANTI, Lucas Costa de Sousa. **Cartografia das paisagens: fundamentos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CELENTANO, D.; Rousseau, G.; MUNIZ, F. H.M; VARGA, I.V.D. MARTINEZ, C.; CARNEIRO, M.S.; MIRANDA, M.C.V.; BARROS, M.N.R.; FREITAS, L.; NARVAES, I.S.; ADAMI, M.; GOMES, A.R.; RODRIGUES, J.C.; MARTINS, M. B..Towards zero deforestation and forest restoration in the Amazon region of Maranhão state, Brazil. **Land Use Policy**, 68, 2017, Pages 692-698. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.07.041>. 2017.07.041.

CELENTANO, Danielly et. al. Desmatamento, degradação e violência no “Mosaico Gurupi” – a região mais ameaçada da Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 92, 2018, p. 315-339.

CONTI, José Bueno; FURLAN, Sueli Angelo. Geocologia: o clima, os solos e a biota. In: ROSS, J. L. S. (Org.). **Geografia do Brasil**. São Paulo: Edusp, 1996.

COSTA, Allana Pereira. A cobertura vegetal da Região Metropolitana da Grande São Luís: uma análise crítica da classificação de biomas atualmente adotada. 2017. 122 f. **Graduação** (Bacharelado em Geografia). Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.

COSTA, Allana Pereira; DIAS, Luiz Jorge Bezerra da Silva; SOUSA, Jéssica Suyane; MONTEIRO, Gabriel Macedo. Alterações antropogênicas no contexto da cobertura vegetal da Região Metropolitana da Grande São Luís (RMGSL) – MA. **Revista Casa da Geografia de Sobral**. v. 21, n. 2, 2019. P. 19-32.

COUTINHO, Leopoldo Magno. **Biomias brasileiros**. São Paulo: Oficina de textos, 2016.
DIAS, Luiz Jorge Bezerra da Silva; CATUNDA, Paulo Henrique de Aragão (orgs.).

CRÓSTA, A. P. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. ed. rev. **Campinas: UNICAMP/Instituto de Geociências**, 1992. 154 p. il.

CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira (orgs.). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2019.

DANTAS, Marcelo Eduardo; SHINZATO, Edgar; BANDEIRA, Iris Celeste Nascimento; SOUZA, Lívia Vargas de; RENK, Jennifer Fortes Cavalcante. **Compartimentação geomorfológica**. In: BANDEIRA, Iris Celeste Nascimento (org.). **Geodiversidade do Estado do Maranhão**. Teresina: CPRM, 2013. p. 31-62.

DAJOZ, R. **Ecologia Geral**. Rio de Janeiro: Ed. Vozes, 1973.

DEMANGEOT, J. **Os meios naturais do globo**. Tradução de F. Ribeiro Martins e H. Nogueira Santo. Lisboa: Fund. Calouste Gulbenkian, 2000, 478 p.

DIAS, Luiz Jorge Bezerra da Silva. **Necessidades de articulações de políticas públicas orientadas à Região das Matas de Cocais no Estado do Maranhão**. São Luís: SEMA-MA – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais, 2008a. 13 p.

DIAS, Luiz Jorge Bezerra; PINHEIRO JÚNIOR, José de Ribamar. **Estudo hidrológico de travessia – substituição de travessia sobre curso d’água intermitente no município de**

Senador Alexandre Costa (MA) [Relatório Técnico]. São Luís: Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS) / Consórcio BT-PN-3 (Bacia do Parnaíba), 2013. 55 p.

DIAS, Luiz Jorge B. As bases geoambientais do Estado do Maranhão. In: BURNETT, Frederico Lago; LOPES, José Antonio Viana; DIAS, Luiz Jorge B. (orgs). **Território, política e economia do Maranhão: quatro séculos de ocupação territorial sob um novo e desafiador processo de desenvolvimento**. São Luís: Editora UEMA, 2017. p. 13-35.

