ISBN 978-65-87226-22-4

GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO
SECRETARIA DE ESTADO DE PROGRAMAS ESTRATÉGICOS – SEPE
INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS – IMESC

ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DO MARANHÃO (ZEE-MA) –
ETAPA BIOMA CERRADO E SISTEMA COSTEIRO

ZONIFICAÇÃO DO TERRITÓRIO DO ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DO MARANHÃO (ZEE-MA) - ETAPA BIOMA CERRADO E SISTEMA COSTEIRO

INSTITUIÇÕES:

IMESC SEPE GOVERNO DO MARANHÃO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

FAPEAD FUNDAÇÃO DE APOIO AO ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

CPRM Serviço Geológico do Brasil

Embrapa

UFMA Universidade Federal do Maranhão

SÃO LUÍS – MA
2021

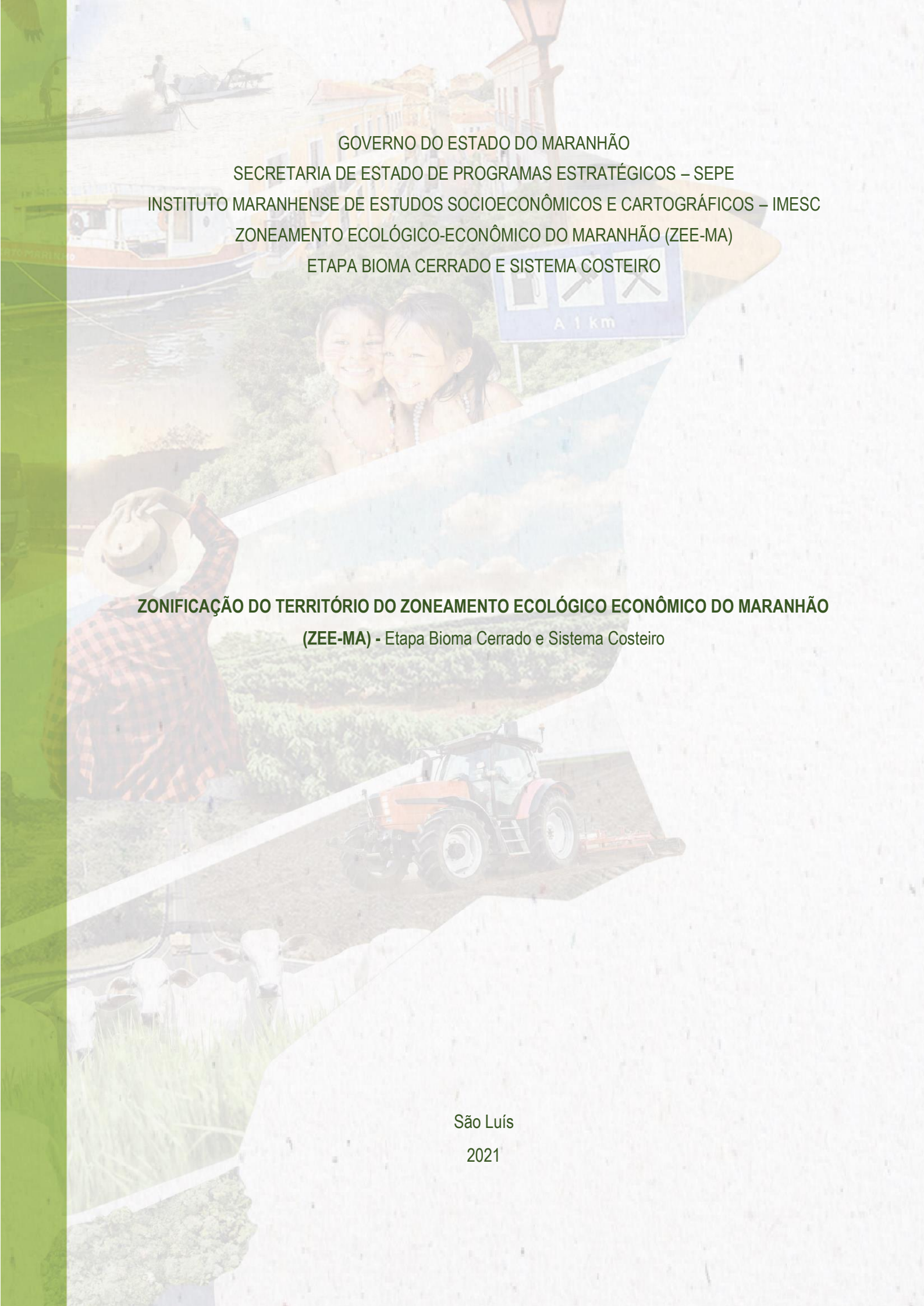
GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO

SECRETARIA DE ESTADO DE PROGRAMAS ESTRATÉGICOS – SEPE

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS – IMESC

ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DO MARANHÃO (ZEE-MA)

ETAPA BIOMA CERRADO E SISTEMA COSTEIRO



ZONIFICAÇÃO DO TERRITÓRIO DO ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO DO MARANHÃO

(ZEE-MA) - Etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro

São Luís

2021

GOVERNADOR DO ESTADO DO MARANHÃO
Flávio Dino de Castro e Costa

VICE-GOVERNADOR DO ESTADO DO MARANHÃO
Carlos Orleans Brandão da Silva

SECRETÁRIO DE ESTADO DE PROGRAMAS ESTRATÉGICOS
Luis Fernando da Silva

PRESIDENTE DO INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS
Dionatan Silva Carvalho

DIRETOR DE ESTUDOS E PESQUISAS
Hiroshi Matsumoto

DIRETOR DE ESTUDOS AMBIENTAIS E CARTOGRÁFICOS
Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias

COORDENADOR DO ZEE-MA
Dionatan Silva Carvalho

ORGANIZADORES DE ZONIFICAÇÃO
Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias
Paulo Henrique de Aragão Catunda

COORDENADOR DE ZONIFICAÇÃO
Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias

EQUIPE TÉCNICA DO ZONIFICAÇÃO
Capítulo 1
Allana Pereira Costa
Brenda da Silva Nunes da Costa
Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias

Capítulo 2
Anny Karolyny Oliveira Portela
Klinsmann Augusto Lavra Barros
Gabriel Costa da Costa
Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias
Cosme do Nascimento Neves Junior

Capítulo 3
Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias
Paulo Henrique Aragão Catunda
Allana Pereira Costa
Helisvânia Gomes Moraes
José de Ribamar Pinheiro Júnior
Wenderson Carlos da Silva Teixeira
Anderson Nunes Silva
Erick Cristophore Guimarães
Jadson Pinheiro Santos
Isa Rosete Mendes Araújo
Klinsmann Augusto Lavra Barros
Vivian Costa Santos Reis
Jéssica Neves Mendes
Igor Breno Barbosa de Sousa
Elna Lucília Santos Corrêa
Brenda Soares da Silva Lima
Letícia Moura Ferreira
Paulo Zidane Ferreira Silva

Capítulo 4
Raimunda Gomes Silva Soares
Allana Pereira Costa
Brenda Soares da Silva Nunes
Vivian Costa Santos Reis
Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias

Capítulo 5
Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias
Brenda Soares da Silva Nunes da Costa
Letícia Moura Ferreira
Paulo Henrique Aragão Catunda
Allana Pereira Costa
Janderson Rocha Silva
Klinsmman Augusto Lavra Barros
Paulo Zidane Ferreira da Silva

Capítulo 6
Talita de Sousa Nascimento Carvalho
Marlana Portilho Rodrigues Santos

Capítulo 7
Antonio José de Araújo Ferreira
Gissely Poliana Santos Muniz
Erliz Hilda Goveia Teixeira
Allana Pereira Costa
Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias
Paulo Henrique Aragão Catunda
Wenderson Carlos da Silva Texeira

EQUIPE DE APOIO TÉCNICO – ZEE
Elna Lúcilia Santos Corrêa
Juciana da Conceição Birino de souza
Karliane Medeira Viegas

NORMALIZAÇÃO
Dyana Pereira

REVISÃO
Marília de Carvalho da Costa
Nayara da Silva Queiroz
Ilza do Socorro Galvão Cutrim

DIAGRAMAÇÃO
Carliane de Oliveira Sousa

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
Gustavo Pereira da Costa-Reitor
Walter Canales Sant'naa - Vice-Reitor
Zafira da Silva de Almeida - Pró-Reitora de Graduação – PROG
Rita de Maria Seabra Nogueira - Pró-Reitora de Pesquisa e Pós-Graduação – PPG
Paulo Henrique Aragão Catunda - Pró-Reitor de Extensão e Assuntos Estudantis – PROEXAE
José Rômulo Travassos da Silva - Pró-Reitor de Gestão de Pessoas – PROGEP
Antônio Roberto Coelho Serra - Pró-Reitor de Planejamento e Administração – PROPLAD

Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC

Zonificação do Território do Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão (ZEE-MA) – etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro / Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias; Paulo Henrique de Aragão Catunda (Orgs). São Luís: IMESC, 2021.

284 p.

ISBN 978-65-87226-22-4

1. Estudos Territoriais. 2. Zonificação. 3. Zoneamento Ecológico-Econômico. 4. Maranhão. I. Título

CDU: 711.51(812.1)

SUMÁRIO GERAL

CAPÍTULO 1
ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA DOS ANOS DE 2007 E 2020: análise da dinâmica no bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão.....**4**

CAPÍTULO 2
OCORRÊNCIA DE FOCOS ATIVOS DE CALOR NO BIOMA CERRADO E SISTEMA COSTEIRO NO MARANHÃO.....**27**

CAPÍTULO 3
DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DAS PRESSÕES DE USO NO BIOMA CERRADO E NO SISTEMA COSTEIRO NO ESTADO DO MARANHÃO.....**88**

CAPÍTULO 4
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E CONECTIVIDADE DE ÁREAS DE VEGETAÇÃO FLORESTAL DO BIOMA CERRADO E SISTEMA COSTEIRO NO ESTADO DO MARANHÃO.....**157**

CAPÍTULO 5
SUSCETIBILIDADES E VULNERABILIDADES GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICAS NO BIOMA CERRADO E SISTEMA COSTEIRO DO ESTADO DO MARANHÃO.....**197**

CAPÍTULO 6
ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO E VULNERABILIDADE SOCIAL NO BIOMA CERRADO E SISTEMA COSTEIRO NO ESTADO DO MARANHÃO.....**229**

CAPÍTULO 7
ZONIFICAÇÃO: PROPOSTA PARA O BIOMA CERRADO E SISTEMA COSTEIRO.....**238**

CAPÍTULO 1

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA DOS ANOS DE 2007 E 2020: análise da dinâmica no bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão

1 INTRODUÇÃO 8
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 9
2.1 Processamento de Imagens e Aplicação do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) 9
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 12
3.1 Análise da comparação do NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index)* dos anos de 2007 e 2020 15
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS 25
REFERÊNCIAS 26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Representação do comportamento da vegetação em interação com a radiação eletromagnética e o Índice do NDVI 12

Figura 1.2 - Comparativos entre o NDVI e Classificação Supervisionada Cerrado e Sistema Costeiro como subsídio para a interpretação dos alvos espectrais (Ano de 2007) 17

Figura 1.3 - Comparativos entre o NDVI e Classificação Supervisionada Cerrado e Sistema Costeiro como subsídio para a interpretação dos alvos espectrais (Ano de 2020) 18

Figura 1.4 - Estado da caducifolia da vegetação entre os limites municipais de Sucupira do Norte e Mirador que interfere na resposta espectral no período de estiagem 19

Figura 1.5 - Exemplo de vegetação densa representada na classe 5 apresentada no município de São Francisco do Maranhão (MA) 21

Figura 1.6 - Mapa de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada do ano de 2007 22

Figura 1.7 - Mapa de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada do ano de 2020 23

Figura 1.8 - Processo inicial de plantação de soja em meados de dezembro, segundo semestre do ano de 2020, no município de Matões (MA) 24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Cenas Landsat - 8 (ano de 2020) utilizadas para o cálculo de NDVI do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro Maranhense 9

Tabela 1.2 - Cenas Landsat - 5 (ano de 2007) utilizadas para o cálculo de NDVI do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro Maranhense 10

Tabela 1.3 - Principais aplicações de bandas espectrais do satélite da série 8 do Landsat, evidenciando os estudos da vegetação 10

Tabela 1.4 - Índices de Vegetação (IVs) utilizados em estudos de classificação, monitoramento e perda de cobertura vegetal 15

Tabela 1.5 - Quantitativo de áreas por classe de NDVI dos anos 2007 e 2020 para o Bioma Cerrado e Sistema Costeiro do Estado do Maranhão 20

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1 - Área por classe do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada em relação ao território do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro dos anos de 2007 e 2020 20

Gráfico 1.2 - Percentual de área por Índice de Vegetação por Diferença Normalizada em relação ao território do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro dos anos de 2007 e 2020 21

Gráfico 1.3 - Variação percentual de área por Índice de Vegetação por Diferença Normalizada em relação ao território do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro dos anos de 2007 e 2020..... 24

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade os estudos voltados para a identificação dos parâmetros ambientais vêm se intensificando mediante o aperfeiçoamento de técnicas de sensoriamento remoto e de *software* com alto nível de processamento de dados. Dentre as variáveis mais aplicadas está a vegetação. Conforme Rosendo (2005, p.21), "desde a descoberta de que os vegetais extraem da radiação eletromagnética (REM) emitida pelo Sol parte da energia que necessita para viver, a interação entre essa radiação e a vegetação passou a ser estudada detalhadamente".

O sensoriamento remoto, por meio de imagens de satélites com alta resolução espectral, é uma das ferramentas que mais tem contribuído para o estudo detalhado do comportamento da massa de vegetação em um determinado território. Isto é possível pela capacidade das folhas de refletirem a luz na região do visível e do infravermelho próximo do espectro eletromagnético.

Destarte, Rosendo (2005) acrescenta que as análises da vegetação e detecção de mudanças são realizadas com a finalidade de avaliar os recursos naturais e monitorar a cobertura vegetal. A detecção qualitativa da vegetação é uma das principais aplicações do sensoriamento remoto na tomada de decisões e gerenciamento ambiental.

Mediante isto têm destaque alguns índices para estudar o padrão de vegetação: o IFV (Índice Foliar Verde), VARI (Índice Resistente à Atmosfera na Região Visível), NDRE (Índice de RedEdge por Diferença Normalizada), NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), EVI (Índice de Vegetação Aprimorado). Esses índices realçam a contribuição da vegetação e permitem estabelecer comparações espaciais e temporais da atividade fotossintética e das variações estruturais do dossel (SISDAGRO-INMET, 2021).

Dos índices mencionados, o mais difundido é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI. Conforme Zanzarine, Pissarra et al. (2013, p. 609), "este índice pode ser analisado por meio da interpretação de imagens de sensores remotos e, em particular, por valores obtidos em diferentes datas, que permitem avaliar a variação da área verde em certo período do tempo".

Este trabalho tem como objetivo analisar a variabilidade espacial da cobertura vegetal do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro do Estado do Maranhão por meio do índice de vegetação NDVI, numa escala temporal de treze anos, 2007 a 2020, e compreender quais fatores externos têm implicado no aumento ou diminuição desse índice.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A posteriori, serão descritos os procedimentos técnicos computacionais, em ambiente SIG (Sistema Informação Geográfica), adotados na classificação de índice de vegetação, por intermédio do cálculo de NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) dos anos de 2007 e 2020 para o Bioma Cerrado e Sistema Costeiro.

2.1 Processamento de Imagens e Aplicação do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada)

Considerando que a reposta espectral da vegetação tem influência da quantidade de água nas folhas (umidade ou estresse hídrico), selecionou-se 15 cenas de imagens (Tabela 1.1) de plataformas orbitais do Sensor TM do satélite LANDSAT – 5 com resolução espacial de 30 metros, para a análise do ano de 2007, e 15 cenas de imagens (Tabela 1.2) do Sensor OLI/TIRS do satélite LANDSAT – 8 com 30 metros de resolução espacial, para a análise do ano de 2020, ambas referentes ao segundo semestre de cada ano, das quais cobrem o bioma Cerrado e Sistema Costeiro do Estado do Maranhão.

Desse modo, a seleção das cenas de satélite no período de estiagem (segundo semestre) objetiva a minimização dos efeitos de umidade em relação aos alvos trabalhados, assim como viabiliza o processo de identificação de diferentes tipos de revestimentos vegetacionais no tocante ao seu estresse hídrico, em conformidade com os procedimentos já adotados em etapas anteriores do programa ZEE-MA (DIAS; CATUNDA, 2019).

Tabela 1.1 - Cenas Landsat - 8 (ano de 2020) utilizadas para o cálculo de NDVI do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro Maranhense

CENAS	BANDAS	DATA
LC08_L1TP_219062_20200819_20200904_01	Bandas 4 e 5	4/09/2020
LC08_L1TP_219063_20200819_20200904_01	Bandas 4 e 5	4/09/2020
LC08_L1TP_219064_20200819_20200904_01	Bandas 4 e 5	4/09/2020
LC08_L1TP_219065_20200819_20200904_01	Bandas 4 e 5	4/09/2020
LC08_L1TP_221066_20200817_20200822_01	Bandas 4 e 5	17/08/2020
LC08_L1TP_221067_20201004_20201015_01	Bandas 4 e 5	04/10/2020
LC08_L1TP_222064_20200808_20200821_01	Bandas 4 e 5	08/08/2020
LC08_L1TP_222065_20200808_20200821_01	Bandas 4 e 5	08/08/2020
LC08_L1TP_221063_20200817_20200822_01	Bandas 4 e 5	17/08/2020
LC08_L1TP_221064_20200902_20200906_01	Bandas 4 e 5	02/09/2020
LC08_L1TP_221065_20200902_20200906_01	Bandas 4 e 5	02/09/2020
LC08_L1TP_220062_20201114_20201209_01	Bandas 4 e 5	14/11/2020
LC08_L1TP_220063_20201114_20201209_01	Bandas 4 e 5	14/11/2020
LC08_L1TP_220064_20200810_20200821_01	Bandas 4 e 5	10/08/2020
LC08_L1TP_220065_20200927_20201007_01	Bandas 4 e 5	27/09/2020

Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

Tabela 1.2 - Cenas Landsat - 5 (ano de 2007) utilizadas para o cálculo de NDVI do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro Maranhense

CENAS	BANDAS	DATA
LT05_L2SP_219062_20070816_20200830_02_T1	Bandas 3 e 4	16/08/2007
LT05_L2SP_219063_20070816_20200830_02_T1	Bandas 3 e 4	16/08/2007
LT05_L2SP_219064_20070816_20200830_02_T1	Bandas 3 e 4	16/08/2007
LT05_L2SP_219065_20070816_20200830_02_T1	Bandas 3 e 4	16/08/2007
LT05_L2SP_220062_20070807_20200830_02_T1	Bandas 3 e 4	07/08/2007
LT05_L2SP_220063_20070807_20200830_02_T1	Bandas 3 e 4	07/08/2007
LT05_L2SP_220064_20070807_20200830_02_T1	Bandas 3 e 4	07/08/2007
LT05_L2SP_220065_20070807_20200830_02_T1	Bandas 3 e 4	07/08/2007
LT05_L2SP_221063_20070814_20200830_02_T1	Bandas 3 e 4	14/08/2007
LT05_L2SP_221064_20070814_20200830_02_T1	Bandas 3 e 4	14/08/2007
LT05_L2SP_221065_20070814_20200830_02_T1	Bandas 3 e 4	14/08/2007
LT05_L2SP_221066_20070814_20200830_02_T1	Bandas 3 e 4	14/08/2007
LT05_L2SP_221067_20070814_20200830_02_T1	Bandas 3 e 4	14/08/2007
LT05_L2SP_222064_20070805_20200830_02_T1	Bandas 3 e 4	05/08/2007
LT05_L2SP_222065_20070805_20200830_02_T1	Bandas 3 e 4	05/08/2007

Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

Vale lembrar que as cenas dos satélites Landsat – 8 e Landsat – 5 apresentam seu conjunto de cenas, que, separadamente, possuem aplicações relativas a cada estudo pretendido, conforme o tratamento adequado em ambiente computacional de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), tais como as bandas: verde, vermelha, infravermelho próximo e médio, que evidenciam as formas e as estruturas da cobertura vegetal. A Tabela 1.3 apresenta uma síntese dessa concepção, levando em consideração as bandas do satélite Landsat - 8:

Tabela 1.3 - Principais aplicações de bandas espectrais do satélite da série 8 do Landsat, evidenciando os estudos da vegetação

Banda Espectral	Comprimento de Onda da Banda	Resolução espacial	Resolução Temporal	Principais Aplicações
Banda 1 – Aerosol e Costal	0,43 µm - 0,45 µm	30 metros	16 dias	Estudos em áreas costeiras e de aerossóis na atmosfera.
Banda 2 – Azul	0,45 µm - 0,51 µm	30 metros	16 dias	Mapeamento de águas costeiras; Diferenciação entre solo e vegetação; Diferenciação entre vegetação coníferas e decídua.
Banda 3 – Verde	0,53 µm - 0,59 µm	30 metros	16 dias	Reflectância da vegetação verde sadia
Banda 4 – Vermelho	0,64 µm - 0,67 µm	30 metros	16 dias	Absorção de clorofila; Diferenciação de espécies vegetais.
Banda 5 – Infravermelho Próximo (NIR)	0,85 µm - 0,67 µm	30 metros	16 dias	Levantamento de biomassa; Delineamento de corpos d'água.
Banda 6 – Infravermelho de ondas curtas - Médio (SWIR1)	1,57 µm - 1,65 µm	30 metros	16 dias	Medidas de umidade da vegetação; Diferenciação entre nuvens e neve.

Banda Espectral	Comprimento de Onda da Banda	Resolução espacial	Resolução Temporal	Principais Aplicações
Banda 7– Infravermelho de ondas curtas – Distante (SWIR2)	2,11 µm - 2,29 µm	30 metros	16 dias	Mapeamento Hidrotermal.
Banda 8 - Pancromática	0,50 µm - 0,68 µm	15 metros	16 dias	Fusão de imagens para a obtenção de maior resolução espacial.
Banda 9 – Cirrus	1,36 µm - 1,38 µm	30 metros	16 dias	Detecção de nuvens do tipo cirrus.
Banda 10 – Infravermelho Termal (TIRS) 1	10,60 µm - 11,19 µm	100 metros	16 dias	Temperatura de superfície.
Banda 11 – Infravermelho Termal (TIRS) 2	11,50 µm - 12,51 µm	100 metros	16 dias	Temperatura de superfície.

Fonte: Adaptado BERNARDI et. al. (2014).

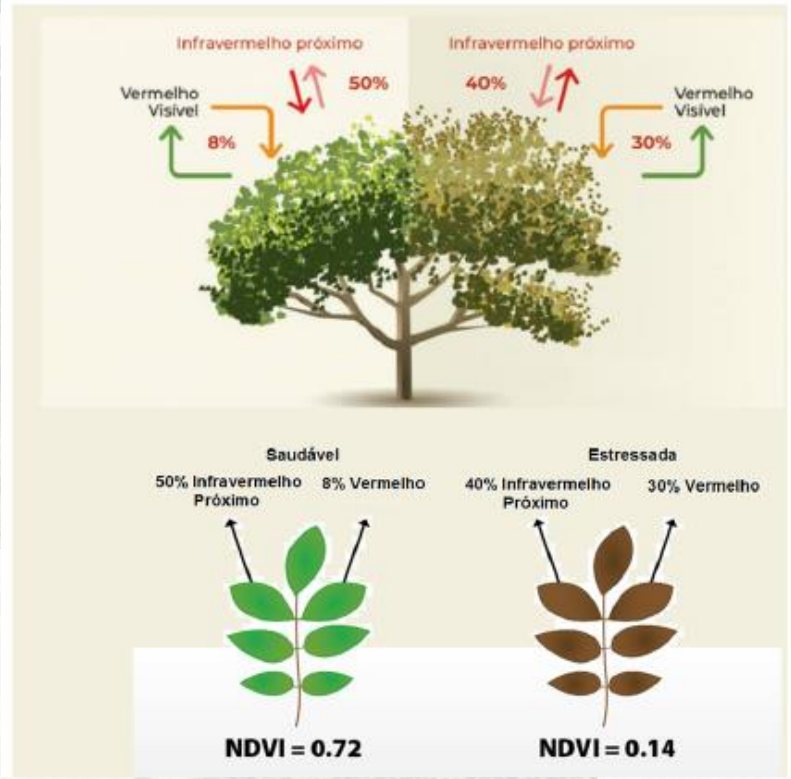
Nesse sentindo, após a realização da correção atmosférica (procedimento realizado no QGIS versão 2.18.18, através da ferramenta *semi-automatic classification*) das bandas Infravermelho Próximo (infravermelho próximo, também conhecido pela sigla NIR em inglês) e Vermelho de cada ano em análise, foi aplicada uma fórmula matemática para o cálculo do NDVI (Equação 01), obtido a partir da razão entre a diferença e soma das Bandas Vermelho e Infravermelho Próximo.

Equação 01:

$$NDVI = \frac{(Banda\ Infravermelho\ Próximo - Banda\ Vermelho)}{(Banda\ Infravermelho\ Próximo + Banda\ Vermelho)}$$

Por conseguinte, o NDVI é empregado, matematicamente, para comparar o quantitativo da absorção da luz vermelha (região do visível) e a reflexão da luz infravermelha (região do infravermelho próximo). Em áreas de vegetação densa haverá menor reflectância na Banda Vermelho, e maior reflectância na Banda Infravermelho Próximo. Como representado na Figura 1.1.

Figura 1.1 - Representação do comportamento da vegetação em interação com a radiação eletromagnética e o Índice do NDVI



Fonte: LAPIS (2021).

Partindo deste pressuposto metodológico, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI objetiva comparar os resultados de massa vegetal obtidos na classificação digital de imagens entre os anos de 2007 e 2020. Isto posto para que os resultados, a partir desses índices, evidenciem as tipologias vegetais, no que tange aos seus estratos horizontais e verticais, pretende-se verificar a resposta dos demais alvos espectrais mediante o comprimento de ondas eletromagnéticas das bandas vermelho e infravermelho próximo em uma dinâmica temporal de treze anos (2007 e 2020).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As questões relativas aos padrões fitofisionômicos que se apresentam nos mais diferentes biomas terrestres vêm alcançando um esforço interpretativo nos estudos de classificação, monitoramento, dinâmica e ações transformadoras de estruturas e fisionomias da cobertura vegetal. Em condições ambientais naturais, a superfície terrestre tem ocorrência de distintos mosaicos de vegetação (florestas, gramíneas, arbustos, encraves, faixas de transição e contato, dentre outros) que se comportam de acordo com as tipologias climáticas, pedológicas e conjuntos paisagísticos predominantes, conforme cada região.