DIAS, Luiz Jorge B.; Catunda, Paulo Henrique de Aragão; PORTELA, Anny Karolynny Oliveira; COSTA, Allana Pereira; SOUSA, Jéssica Suyane; NUNES, Anderson Silva. O contexto do Bioma Amazônico em território maranhense. In: CATUNDA, Paulo Henrique de Aragão; DIAS, Luiz Jorge Bezerra da Silva (orgs.). **Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão – Escala 1:250.000 (Bioma Amazônico)**. São Luís: IMESC/UEMA, 2019. p. 05-29.

DIAS, Luiz Jorge B.; COSTA, Allana Pereira. **Análise das condições climáticas do Estado do Maranhão entre janeiro e junho de 2020**. São Luís: IMESC, 2020. 79 p.

FARIAS, Juliana Felipe. Zoneamento geocológico como subsídio para o planejamento ambiental no âmbito municipal. Fortaleza, 2012, 190 f. **Dissertação** (mestrado em Geografia) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

FERNANDES, A. S. Influência da temperatura da superfície do mar na precipitação, em simulações de longo período sobre o Nordeste Brasileiro. 2003. **Dissertação** (Mestrado em Meteorologia) - Universidade de São Paulo - IAG/USP, São Paulo, 2003.

FERNANDES, Afrânio, BEZERRA, Prisco. **Estudo Fitogeográfico do Brasil**. Fortaleza: Stylus Comunicações, 1990. 205 p.

FERREIRA, Antônio José de Araújo. Políticas Territoriais e a reorganização do espaço maranhense. São Paulo, 2008. **Tese** (Doutorado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

FIBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de Uso e Cobertura da Terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

_____. **Manual técnico de Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

_____. **Mapa de biomas e de vegetação**. IBGE e MMA, 2004. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 30 abril de 2018.

_____. Mapa de biomas e de vegetação. Manual técnico de Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

_____. Portal de Mapas - IBGE. Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>. Acesso em: 30 abril de 2020.

FIGUEIRÓ, Adriano S. **Biogeografia: dinâmicas e transformações da natureza**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

FRANKLIN, Adalberto. **Apontamentos e fontes para a história econômica de Imperatriz**. Imperatriz: Ética, 2008.

FURTADO, Celso. **Formação econômica do Brasil**. São Paulo: Brasiliense, 2007.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M.S. **Geomorfologia Ambiental**. GUERRA, Antonio José Teixeira (Org.). 6.ed./.. – Rio de Janeiro: Bertand Brasil, 2014. 190p.

GERUDE, Rafael Gomes. Focos de queimadas em áreas protegidas do Maranhão entre 2008 e 2012. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 16, 2013. Foz do Iguaçu. **Anais...** Disponível em: http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/material3os/2013_Gerude_Focos_XVISBSR_DE_3os.pdf. Acesso em: 02. ago. 2018.

HOGAN. Daniel Joseph; D'Antona. Álvaro de O. CARMO. Roberto Luiz. Dinâmica Demográfica Recente da Amazônia. In: **Amazônia: Natureza e Sociedade em Transformação**. SP. Editora da Universidade de São Paulo.p.71-116.2008.

HUECK, K. **As florestas da América do Sul: ecologia, composição e importância econômica**. Editora da Universidade de Brasília e Editora Polígono, São Paulo, 1972.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa: Série Histórica – Dados Mensais**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 05. mar. 2020.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Banco de Dados de Queimadas – BDQueimadas (2010-2020)**. Disponível em: <http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>. Acesso em: 21. dez. 2019.

_____. **Manual técnico de classificação de imagem. DPI – Departamento de Processamento de Imagem**. São Paulo. 2006. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>. Acessado em 15 agosto de 2021.

LAURENCE, William F.; VASCONCELOS, Heraldo L. Consequências ecológicas da fragmentação florestal da Amazônia. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 3, 2009, p. 434-451.

LÉVI-STRAUSS, C. **O conceito de estrutura em etnologia**. Série Os Pensadores. São Paulo: Abril Cultural, 1980.