Uma dessas perspectivas tem sido as políticas de monitoramento e diagnóstico acerca da dimensão de perdas de coberturas vegetais naturais, fortalecidas por estarem associadas às práticas de pressões de uso da terra. Nesse contexto, cresce a importância de metodologias e técnicas que indicam aplicabilidades para as mudanças da cobertura vegetacional agregadas em todas as formações vegetais, inclusive no bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão.

É preciso considerar, também, sob o ponto de vista da vegetação do bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão, que por ora são objeto de estudo do presente levantamento, a diferenciação de fitofisionomias, que é um dos aspectos marcantes dos Cerrados. Por outro lado, ressalta-se que o Sistema Costeiro possui características singulares em comparação aos demais sistemas ambientais uma vez que as formações vegetais que constituem este sistema são, sobretudo, formações pioneiras, que porventura não estão em direção ao estágio de clímax vegetacional e apresentam, contudo, estratos vegetacionais díspares.

Neste ponto de reflexão, Coutinho (1978) explica que o Cerrado apresenta em seu mosaico de fitofisionomias um conjunto de formações vegetais que perpassa por estratos campestres, intermediários e florestais. Ademais, a composição florística está correlacionada com a densidade da vegetação. Destaca que nas formações de portes intermediários “a vegetação herbácea e arbórea está em intensa competição pelo fato de ambas serem heliófilas, de modo que o adensamento da vegetação lenhosa promove gradual eliminação dos estratos herbáceos”. O autor aponta, ainda, que a “diferenciação fisionômica expressa à concorrência entre os estratos, que se distinguem pelas suas floras, profundidade de suas raízes, forma de exploração do solo, comportamento em relação à seca, fogo, etc.” (COUTINHO, 2002, p. 84).

Em se tratando do Sistema Costeiro, ele compreende em seus ecossistemas padrões fitogeográficos heterogêneos característicos de ambientes litorâneos. No que se refere à cobertura vegetal predomina uma área extensa de vegetação de dunas e paleodunas (restingas) e manguezais, além de vegetação de marismas tropicais e apicuns, menos expressivas em comparação às primeiras. Como paisagem predominante desse bioma, destacam-se também ambientes de dunas, que são áreas desprovidas de vegetação ou não, pois apresentam grande dinamicidade, e cobre mais de 70% de toda a parte setentrional da região Costeira.

É importante salientar que, ao se tratar de vegetação, além da diversidade de fitofisionomias que compõe determinados domínios, como o Cerrado, por exemplo, poderão apresentar no decorrer do ano, conforme os padrões climáticos, variações fenológicas. Ponzoni et. al. (2012, p. 64) explica que a cobertura vegetal, “por uma questão meramente sazonal, haverá diferenciação nos padrões de uma mesma fisionomia observada em imagens de diferentes datas nas estações seca e chuvosa”. Portanto, o aspecto de sazonalidade climática deve ser considerado nos estudos fitogeográficos tanto por meio de

sensores remotos quanto por meio de observação *in loco*.

Como demonstrado anteriormente, o bioma Cerrado e Sistema Costeiro, inseridos no Estado do Maranhão, estão relacionados com diversas unidades de paisagens dentre as quais as naturais, equilíbrio, abióticas, bióticas e aquelas de origem antropogênicas (BÓLOS, 1981 *apud* GUERRA; MARÇAL, 2014; MATTEO-RODRIGUEZ; SILVA, 2018; DIAS; CATUNDA, 2019) o que gera diversas tipologias de pressões de usos da terra (AB'SÁBER, 2006). É sob essa perspectiva metodológica que se enquadram os trabalhos de cartografia de delimitação da cobertura vegetal para o monitoramento da vegetação.

Neste sentido, a partir dos meados dos anos 1970 e 1980, como forma de solucionar a limitação de áreas remotas e de difícil acesso por terra, as técnicas que utilizam dados de plataformas orbitais (imagens de satélite) no estudo de cobertura vegetal ganham destaque. Foram desenvolvidos parâmetros analíticos dos índices quantitativos da vegetação a partir de ferramentas computacionais e cálculos matemáticos, para as mais diversas escalas de análise. Pozoni et.al. (2012, p. 86) enfatiza acerca dos índices de vegetação:

> Diversos índices de vegetação têm sido propostos na literatura com o objetivo de explorar as propriedades espectrais da vegetação, especialmente nas regiões do visível e do infravermelho próximo. Esses índices são relacionados a parâmetros biofísicos da cobertura vegetal, como biomassa e índice de área foliar, além de minimizarem os efeitos de iluminação da cena, declividade da superfície e geometria de aquisição, que influenciam os valores de reflectância da vegetação.

Nesta perspectiva, os índices de vegetação também objetivam destacar determinadas feições para mapeamentos de uso e cobertura da terra (IBGE, 2013). Dentre os principais índices vegetais podem ser destacados: NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada da sigla em inglês *Normalized Difference Vegetation Index*); EVI (Índice de Vegetação Aprimorado da sigla em inglês Enhanced Vegetation Index), SAVI (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo da sigla em inglês *Soil Adjusted Vegetation* Index); SR (Índice de Vegetação da Razão Simples da sigla em inglês *Simple Ratio*) e PVI (Índice de Vegetação Perpendicular da sigla em inglês *Perpendicular Vegetation Index*), conforme pode ser verificado na Tabela 1.4:

Tabela 1.4 - Índices de Vegetação (IVs) utilizados em estudos de classificação, monitoramento e perda de cobertura vegetal

Índice	Fórmula Aplicada	Referências
NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada/ *Normalized Difference Vegetation Index*	NDVI = (RNIR - RRED) / (RNIR + RRED)	Rousse et. al. (1974)
EVI - Índice de Vegetação Aprimorado/ Enhanced Vegetation Index	EVI = 2.5 * ((NIR – Vermelho) / ((NIR) + (C1 * Vermelho) – (C2 * Azul) + L))	Heute et. al. (1997); Justice et. al. (1998).
SAVI - Índice de Vegetação Ajustado ao Solo/*Soil Adjusted Vegetation* Index	SAVI = ((NIR – Vermelho) / (NIR + Vermelho + L)) x (1 + L)	Heute (1988).
SR - Índice de Vegetação da Razão Simples/*Simple Ratio*	SR = RNIR / RRED	Jordan (1969)
PVI - Índice de Vegetação Perpendicular / *Perpendicular Vegetation Index*	PVI = α NIR – β Vermelho	Richardson; Weigand (1977)

Org. Registro da Pesquisa (2021).

3.1 Análise da comparação do NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index)* dos anos de 2007 e 2020

A análise espectral da cobertura vegetal por intermédio de dados de sensoriamento remoto é fundamentada na troca de energia captada, absorvida e refletida entre o sensor e a folha, dossel e a arquitetura do dossel da vegetação (LAURENTINO et. al., 2011). No entanto, é relevante destacar que em um conjunto vegetacional existe uma diversidade de folhas, fisionomias e formações, das quais se desenvolvem em diferentes ambientes, como por exemplo, superúmidos, úmidos, subúmido, subúmido seco, semiárido e árido (AB'SÁBER, 2003; COUNTINHO, 2016). Deve-se considerar, ainda, que o comportamento da vegetação em interação com a radiação eletromagnética depende das características físico-químicas, fisiológicas e estruturais das folhas.

Neste ponto de discussão, ressalta-se, também, o processo natural de realização de fotossíntese pelas plantas. Essa interação está diretamente relacionada com a absorção da radiação eletromagnética, especificamente na região do visível, com os pigmentos fotossintetizantes, a citar: clorofila, xantofilas e carotenos. No entanto, apenas nas faixas do infravermelho próximo e médio podem ser analisadas com melhor precisão as estruturas celulares internas das folhas, pela alta energia refletida nessa região do espectro. É nessa contextualização em que se destaca:

> o processo de interação entre a radiação eletromagnética referente ao espectro óptico e uma folha é dependente de fatores químicos (pigmentos fotossintetizantes e água) e estruturais (organização dos tecidos da folha), e pode ser analisado sob os pontos de vista da absorção, da transmissão e da reflexão da radiação. A análise conjunta desses três fenômenos compõe

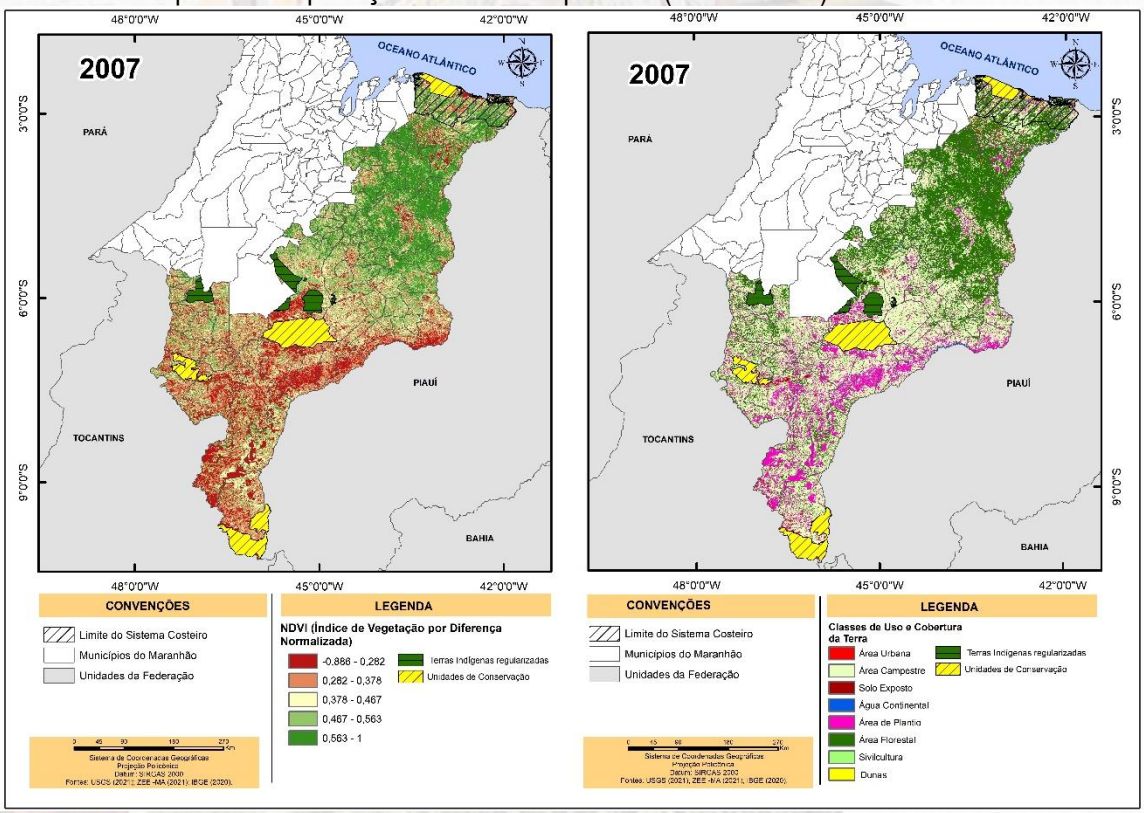
> aquilo que denominamos como estudo do *comportamento espectral da vegetação,* que envolve principalmente o estudo dos fatores influentes na reflexão da radiação por folhas isoladas e por dosséis vegetais, que são conjuntos de plantas de uma mesma fisionomia, como, por exemplo, o dossel florestal, o dossel de cana-de-açúcar, o dossel de gramíneas etc. (POZONI et.al., 2012, p. 18).

Por conseguinte, o parâmetro dos valores que representam cada índice do NDVI ainda é motivo de discussão por diversos autores. Holben (1986) afirma que as nuvens, água e neve apresentam valores negativos, enquanto as rochas e solos expostos têm um resultado próximo ao valor zero ou igual a zero, enquanto a vegetação possui valores entre 0,1 e 0,6. Conforme um estudo publicado pelo Letras Ambientais (2021), os índices negativos do NDVI representam água, estruturas construídas pelo homem, rochas, nuvens e neve, já os valores próximos de zero e iguais a zero são solos expostos, e valores acima do índice 0,6 correspondem uma vegetação densa. Destaca ainda que:

> Na maioria dos sensores de satélite, valores do NDVI variam, em média, entre 0,2 e 0,8, correspondendo a áreas com vegetação esparsa (por exemplo, o Semiárido brasileiro); vegetação moderada tende a variar entre 0,4 e 0,6 (por exemplo, o Cerrado); qualquer valor acima de 0,6 indica a maior densidade possível de folhas verdes (por exemplo, floresta). (LETRAS AMBIENTAIS, 2021, p. 5).

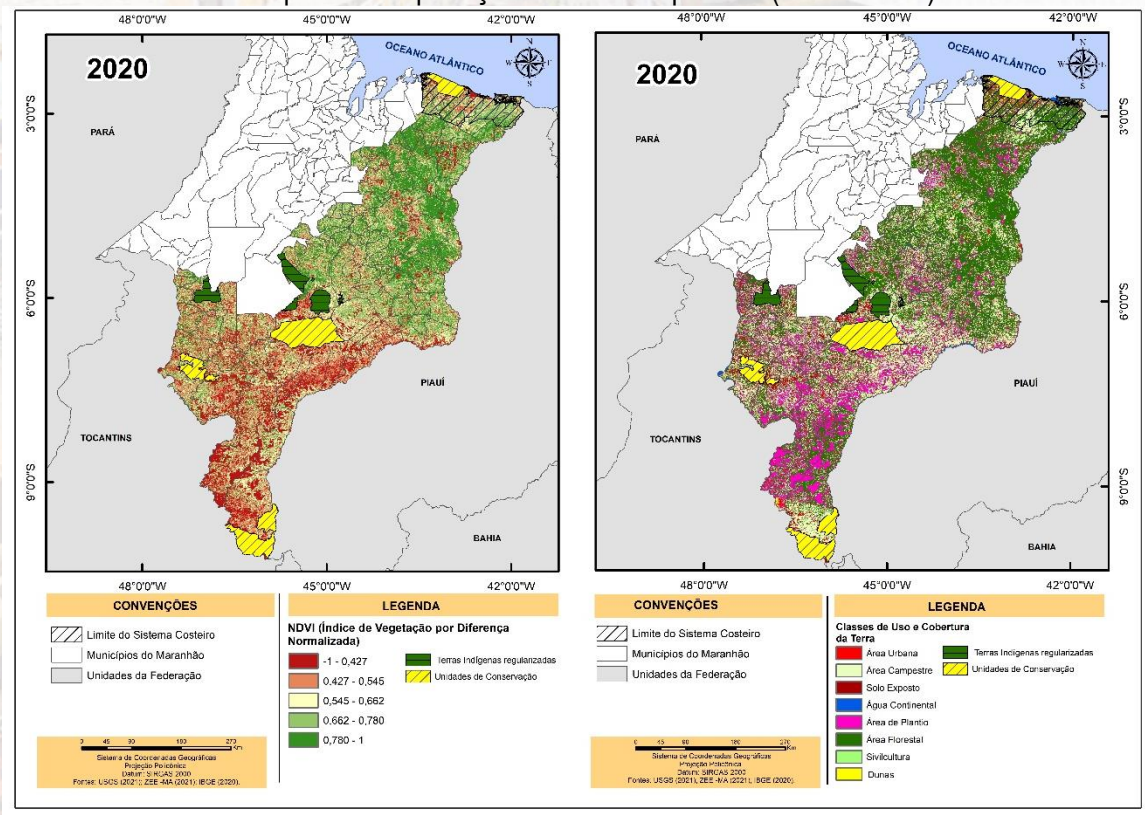
Desta feita, este último é o parâmetro de análise mais adequado para os estudos de índices de vegetação das áreas do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro maranhense. Para tal afirmação foram comparados o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada com Classificação supervisionada de Uso e Cobertura da Terra tanto para os anos de 2007 quanto para os anos de 2020, como podem ser verificados (Figura 1.2 e 1.3).

Figura 1.2 - Comparativos entre o NDVI e Classificação Supervisionada Cerrado e Sistema Costeiro como subsídio para a interpretação dos alvos espectrais (Ano de 2007)



Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

Figura 1.3 - Comparativos entre o NDVI e Classificação Supervisionada Cerrado e Sistema Costeiro como subsídio para a interpretação dos alvos espectrais (Ano de 2020)



Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

De forma, geral, o índice de NDVI apresentou um resultado que varia de -1 a 1; quanto mais próximo do valor 1 apresentou maior vigor da vegetação. Os valores na ordem de -1 e 0 estão relacionados aos corpos hídricos e áreas urbanas, sobretudo. As áreas de solos expostos, dunas, solos em preparo para cultivos, áreas de queimadas estão entre os índices na ordem de zero a -1. Já os índices intermediários corresponderam à vegetação com aspectos estrutural horizontal (adensamento ou espaçamento da vegetação) e tipos de fitosionomia do Cerrado no período de estiagem (Figura 1.4), além dos diferentes tipos de estágios de crescimento de pastagens e culturas agrícolas que devem ser levados em consideração e comparados com o mapeamento de uso e cobertura da terra.

Figura 1.4 - Estado da caducifolia da vegetação entre os limites municipais de Sucupira do Norte e Mirador que interfere na resposta espectral no período de estiagem

Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

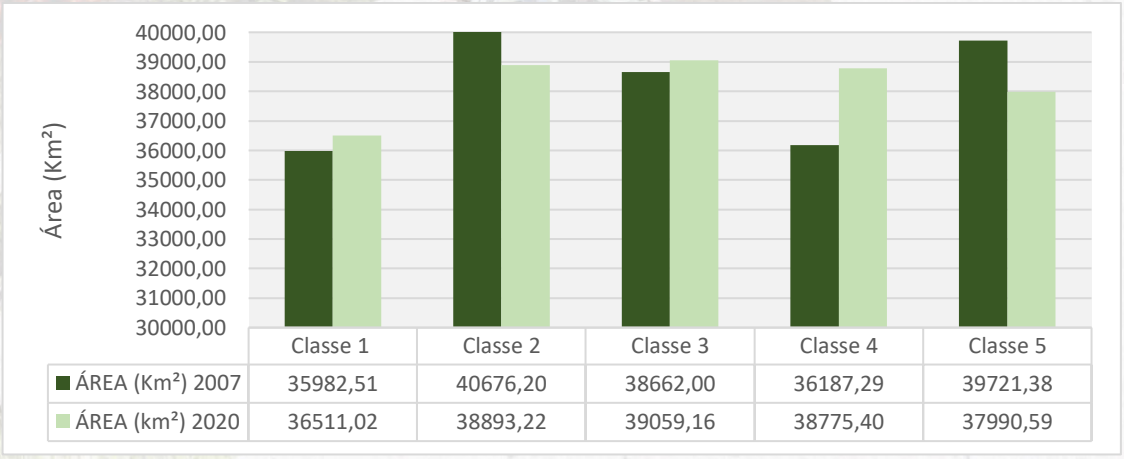
Nesse viés, a avaliação dos dados calculados do NDVI demonstra que os fatores fenológicos, em razão das condições climáticas adversas no período acumulado entre 2005 ao ano de 2007, afetaram diretamente na vigorosidade da cobertura vegetal. Dessa forma, aponta-se um estresse hídrico maior em 2007 em comparação com 2020, já que o ano de 2020 apresenta precipitações dentro da normalidade e, por essa razão, afetará diretamente na saúde das folhas da vegetação e na reflectância de sua resposta espectral, conforme pode ser verificado nas figuras 1.6 e 1.7. No entanto, verifica-se que a densidade da cobertura vegetal, levando em conta o tamanho de áreas, medida pela classe 5, em 2007 se apresentou maior que no ano de 2020 com suas respectivas áreas 39721,39 Km² e 37990,59 Km² (Tabela 1.5).

Tabela 1.5 - Quantitativo de áreas por classe de NDVI dos anos 2007 e 2020 para o Bioma Cerrado e Sistema Costeiro do Estado do Maranhão.

Nº	LEGENDA	EXEMPLOS DE TIPOLOGIA DE COBERTURA DA TERRA	ÁREA (Km²) 2007	ÁREA (km²) 2020	Variação de Área (Km²)	Variação Entre 2007 e 2020 (%)
1	**Classe 1**	Área Urbana, Solo exposto, cicatriz de queimadas, áreas de agricultura em pousio ou/e em preparo.	35982,51	36511,02	-528,51	1,47%
2	**Classe 2**	Pastagem, áreas com vegetação herbácea, áreas de plantios efetivos.	40676,20	38893,22	1782,98	-4,38%
3	**Classe 3**	Vegetação arbustiva-herbácea e/ou de sucessão ecológica inicial	38662,00	39059,16	-397,16	1,03%
4	**Classe 4**	Vegetação arbustivo-arbórea, silvicultura em estágio médio.	36187,29	38775,40	-2588,11	7,15%
5	**Classe 5**	Vegetação densa, vegetação de porte florestal, mata ciliar, silvicultura em estágio alto.	39721,38	37990,59	1730,80	-4,36%
Área Total			**191229,38**	**191229,38**		

Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

Gráfico 1.1 - Área por classe do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada em relação ao território do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro dos anos de 2007 e 2020



Fonte: Registro da Pesquisa (2021)

NDVI aponta que os maiores índices de vigor da cobertura vegetal nos dois anos em análise (ano de 2007 e 2020) estão na parte do centro-norte do Cerrado e Sistema Costeiro. Isso pode estar diretamente relacionado com as fitofisionomias presentes nessa região, a destacar a vegetação decidual

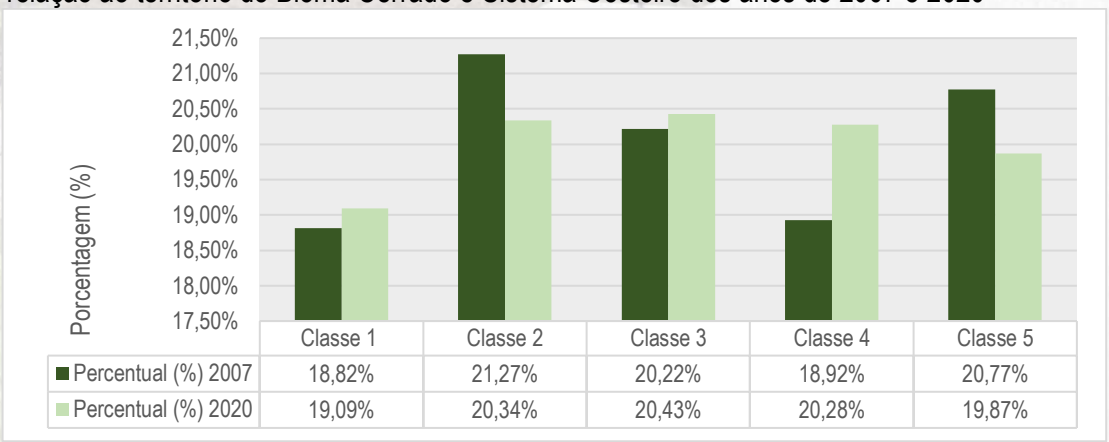
e semidecidual, cerradão (Figura 1.5), vegetação secundária com babaçu de forma extensiva e densa e vegetação secundária sem palmeira.

Figura 1.5 - Exemplo de vegetação densa representada na classe 5 apresentada no município de São Francisco do Maranhão (MA)

Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

Em termos de áreas, a classe 1, em 2007, correspondeu 18, 82 %; já no ano de 2020 essa mesma classe apresenta 19,09% do território do bioma Cerrado e Sistema Costeiro (Gráfico 1.2). A classe 2 é equivalente a 40676,20 Km² em 2007 e em 2020 a 38893,22 Km², aproximadamente. Por outro lado, a classe 3 foi mais expressiva em 2020 com uma área de 39059,16 Km² do que em 2007 que apresentou apenas 38662 Km² (Gráfico 1.1).

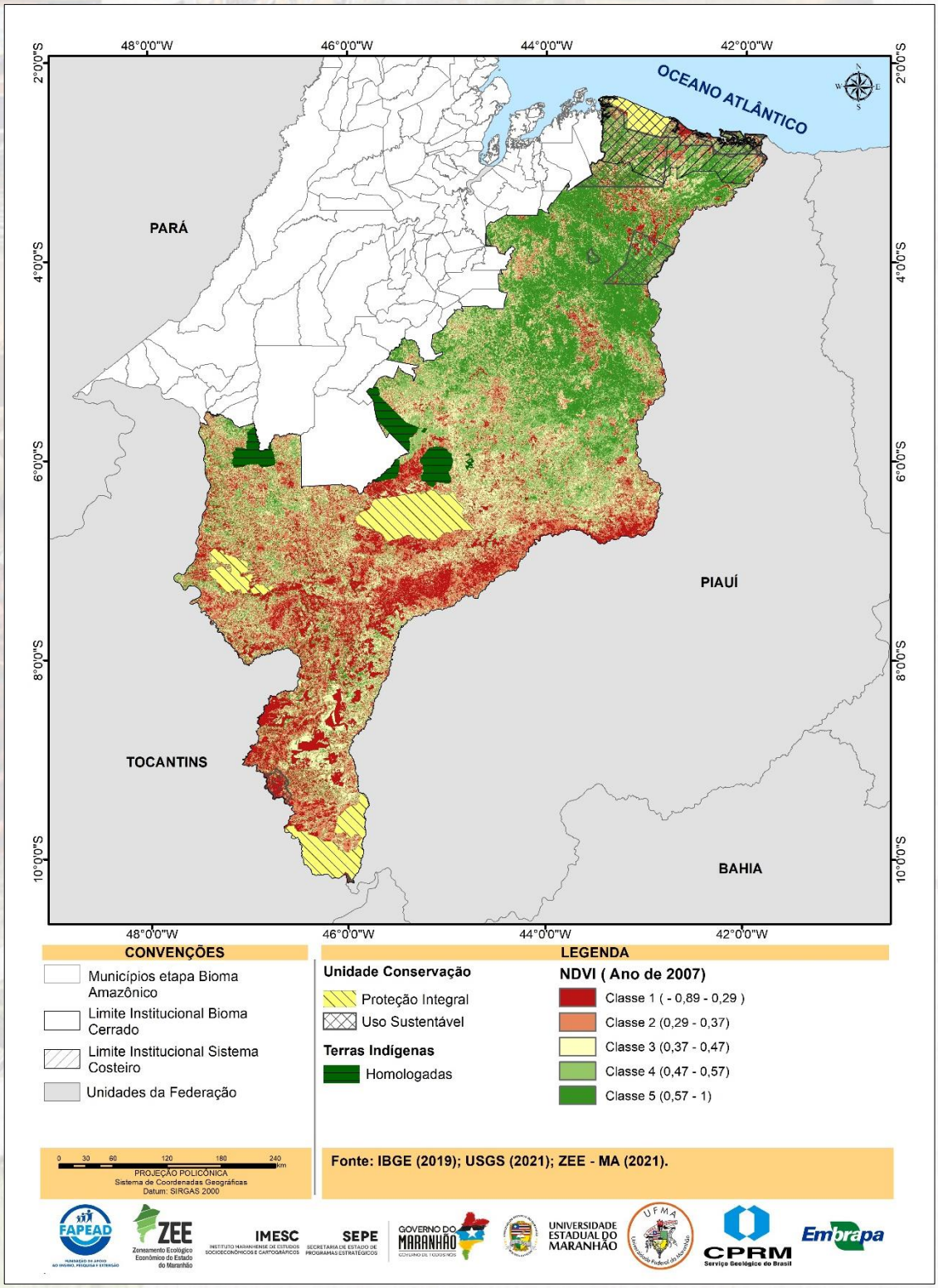
Gráfico 1.2 - Percentual de área por Índice de Vegetação por Diferença Normalizada em relação ao território do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro dos anos de 2007 e 2020