LOPES, José. A. V. et al. Fronteiras Econômicas e Transformações Territoriais: formatação de espaços e suas dinâmicas sociopolíticas no estado do Maranhão. In: BURNETT, Frederico Lago, LOPES, José Antonio Viana, DIAS, Luiz Jorge (Orgs). **Território, Política e Economia do Maranhão: quatro séculos de ocupação territorial produtiva sob um novo e desafiador processo de desenvolvimento**. São Luís: EDUEMA, 2017.

MACHADO, Paulo Fernando. O pólo sidero-metalúrgico de Carajás: gênese de uma nova região industrial?. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 158-175, 1991. Disponível em: <https://revistas.fee.tche.br/index.php/ensaio/article/view/1410>. Acesso em: 17 set. 2021.

MACIEL, Ana Beatriz Câmara; LIMA, Zuleide Maria Carvalho. O conceito de paisagem: diversidade de olhares. **Sociedade e Território**, v. 23, n. 2, jul./dez. 2011, p. 159-177.

MARANHÃO. **Lei Nº 11269 de 28/05/2020**. Institui o Zoneamento Ecológico-Econômico do Bioma Amazônico do Estado do Maranhão e dá outras providências. São Luís, 28 de maio de 2020. Disponível em: <http://stc.ma.gov.br/legisla-documento/?id=4487>. Acesso em: 20 jun. 2021.

MARCONI, Maria de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos da Metodologia Científica**. 5. ed. - São Paulo: Atlas 2003.

MARQUES NETO, R. **Zoogeografia do Brasil: A fauna, a paisagem e as organizações espaciais**. Curitiba (PR): Editora CRV– 2018.

MARQUES, Válder José. Zonificação ambiental do Estado do Maranhão utilizando os geossistemas como categoria geográfica de análise. 2016. 196 f. **Dissertação** (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

MATEO-RODRIGUEZ, J. M.; SILVA, EDSON VICENTE; CALVACANTI, AGOSTINHO PAULA DE BRITO. **Geocologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 5. ED. / JOSÉ MATEO RODRIGUEZ (ORG.) - Fortaleza: Edições UFC, 2017.

MATEO-RODRIGUEZ, José Manuel; SILVA, Edson Vicente da. **Teoria dos geossistemas: o legado de V. B. Sochava – Volume 1: fundamentos teórico-metodológicos**. Fortaleza: Edições UFC, 2019.

MAXIMIANO, Liz Abad. Considerações sobre o conceito de paisagem, **RAE'GA**, Curitiba, n. 8, 2004, p. 83-91.

MENDONÇA, F.; Danni-Oliveira, I.M. **Climatologia: noções básicas de climas do Brasil**. Oficina de Textos, São Paulo, 2007.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade Brasileira. In: 2ª Atualização das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade 2018**. Disponível em: <http://areasprioritarias.mma.gov.br/2-atualizacao-das-areas-prioritarias>. Acesso em: 16 junho de 2020.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Análise rítmica em Climatologia**. Climatologia, São Paulo: USP/IGEOG, n. 1, 1971. 21 p.

_____. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000.

_____. A climatologia geográfica no Brasil e a proposta de um novo paradigma. In: MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo (org.). **A construção da climatologia geográfica no Brasil**. Campinas: Alínea, 2015. p. 61-153.

MORAN, Emílio F.; BRONDÍZIO, Eduardo S.; BATISTELLA, Mateus. Trajetórias de desmatamento e uso da terra na Amazônia Brasileira: uma análise multiescalar. In: BATISTELLA, Mateus; MORAN, Emílio F.; ALVES, Diógenes S. (orgs.). **Amazônia: natureza e sociedade em transformação**. São Paulo: EDUSP, 2008. p. 55-70.

NERY, Jonas Teixeira; CARFRAN, Ana Cláudia. **Glossário de termos técnicos em Meteorologia e Climatologia**. Jundiaí: Paco Editorial, 2013. 416 p.