	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
Percentual (%) 2007	18,82%	21,27%	20,22%	18,92%	20,77%
Percentual (%) 2020	19,09%	20,34%	20,43%	20,28%	19,87%

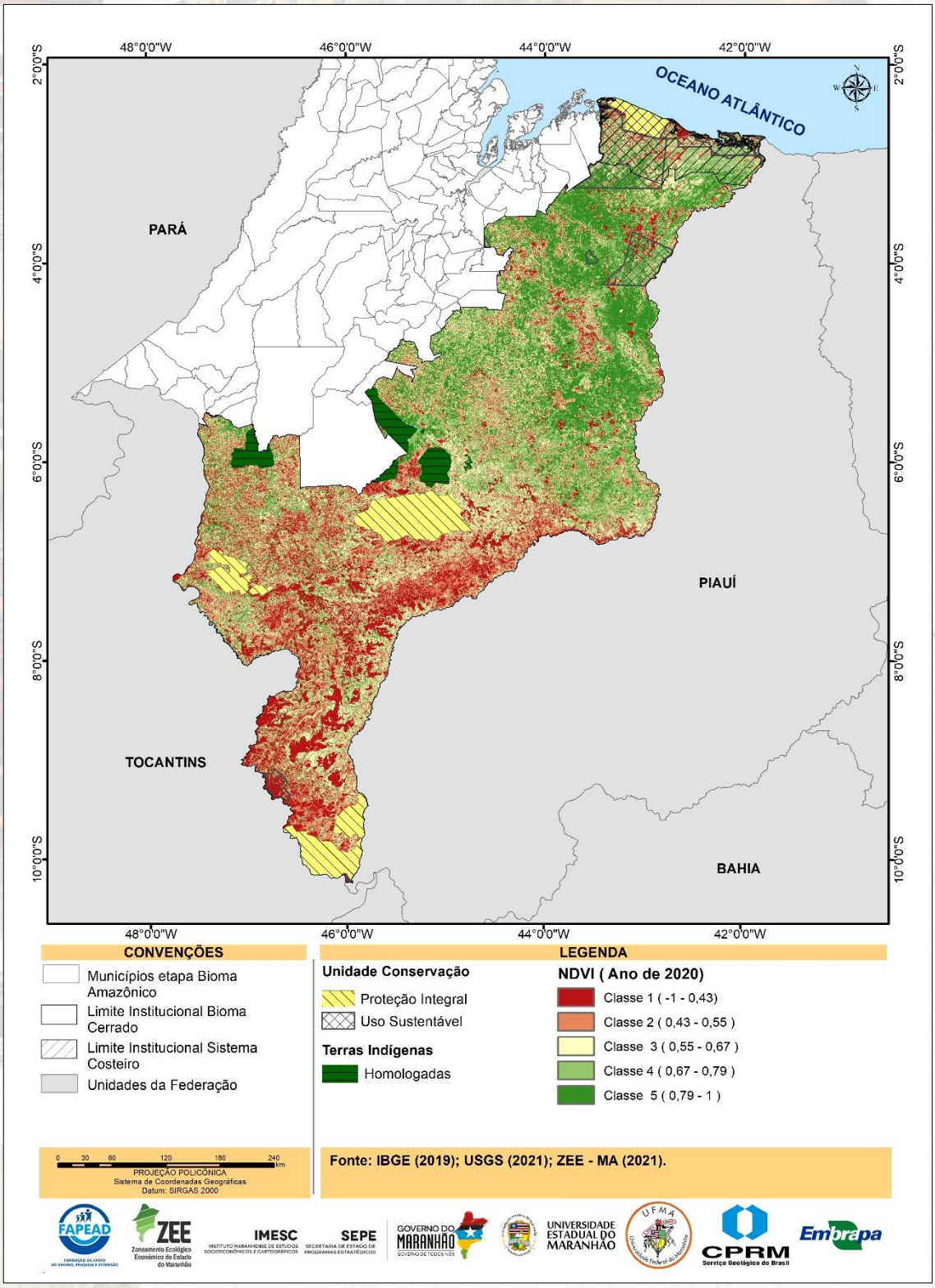
Fonte: ZEE – MA (2021)

Figura 1.6 - Mapa de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada do ano de 2007



Fonte: Registro da pesquisa (2021).

Figura 1.7 - Mapa de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada do ano de 2020



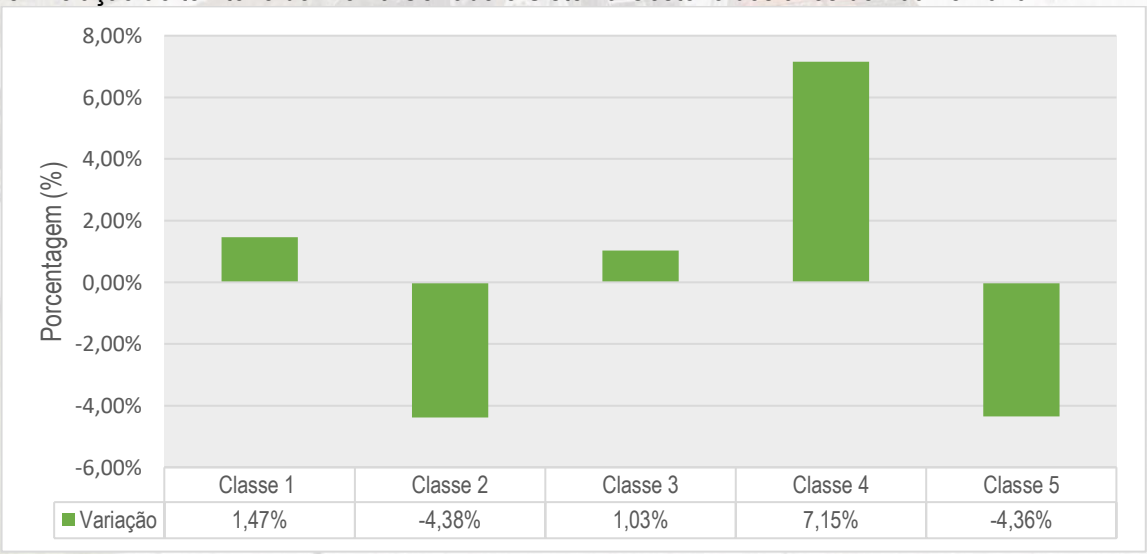
Fonte: Registro da pesquisa (2021).

Nessa perspectiva, ao comparar os dados de NDVI com os padrões de uso aferiu-se que as áreas da classe 1 teve um aumento de 1,47% entre 2007 e 2020 (Gráfico 1.3). Isso pode ser justificado em razão do aumento gradativo das áreas urbanizadas, solos expostos e áreas de plantios. Este último é intensificado em detrimento das áreas de pousio, preparação das terras para o plantio no final do segundo semestre ou ciclo inicial de plantio (Figura 1.8).

Figura 1.8 - Processo inicial de plantação de soja em meados de dezembro, segundo semestre do ano de 2020, no município de Matões (MA)

Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

Gráfico 1.3 - Variação percentual de área por Índice de Vegetação por Diferença Normalizada em relação ao território do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro dos anos de 2007 e 2020



Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

Durante o período temporal analisado observou-se que a diminuição das classes 2 e 5 pode estar associada à fragmentação da paisagem, pois esta pode levar à ocorrência de perda de massa e densidade da cobertura vegetal. Percebe-se que a fragmentação foi maior na parte centro-norte que a parte sul do bioma, como indicado nas Figuras 1.6 e 1.7. Ao contrário, os índices maiores da classe 5 na parte sul foi apontado, sobretudo, nas margens de rios, ou seja, na mata ciliar.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No que pese a aplicação de ferramentas e índices para avaliar o grau de cobertura vegetal de superfícies terrestres, o Sensoriamento Remoto apresenta-se como peça indispensável para aquisição de dados e processamentos, com auxílio de SIGs cada vez mais aprimorados que permitem elaborar produtos cartográficos com maior nível de detalhamento.

Neste contexto, insere-se o NDVI como índice de vegetação mais utilizado para atribuir valores da densidade de vegetação em unidades territoriais, sendo possível por meio de imagens de satélites e sensores remotos. Desta forma, a partir do uso deste método de análise do comportamento de cobertura vegetal para o Bioma Cerrado e Sistema Costeiro do Estado do Maranhão foi possível compreender a ocorrência de áreas mais densas, ou mais fragmentas do setor de estudo, e, sobretudo, associar com as principais tipologias de pressões de usos, assim como a atuação de agentes ambientais (fatores climáticos).

Os anos aferidos para avaliar os dados de NDVI, 2007 e 2020 mostraram que o resultado do índice oscilou entre -1 a 1. O ano de 2020 apresentou maior valor em relação a 2007 para as classes 1, 3 e 4, entretanto, em 2007, o índice de vegetação da classe 5 foi maior em relação ao outro ano de análise, em virtude da ocorrência de chuvas abaixo da média histórica registrada, que pode ter interferido na vigorosidade das folhas e posteriormente na reflectância da resposta espectral, além do alto número de focos de queimadas registrados nesse respectivo ano que causou perda de vegetação por determinado período.

As regiões localizadas no setor Centro-Sul da área de estudo configuraram-se como a área que possui menor densidade de vegetação para os dois anos analisados. Já as porções Norte e Leste caracterizam-se como as de maior índice, porém encontram-se áreas muito fragmentadas.

Conclui-se que o uso e aplicação do NDVI constitui importante instrumento para auxiliar em projetos de planejamento territorial e ambiental, mediante a verificação de áreas com maior ou menor cobertura vegetal, para propor as melhores medidas de formas de usos nessas localidades, assim como propor medidas de segurança e resiliência, por meio da criação de corredores ecológicos entre unidades da paisagem fragmenta.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, Aziz. **Os domínios da natureza no Brasil:** potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2012.

BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. **Agricultura de precisão:** resultados de um novo olhar. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 596 p.

COUTINHO, L. M. O conceito do cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 1, p. 17-23, 1978.

COUTINHO, L. M. O bioma do cerrado. In: KLEIN, A. L. (ed.). **Eugene Warning e o cerrado brasileiro**: um século depois. São Paulo: UNESP, imprensa oficial do estado, 2002. 77-92 p.

DIAS, L. J. B. S.; CATUNDA, P. H. A. (Orgs.). **Zonificação do território:** etapa Bioma Amazônico. São Luís: IMESC, 2019, p. 142.

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

ROSENDO, Jusarra dos Santos. **Índices de Vegetação e Monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do Rio Araguari – MG – Utilizando dados do sensor MODIS**. Dissertação – Curso de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. 2005. Disponível em: http://ecologia.ib.usp.br/lepac/bie5759/jussara_santos.pdf . Acesso em: 01.set.2021.

HOLBEN, B. N. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**. v. 7, n. 11, p.1417-1434,1986.

LAURENTINO, M. L. S.; SILVA, H. A.; SILVA, J.C. B.; SANTANA, S. H. C.; MORAIS, Y. C. B.; GALVÍNCIO, J. D. Aplicação dos índices de NDVI e EVI como análise da variação fisionômica da vegetação no Brejo de Altitude de Serra Negra-Bezerros/PE-Brasil. **Anais** XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.3182.

LETRAS Ambientais. **Os 15 fatos que você precisa saber sobre uso de NDVI na agricultura**. Alagoas, 2021. Disponível em: https://www.letrasambientais.org.br/posts/os-15-fatos-que-voce-precisa-saber-sobre-uso-de-ndvi-na-agricultura. Acesso em: 01 abr. 2021.

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

SISDAGRO – INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Índice de Vegetação**. Disponível em: http://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/indiceVegetacao. Acesso em:01.set.2021.

ZANZARINI, Fabricio V.; PISSARRA, Teresa C. T. et al. **Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ ETM + com atributos do solo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/CpYNtBsHbBLS6q4K7D5gdjg/?lang=pt&format=pdf . Acesso em: 01.set.2021.

CAPÍTULO 2

Ocorrência de Focos Ativos de Calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Maranhão

1 INTRODUÇÃO 30
2 OBJETIVOS 32
2.1 Objetivo geral 32
2.2 Objetivos específicos 32
3 METODOLOGIA 33
3.1 Dados de focos ativos de calor 33
3.2 Análise de dados da ocorrência focos ativos de calor 33
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 35
4.1 Focos ativos de calor no bioma cerrado e sistema costeiro 35
4.2 Focos ativos de calor por tipos de vegetação 65
4.3 Focos ativos de calor em unidades de conservação 75
4.4 Focos ativos de calor e a legislação 77
4.5 Focos ativos de calor em terras indígenas 82
5 CONCLUSÃO 84
REFERÊNCIAS 85

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Estimador de densidade Kernel, função k normal 34
Figura 2.2 – Ocorrência de foco ativo de calor no município de Riachão – MA 36
Figura 2.3 – Vereda com a presença de buriti em São Félix de Balsas na BR-230 36
Figura 2.4 - Cicatriz de focos queimadas com manejo controlado, no município de Presidente Dutra 37
Figura 2.5 – Queima da biomassa em topo de morro no município de Loreto 37
Figura 2.6 - Incidência de queimadas no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro entre os anos de 2001 a 2020 39
Figura 2.7 - Quantitativos dos focos ativos de calor no Bioma Cerrado entre os anos de 2001 e 2020 40
Figura 2.8 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2001 41
Figura 2.9 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2002 42
Figura 2.10 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2003 43
Figura 2.11 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2004 44
Figura 2.12 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2005 45
Figura 2.13 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2006 46
Figura 2.14 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2006 47
Figura 2.15 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2008 48
Figura 2.16 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2009 49
Figura 2.17 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2010 50
Figura 2.18 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2011 51
Figura 2.19 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2012 52
Figura 2.20 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2013 53
Figura 2.21 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2014 54
Figura 2.22 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2015 55
Figura 2.23 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2016 56
Figura 2.24 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2017 57
Figura 2.25 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2018 58
Figura 2.26 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2019 59
Figura 2.27- Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2020 60
Figura 2.28- Variação dos focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro entre os anos de 2001 e 2005 61
Figura 2.29 - Variação dos focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro entre os anos de 2006 e 2010 62
Figura 2.30 - Variação dos focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro entre os anos de 2011 e 2015 63

Figura 2.31 - Variação dos focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro entre os anos de 2016 e 2020 64

Figura 2.32 – Mapa de tipos de vegetação no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro 66

Figura 2.33 – Variação dos focos ativos de calor em área ecotonal entre os anos de 2001 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro 67

Figura 2.34 – Variação dos focos ativos de calor em áreas de savana entre os anos de 2001 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro 68

Figura 2.35 – Variação dos focos ativos de calor em áreas de savana entre os anos de 2001 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro 69

Figura 2.36 – Variação dos focos ativos de calor em áreas de Floresta Estacional Decidual entre os anos de 2001 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro 70

Figura 2.37 – Variação dos focos ativos de calor em áreas de Floresta Estacional Semideciduais entre os anos de 2001 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro 71

Figura 2.38 – Variação dos focos ativos de calor em áreas de Florestas Ombrófilas Densas entre os anos de 2001 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro 72

Figura 2.39 – Variação dos focos ativos de calor em áreas de Florestas Ombrófilas Abertas entre os anos de 2001 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro 72

Figura 2.40 – Variação dos focos ativos de calor em áreas de Corpos D'água entre os anos de 2001 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro 73

Figura 2.41 – Variação dos focos ativos de calor nos tipos de vegetação entre os anos de 2001 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro 74

Figura 2.42 – Variação dos focos ativos de calor nos tipos de vegetação entre os anos de 2011 e 2021 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro 74

Figura 2.43 – Incidência dos focos ativos de calor em Unidades de Conservação entre os anos de 2001 e 2010 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro 76

Figura 2.44 – Incidência dos focos ativos de calor em Unidades de Conservação entre os anos de 2011 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro 77

Figura 2.45 - Aceiro nas margens da BR-230 no município de Riachão 79

Figura 2.46 - Aceiro na margem da BR-010 no município de Carolina 80

Figura 2.47 – Faixas de leiras em propriedade nas margens da BR-010 em Carolina 81

Figura 2.48 – Incidência dos focos ativos de calor em Terras Indígenas entre os anos de 2001 e 2010 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro 83

Figura 2.49 – Incidência dos focos ativos de calor em Terras Indígenas entre os anos de 2011 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro 84

1. INTRODUÇÃO

O Estado do Maranhão, por se encontrar entre os biomas Amazônico, Cerrado e Sistema Costeiro, possui características transicionais marcantes – principalmente no que se refere aos tipos vegetacionais – e características das pressões de uso do território, que influenciam de forma direta na dinâmica e espacialização dos focos ativos de calor.

Para este levantamento, foi analisada a ocorrência dos focos ativos de calor nos Bioma Cerrado e Sistema Costeiro do estado, caracterizado por ser um domínio antigo, conhecido no Cretáceo (entre 145 milhões e 65 milhões atrás), como pré-cerrado. Após esse período, ocorreu o soerguimento do Planalto Central, juntamente com uma alteração gradativa de características climáticas, passando de um período seco, para um período mais úmido, alteração que acabou favorecendo uma maior diversificação da flora e da fauna do ambiente (ALMEIDA, 2015).

Os primeiros estudos sobre o Cerrado Brasileiro ocorreram em meados do século XIX, por meio de expedições organizadas para o Brasil por cientistas europeus, com a finalidade de identificar e estudar as fisionomias da vegetação local. Por meio desses estudos e com os demais realizados com o passar do tempo, foi possível a identificação de fatores importantes para a formação da composição heterogênea que o caracteriza (BARROS, 2021). Essa heterogeneidade nas formações de Cerrado também vem sendo abordada em avaliações realizadas desde trabalhos pioneiros e vem sendo aprimorada conforme o passar do tempo e avanço da tecnologia, facilitando as análises.

O Maranhão também está inserido nesse contexto de grande heterogeneidade nas formações de Cerrado, processo no qual é possibilitado pelo fato de o Estado se encontrar inserido em uma região ecotonal, com ocorrência de manchas de Caatinga na sua porção leste, vegetação amazônica na região oeste e campos inundáveis na região central, além das restingas e manguezais (IBGE ,1984).

Dentre os fatores que cooperam para a ocorrência de diferentes tipos de formações ocorrentes no Cerrado estão os seus diferentes tipos de solo, sua hidrografia, topologia, além da ocorrência do fogo. Mediante isso, Barcelos (2001) aponta muitas práticas que modificam o equilíbrio no Cerrado, as quais se incluem as práticas antrópicas relacionadas ao fogo.

Entende-se o fogo como uma perturbação natural em muitos ecossistemas do planeta, dentre estes as savanas africanas, florestas esclerofilas, o cerrado brasileiro e ecossistemas mediterrâneos (FROST, 1996; PAUSAS et al., 2004; SIMON; PENNINGTON, 2012). A ocorrência do fogo é importante para determinar a fisionomia e a estrutura da vegetação local, além de influenciar fortemente a diversidade dos ecossistemas, uma vez que é capaz de influenciar a fenologia, densidade, abundância, morfologia vegetal e distribuição das populações de plantas locais (WILLIAMS, 1997; DROBYSHEV et al., 2008; BARROS, 2021).

Com isso, o fogo se torna um fenômeno importante para estimular a floração e frutificação, além de possibilitar a aceleração do ciclo fenológico, deslocando a data de início destes processos (WROBLESKI; KAUFFMAN, 2003; PARITSIS et al., 2006), ao passo que a vegetação do cerrado é constituída por dois estratos: arbóreo/arbustivo, com feições de caráter lenhoso e o estrato herbáceo/subarbustivo, composto por gramíneas, além de outras ervas e pequenos subarbustos (COUTINHO, 1990).

Um agravante importante a se notar é que, atualmente, as muitas mudanças no regime natural de fogo induzidas principalmente por atividades humanas é uma das ameaças mais significativas para o Cerrado (DURIGAN et al., 2007). As condições climáticas entre um ano e outro podem contribuir para fortes alterações no regime das queimadas, o que pode aumentar o risco e a frequência de incêndios extremos.

A ocorrência de incidentes descontrolados envolvendo o fogo pode resultar em alterações na fisionomia da vegetação, uma vez que são capazes de alterar o equilíbrio entre a cobertura de gramíneas e árvores dentro do sistema; acarretando alterações na composição de espécies, selecionando positivamente as espécies piro-tolerantes e alterações na produtividade primária anual do ambiente. Isto ocorre por conta da alta resiliência pós-fogo da vegetação lenhosa e herbácea, devido à mortalidade de árvores baixas e às altas taxas de rebrotamento de árvores (HOFFMANN et al., 1999; MOREIRA, 2000). Ainda é possível notar que com a ocorrência de queimadas também pode haver diferentes danos às árvores do bioma, partindo desde o murchamento e a queda das folhas das copas, causando inclusive a morte total de ramos e troncos. Desta forma, os altos índices de queimadas podem reduzir a manutenção e a renovação da vegetação local (BARCELLOS, 2001).

Mesmo com os agravantes, as queimadas ainda são bastante comuns no Maranhão e no mundo, sendo necessário o monitoramento para auxílio na prevenção e mitigação das queimas, além de fomentar estudos relacionados ao mapeamento das ocorrências de focos de queimadas através de uma linha do tempo, possibilitando uma análise holística da paisagem no território, avaliando os impactos positivos e negativos através de técnicas sensoriamento remoto, ferramenta importante no auxílio destes estudos.

Liu (2006) caracteriza o Sensoriamento Remoto como a busca e coleta de informações de um objeto sem o contato direto, utilizando de sensores acoplados em satélites em órbita, que registram a energia eletromagnética emitida da superfície terrestre. Os componentes da superfície terrestre como vegetação, água e solo possuem características espectrais únicas de cada elemento, uma vez que absorvem e refletem energia eletromagnética em uma frequência, velocidade e comprimento de onda específico de cada objeto de acordo com sua composição química, física e biológica (FLORENZANO, 2011; CARVALHO, 2019).

Diversas aplicações podem ser estudadas por meio de técnicas envolvendo o Sensoriamento Remoto. Dentre estas técnicas, podem ser destacadas, por exemplo, as relacionadas a dados de uso e cobertura do solo e características ligadas à vegetação de determinado local, avaliando alterações no uso e na cobertura das terras e das ocorrências de queimadas em determinados locais (QUARTAROLI et al., 2006; RODRIGUES et al., 2015; SHIRATSUCHI et al., 2014).

Desta forma, a utilização de imagens e técnicas relacionados ao sensoriamento remoto vem se tornando cada vez mais crescente, principalmente em ações de planejamento e tomadas de decisão rápida. Dado ao aprimoramento das técnicas de sensoriamento é possível melhorar as análises dos dados, de forma mais rápida, facilitando a obtenção de resultados, além de torná-los mais confiáveis (BARROS, 2021).

Sendo assim, o conhecimento do regime de ocorrências de fogo, através da utilização de operações de sensoriamento remoto, além de ajudar a determinar os efeitos das queimadas na estrutura, composição de espécies e função do ecossistema (DURIGAN & RATTER, 2016), são um importante instrumento de planejamento territorial que auxiliam órgãos gestores no melhor manejo, proteção e preservação de áreas protegidas.

Este trabalho propõe assim caracterizar a dinâmica espaço-temporal de queimadas e as áreas com maior incidência de queimadas de 2001 a 2020, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, por meio do seu Banco de Dados de Queimadas, por meio das utilizando ferramentas de densidade de kernel do software Arcgis.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Analisar e caracterizar a dinâmica espaço-temporal de áreas com maior ocorrência de queimadas no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro, por meio de técnicas de sensoriamento remoto para identificar áreas de maior incidência regional de queimadas, chamados de “Hotspots” (pontos quentes), no intervalo de 2001 a 2020, com o intuito de dar suporte para o planejamento e ordenamento territorial e com vistas à recuperação ambiental.

2.2. Objetivos Específicos

a) Comparar as séries históricas de dados do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro, identificando os anos com maiores e menores incidências de queimadas nesses biomas;

b) Apresentar aos tomadores de decisões estaduais áreas com maior criticidade regional e que carecem de proteção à biodiversidade remanescente, visando à recuperação de corredores ecológicos, os efeitos de bordas nas localidades mais afetadas pelo uso indiscriminado do fogo tanto pela alta frequência como pelo tipo de vegetação mais atingida.

3. METODOLOGIA

3.1. Dados de focos de focos ativos de calor

Para a aferição dos índices e quantitativos de focos de calor, serão adotados os dados e informações oficiais presentes do "Programa Queimadas", desenvolvido e mantido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A aquisição da base de dados georreferenciada apresenta a distribuição espacial destes eventos, que compreendem o período de 2001 a 2020, e está disponível em formato *shapefile.* Também buscou-se dados em formatos de planilhas, indicando os quantitativos dos mesmos eventos no período estudado.

> Um foco indica a existência de fogo em um elemento de resolução da imagem (píxel), que indica de 375 m x 375 m até 5 km x 4 km, dependendo do satélite. Neste píxel pode haver uma ou várias queimadas distintas que a indicação será de um único foco. E se uma queimada for muito extensa, ela será detectada em alguns píxeis vizinhos, ou seja, vários focos estarão associados a uma única grande queimada (INPE, 2019).