NOVAES, Luciano Farias de; MOREIRA, Michel Castro; AMORIM, Eduardo Lucena Cavalcante de. **Interpolação espacial da Evapotranspiração de Referência (ETp) para a Região Sudeste**. Disponível em: <https://ctec.ufal.br/professor/elca/Novaes-ABRH2005.pdf>. Acesso em 05. ago. 2020

NUNES, Brenda Soares da Silva; DIAS, Luiz Jorge B.. **O subsistema hidrometeorológico no Estado do Maranhão e a sua associação com o ios/enos entre 1989 e 2018: elaboração de**

uma cartografia climatológica regional. Relatório de Iniciação Científica. São Luís: UEMA/PIBIC, 2019. 209 fls. Inédito.

OLIVEIRA, Ulisses Costa de; OLIVEIRA, Petrônio Silva de; PINHEIRO, Carla Janaína Vasconcelos. Análise da concentração de focos de calor na Área de Proteção Ambiental (APA) da Chapada do Araripe nos anos de 2010 a 2015. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campina Grande/PB. 21 a 24 de novembro de 2016. **Anais...** Campina Grande, IBEA, 2016, p. 1 – 7. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/VI-023.pdf>. Acesso em: 15 de agosto de 2020.

PRADO JÚNIOR, Caio. **Formação do Brasil contemporâneo.** São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

PETRI, Setembrino; FÚLFARO, Vicente José. **Geologia do Brasil – Fanerozoico.** 2. ed. São Paulo: T.A. de Queiroz/EDUSP, 1988. 631 p.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação.** Oficina de Textos, 2012, p. 176

ROCHA, Rosimary Gomes. O PROCESSO DE OCUPAÇÃO DO SUL DO MARANHÃO: dinamismo econômico e des(re)ordenamento territorial. **Rev. Inter Espaço**, Grajaú/MA v. 1, n. 1 p. 5-26 jan./jun. 2015.

ROMARIZ, Dora de Amarante. **BIOGEOGRAFIA: temas e conceitos.** São Paulo: Scortecci, 2008.

ROSENZWEIG, Cynthia; SOLECKI, William D.; HAMMER, Stephen A.; MEHROTRA, Shagun (eds.). Climate change and cities: **First Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network.** Nova York: Cambridge University Press, 2011. 286 p.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Geomorfologia aplicada aos eias-rimas. In: **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Geomorfologia: ambiente e planejamento.** São Paulo: Contexto, 2010.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches.; FIERZ, Marisa de Suto Matos; VIEIRA, Bianca Carvalho. Técnicas de Geomorfologia. In: VENTURI, L. A. B. (Org.) **Geografia: Práticas de Campo, Laboratório e Sala de Aula.** São Paulo: Sarandi, 2011.

ROSSETTI, D.F. Arquitetura deposicional da Bacia de São Luís-Grajaú. In: ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; TRUCKENBRODT, W. (eds.) **O Cretáceo na Bacia de São Luís Grajaú:** 31-46. Coleção Friedrich Katzer. MPEG Editoração, Belém. 2001.

SANT'ANNA NETO, João Lima. A climatologia geográfica no Brasil: origem e contexto histórico. Escalas geográficas do clima: mudanças, variabilidade e ritmo. In: AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade; SANT'ANNA NETO, João Lima; MONTEIRO, Ana (orgs.). **Climatologia urbana e regional:** questões teóricas e estudos de caso. São Paulo: Outras Expressões, 2013. p. 75-91.

SANTOS, Déborah Rachel Ribeiro dos. PROJETO GRANDE CARAJÁS: desenvolvimentismo e impactos socioambientais no Maranhão (1970-1980) (1970-1980). **Monografia** (Graduação). São Luís, 2020. 93 f.

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: EDUSP, 2002.

_____. Milton. **Metamorfoses do espaço habitado**. 6. ed. São Paulo: EDUSP, 2008. 132 p.

SANTOS, Milton; SILVEIRA, María Laura. **Brasil: território e sociedade no início do século XXI**. 4. ed. Rio de Janeiro: RECORD, 2002. 473 p.

SCHOBENHAUS, Carlos; BRITO NEVES, Benjamim Bley de. A geologia do Brasil no contexto da Plataforma Sul-Americana. In: **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil = Geology, tectonics and mineral resources of Brazil** : texto, mapas & SIG[S.l: s.n.], 2003.