3.2 Análises de dados da ocorrência de focos ativos de calor

Na língua inglesa, a palavra Kernel significa "núcleo". Já no ramo das Geotecnologias, esse termo faz referência a um método estatístico de estimação de curvas de densidades. Neste método, cada uma das observações leva em consideração a distância em relação a um valor central e o núcleo. Sendo assim, o Mapa de Kernel se torna uma forte ferramenta para análise geográfica do comportamento de padrões. No mapa é plotado, por meio de métodos de interpolação, a intensidade pontual de determinado fenômeno em toda a região de estudo. Assim, temos uma visão geral da intensidade do processo em todas as regiões do mapa, sendo que o valor para a célula é a soma dos valores kernel sobrepostos e divididos pela área de cada raio de pesquisa (SILVERMAN, 1986).

Para espacialização dos dados, será aplicado o determinador de densidade - Função Kernel Density do Arcgis (CÂMARA et al., 2002), definido através da fórmula:

$$\widehat{f_h}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^{n} K\left(\frac{x - Xi}{h}\right)$$

K = função de kernel;

h = raio de busca;

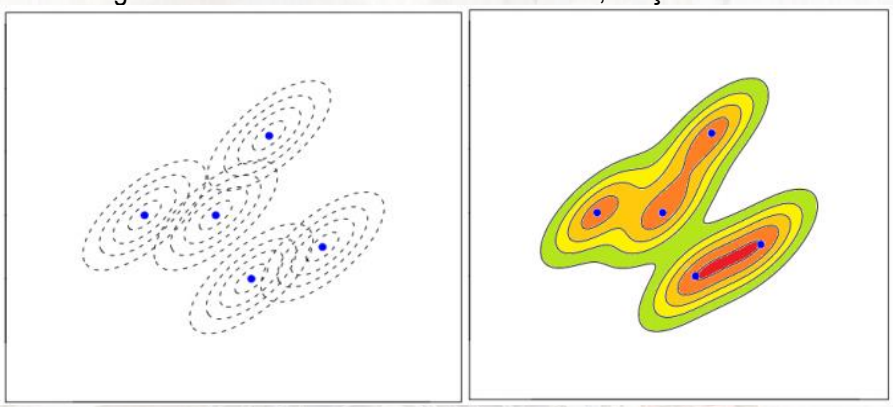
x = posição do centro de cada célula do Raster de saída;

Xi = posição do ponto i proveniente do centroide de cada polígono e

n = número total de ocorrências de desmatamento (centroides)

De posse dessas informações, o determinador de densidade (Kernel) é uma alternativa prática para analisar o comportamento dos padrões de pontos e estimar a densidade pontual do processo calculado para toda região do estudo, apresentando uma visão bidimensional dos eventos, fazendo uma contagem e ponderando a distância de cada ponto dentro da área de interesse (Figura 2.1).

Figura 2.1 - Estimador de densidade Kernel, função k normal



Fonte: Adaptado de Ferreira (2009)

O método utilizado para identificação de queimadas é fundamental para uma análise holística da passagem. O estimador de intensidade nos fornece uma visão geral da distribuição de primeira ordem dos eventos, sendo fundamental para a apontar a distribuição e a ocorrência de concentrações dos eventos de fogo dentro do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro do Estado do Maranhão.

Para a possibilidade de identificação das regiões de concentração e incidência dos focos de queimadas, utilizou-se a classificação em 5 classes, assim denominadas: 1 - muito baixa, 2 - baixa, 3 - moderada, 4 - alta e 5 - muito alta.

Em sequência foi realizado análises das ocorrências de focos ativos de calor por tipo de vegetação, por Unidades de Conservação e Terras Indígenas, dentro dos limites do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro, estas se deram por forma quantitativa, também com dados obtidos através do Banco

de Dados de Queimadas do INPE. No que se refere aos dados de UC's e TI´s, os mesmos foram obtidos juntamente ao Instituto Chico Mendes de Biodiversidade – ICMbio e Fundação Nacional do Índio – FUNAI, bem como as bases de dados produzidas durante o período de pesquisas do ZEE – MA, respectivamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Focos ativos de calor no bioma Cerrado e Sistema Costeiro

As queimadas são retratos de grandes perturbações ambientais, dependendo da frequência e em qual bioma ocorre. No que tange ao Bioma Cerrado e Sistema Costeiro, as queimadas são um componente importante para a manutenção desse ecossistema e podem ocorrer de forma natural ou através da ação antrópica (acidental ou proposital) (GERUDE, 2013). Quando se trata de queimadas naturais no cerrado, há maior probabilidade de resiliência, mas quando se trata de queimadas de ação antrópica sem o manejo adequado e várias queimadas consecutivas em determinada área, tende a diminuir a probabilidade de resiliência destes biomas.

Normalmente, nas regiões do Cerrado a ocorrência do fogo é vista como necessária e de grande relevância para o processo de desenvolvimento das espécies de plantas do bioma e melhor ocorrência de processos ecológicos (germinação, floração etc.) (FIDELIS, 2011). No entanto, a ocorrência de queimadas de forma não supervisionada ou negligenciadas pode acarretar incêndios de grandes proporções, alterações da frequência, intensidade e severidade do fogo sobre a biota local, o que impacta em toda a dinâmica ambiental local (BARROS, 2020).

Na Figura 2.2, no município de Riachão, às margens da BR – 230, é possível observar foco ativo de calor de forma descontrolada e próximo à fiação de rede elétrica, situações como esta podem afetar de forma direta não apenas os cursos naturais, mas também toda a população da região que depende de luz elétrica. Já na Figura 2.3 é possível verificar extensas áreas voltadas para agricultura, e destacado em amarelo as veredas, áreas destinadas para preservação. Na figura 2.4 é possível verificar cicatriz de focos de calor com manejo controlado para abertura de área residencial na BR – 226 no município de Presidente Dutra, em preparação do solo para loteamento. No município de Loreto foi detectada outra realidade, a queima de biomassa nos topos de morro e vales, em vegetação típica do cerrado (Figura 2.5).

Figura 2.2 – Ocorrência de foco ativo de calor no município de Riachão – MA

Fonte: Registros de Pesquisa (2021).

Figura 2.3 – Vereda com a presença de buriti em São Félix de Balsas na BR-230

Fonte: Registros de Pesquisa (2021).

Figura 2.4 - Cicatriz de focos queimadas com manejo controlado, no município de Presidente Dutra

Fonte: Registros de Pesquisa (2021).

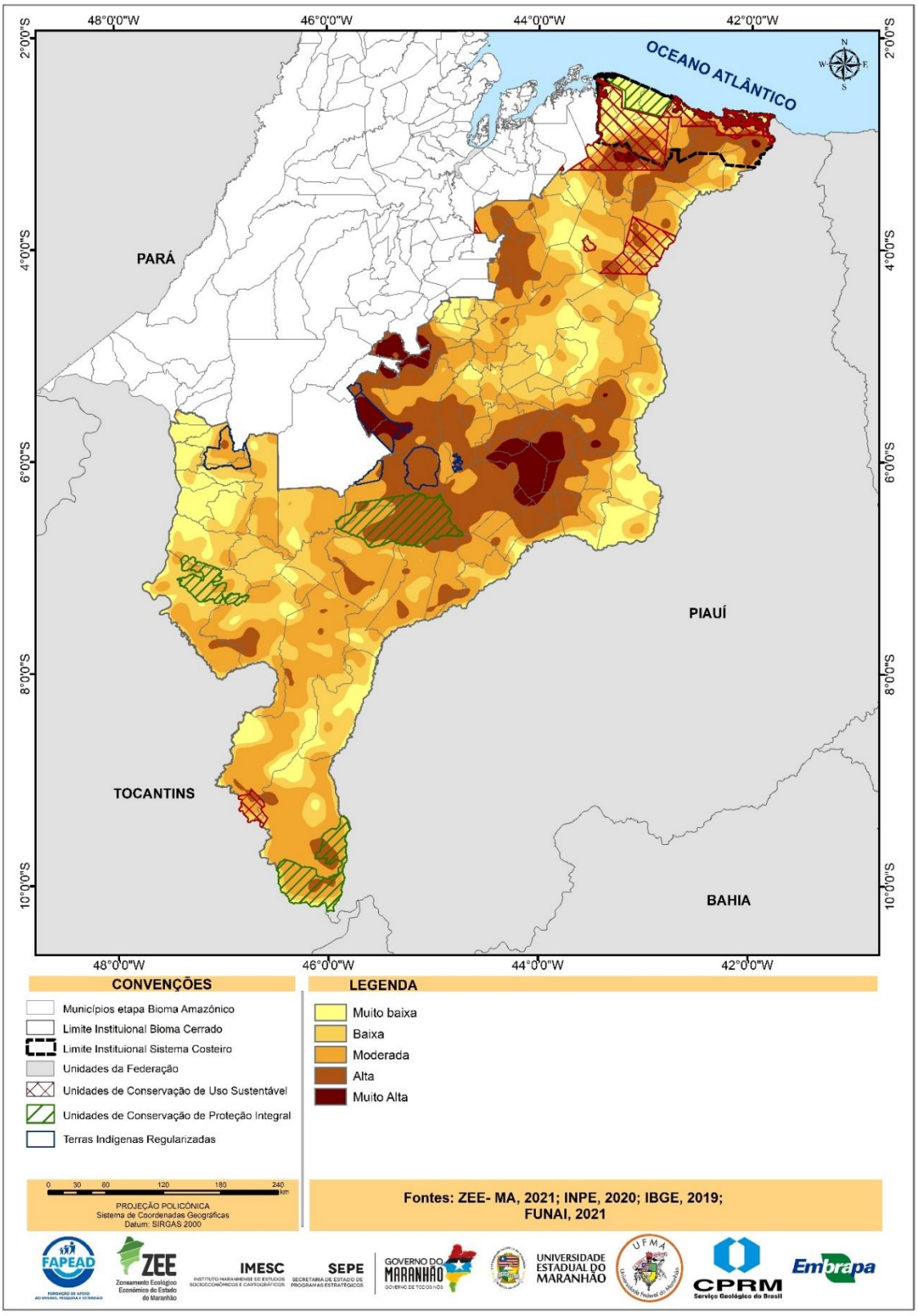
Figura 2.5 – Queima da biomassa em topo de morro no município de Loreto

Fonte: Registros de Pesquisa (2021).

Uma análise temporal e espacializada dos dados de focos de queimadas no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro, entre os anos de 2001 e 2020, é fundamental. Para facilitar a compreensão, neste relatório parcial, foi realizado um mapeamento quinquenal dos focos de queimadas nas localidades que compreendem as áreas em estudo. No centro leste maranhense, nas proximidades das Terras Indígenas, e ao norte, foi verificada maior concentração de foco de queimadas próximo às Unidades de Conservação, conforme apresentado na figura 2.6.

Por meio desta análise, se torna possível observar os “hotspots” de focos de calor, os quais retratam as áreas que possuem maior incidência de queimadas, no período de 20 anos de investigação. Observa-se que essa é uma das áreas mais vulneráveis à queima, sendo necessária a investigação das causas, bem como tomadas de ação para a prevenção e/ou diminuição da ocorrência de focos.

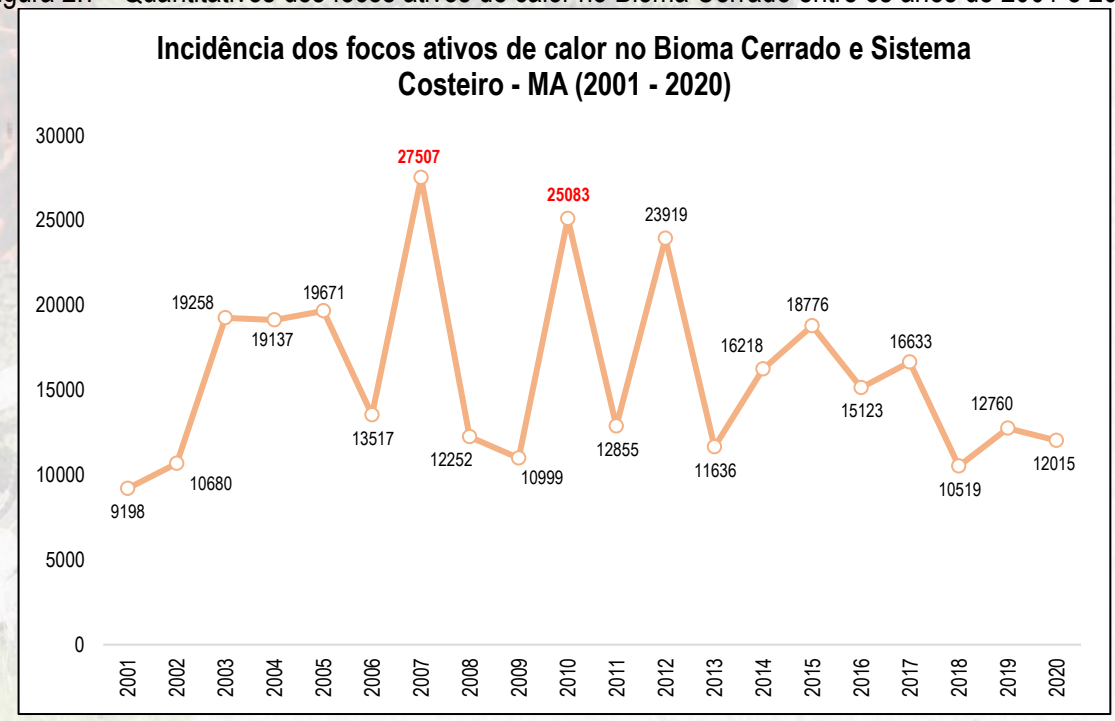
Figura 2.6 - Incidência de queimadas no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro entre os anos de 2001 a 2020



Dando continuidade aos trabalhos de análise das ocorrências dos focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro, nas últimas duas décadas a produção de um banco de dados quantitativo tornou-se necessária, para que se tornasse possível observar as variações nos números de incidências de focos ao longo dos anos. Pode-se notar que o ano de 2001 apresentou o menor valor de ocorrências do período em todos os anos de analisados (9198 focos), com uma gradual crescente até o ano de 2003, que apresentou 19.258 registros. Os ápices de eventos relacionados ao fogo ocorreram nos anos de 2007, com 27.507 e 2010, com o número de 25.083 focos (Figura 2.7).