SILVA, José Maria C. da; RYLANDS, Anthony B.; FONSECA, Gustavo A. B. Da. O destino das áreas de endemismo da Amazônia. **Megadiversidade**, v.1, n.1, p. 124-131. 2005.

SILVA, M. C.V. da; TRIANO, A. B.S. Teoria Geral dos Sistemas em Geografias: reflexões sobre a paisagem. XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. 05 a 09 de setembro de 2005. **Anais...** São Paulo, USP, 2005. p. 1777-1787.

Silva, C.A.S.. Fronteira agrícola capitalista e ordenamento territorial. In: SANTOS, M.; BECKER, B. K. (orgs.). **Território, territórios: ensaios sobre ordenamento territorial**. 3. ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2007. p. 282 – 312.

SILVÉRIO, D.V.; BRANDO, PM.; BUSTAMANTE, M.M.C., et al. Fire, fragmentation, and windstorms: A recipe for tropical forest degradation. **J Ecol**. 2019; 107: 656-667. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13076>.

SOTCHAVA, Viktor B. O estudo dos geossistemas. **Métodos em Questão**, nº 16. São Paulo: IGEOG, 1977.

SOUZA, Marcelo Lopes de. Quando o trunfo se revela um fardo: Reexaminando os percalços de um campo disciplinar que se pretendeu uma ponte entre o conhecimento da natureza e o da sociedade. *Geosp*. **Espaço e Tempo**, v. 22, n. 2, pp. 274-308, 2018.

SUGUIO, Kenitiro. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 408 p.

TALLIS, G.H. **Plant community history: long-term changes in plant distribution and diversity**. London: Chapman and Hall, 1991.

TRICART, Jean; KILIAN, Jean. **La ecogeografía y la ordenación del medio natural**. Barcelona: Anagrama 1982.

TROPPEMAIR, Helmut. **Biogeografia e meio ambiente**. 9. ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2019. 249 p.

TROVÃO, José. R. **O processo de ocupação do território maranhense**. São Luís: IMESC, 2ª ed., 2016.

VALVERDE, Orlando; DIAS, Catharina Vergolino. **A Rodovia Belém-Brasília: estudo de Geografia Regional**. Rio de Janeiro: FIBGE, 1967. 350 p.

- VANZOLINI, P. E. 1986. **Levantamento herpetológico da área do Estado de Rondônia sob a influência da rodovia BR-364**. CNPq, Programa Polonoroeste, Subprograma Ecologia Animal, Relatório de Pesquisa, n.9. 50pp.
- VAREJÃO-SILVA, Mário Adelmo. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília: INMET, Gráfica e Editora Pax, 2000. 532 p.
- VENTURIERI, A.; SANTOS, J.R.dos. Técnicas de classificação de imagens para análise de cobertura vegetal. In: **Sistemas de Informações Geográficas: Aplicação na Agricultura**, Brasília: Embrapa, 351-371p,1998.
- VIET, J. **Los métodos estructuralistas en las ciencias sociales**. Buenos Aires: Amorrurtu Editores, 1973.
- WALTER, Heirich. **Vegetação e zonas climáticas: tratado de ecologia global**. São Paulo: EPU, 1971.
- _____. Heinrich. **Vegetação e Zonas Climáticas**. São Paulo: E.P.U. Ltda, 1986.
- WEISS, C. V. C; CAMARGO, D. C. S.; ROSCA, E. H.; ESPINOZA, J. Análise comparativa entre métodos de correção atmosférica em imagens do sensor Operational Land Imager (OLI), plataforma Landsat 8. **Scientia Plena**, Sergipe, v. 11, n. 2, p. 1-9, 2015.
- ZACHARIAS, A. A. **A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental**. São Paulo: Ed. UNESP, 2010, p. 211.
- ZEE-MA. **Banco de Base de Dados do Bioma Amazônico - 2019**. Disponível em: <http://www.zee.ma.gov.br/Portal/basededados/amazonico>. Acesso em: 8 de março 2020.