A década seguinte apresentou um pico da ocorrência de queimadas logo no ano de 2012: 23.919 ocorrências registradas. O ano de 2018 apresentou o menor índice de focos ativos de calor: 10.519. Além disto, na segunda década dos anos 2000 houve uma variação no número de focos detectados, sempre entre 14 mil e 18 mil focos por ano. A análise também se estendeu para ocorrências registradas no bioma costeiro, nos mesmos lapsos temporais anteriormente apresentados. Vale destacar também a espacialização anual e quinquenal dos focos ativos de calor (Figuras 2.8 a 2.31), em que é possível observar anualmente em quais áreas houve maiores incidências de focos ativos de calor nos referidos biomas.

Figura 2.7 - Quantitativos dos focos ativos de calor no Bioma Cerrado entre os anos de 2001 e 2020



Fonte: INPE (2020).

Figura 2.8 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2001

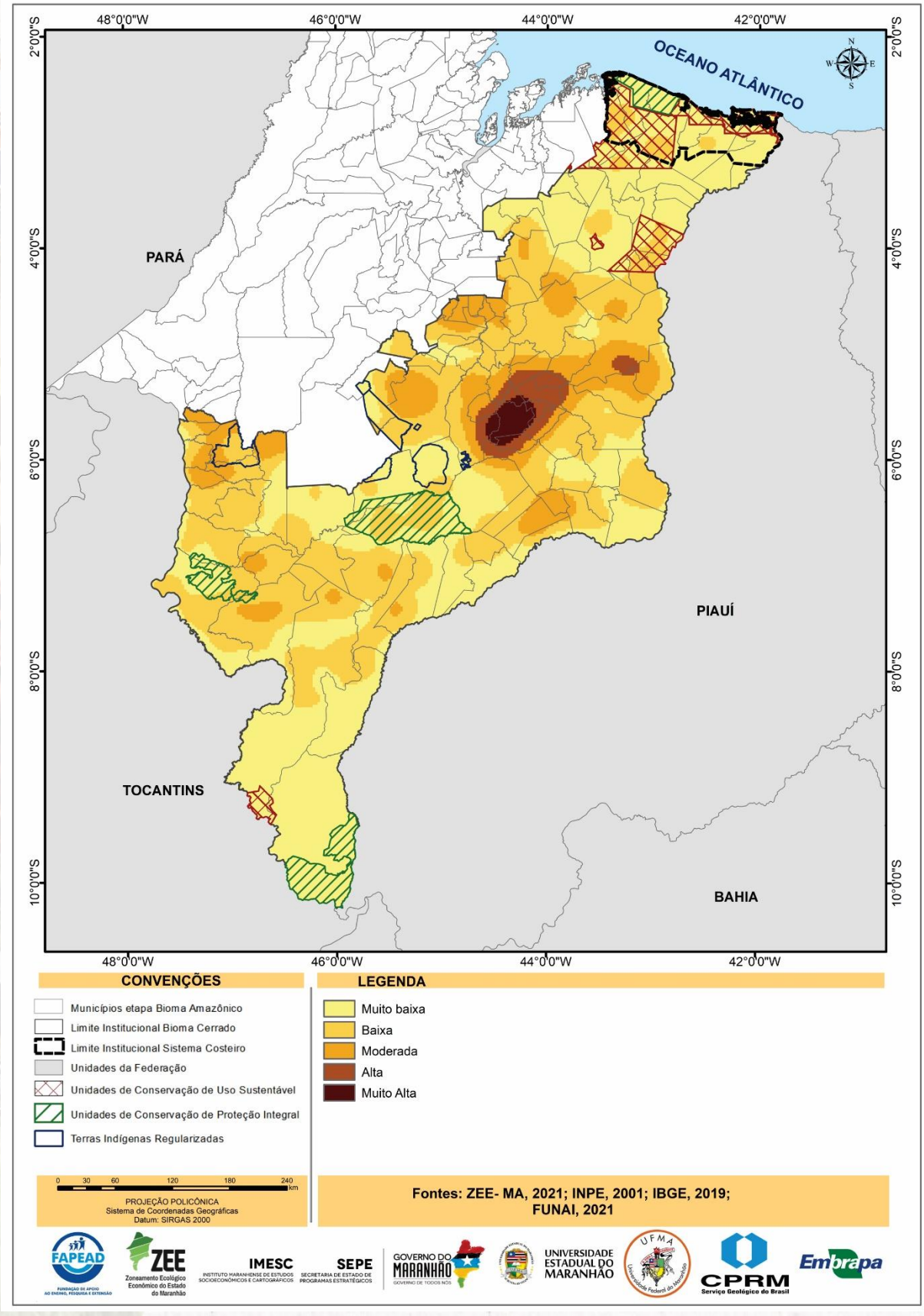


Figura 2.9 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2002

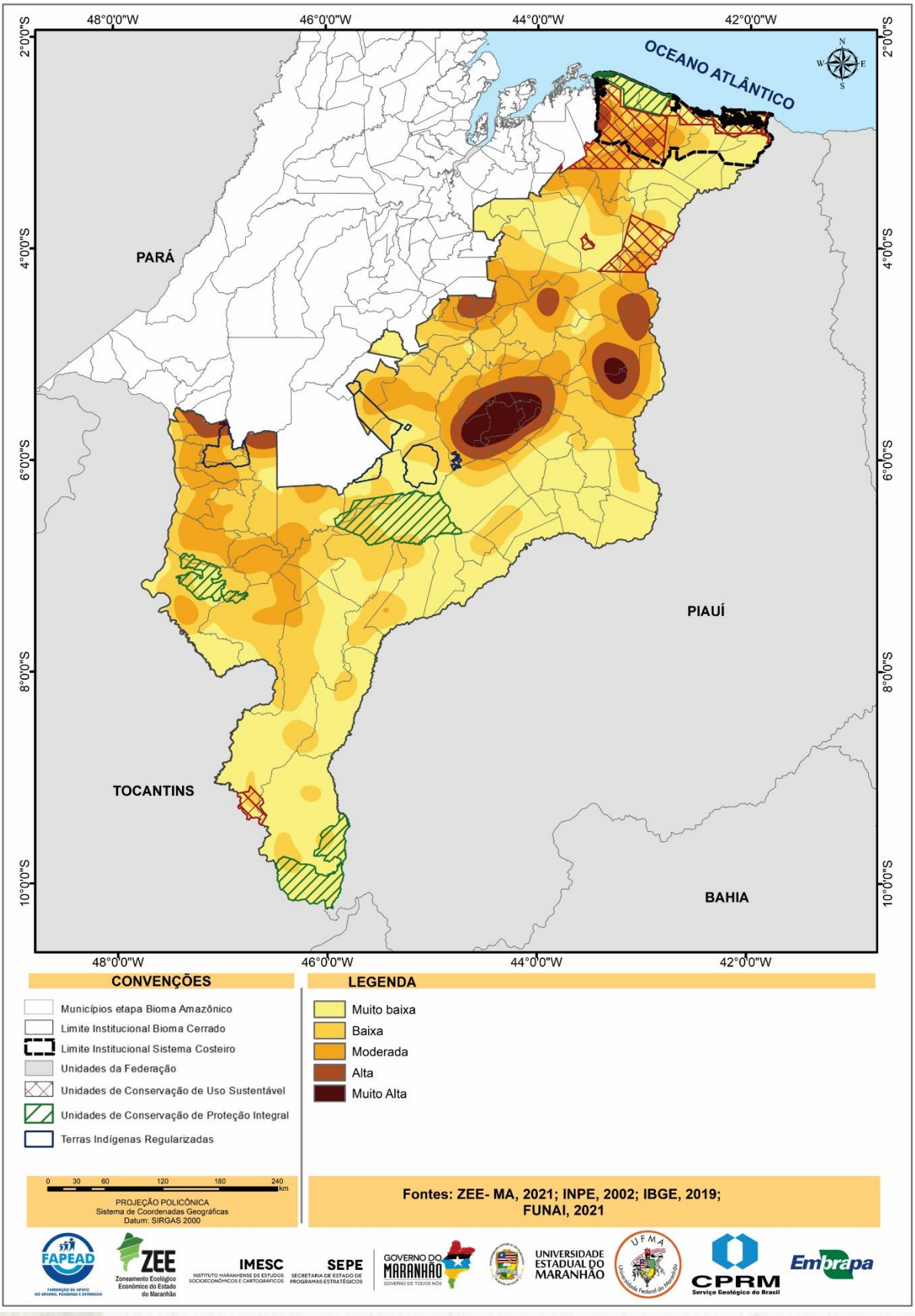


Figura 2.10 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2003

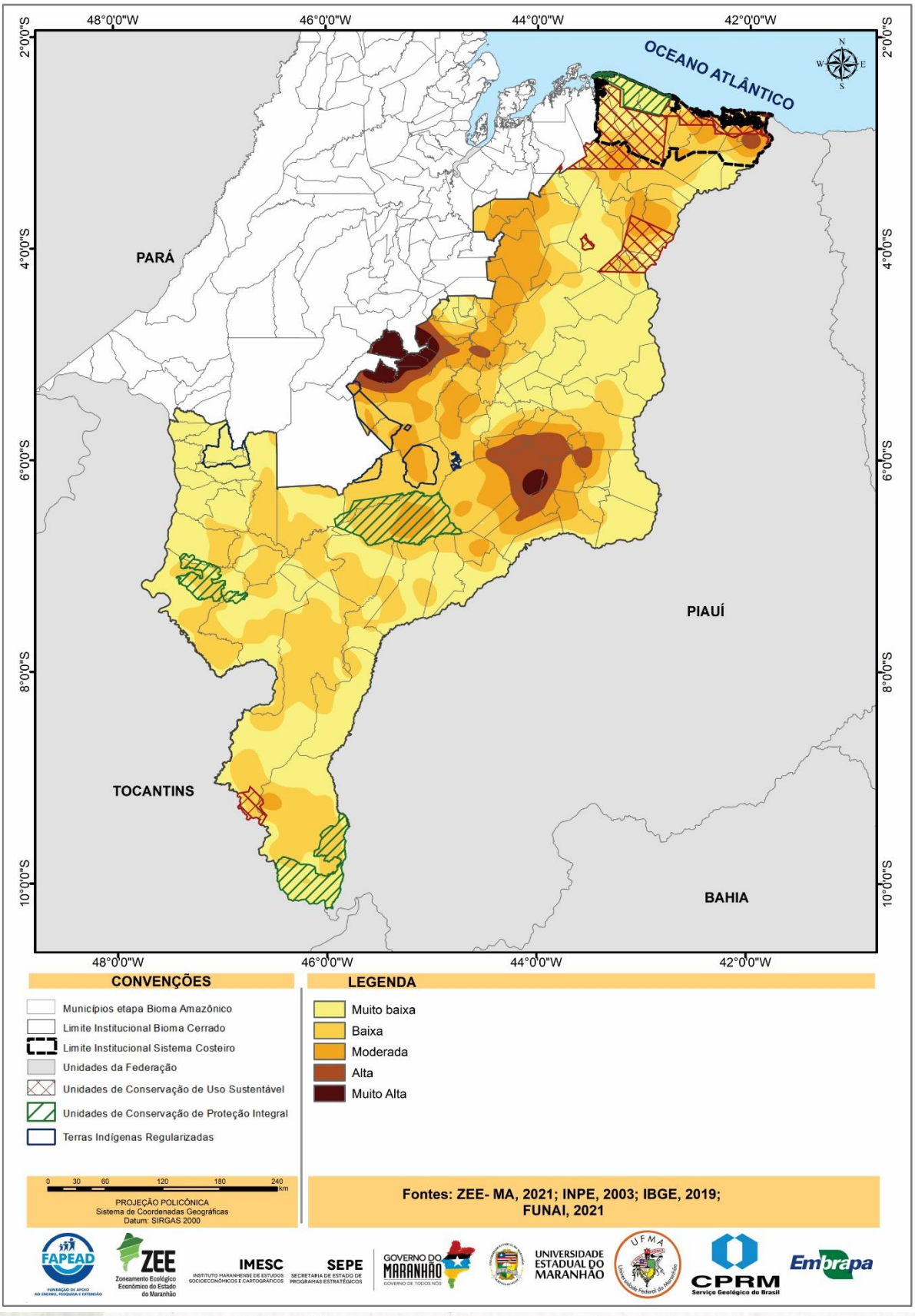


Figura 2.11 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2004

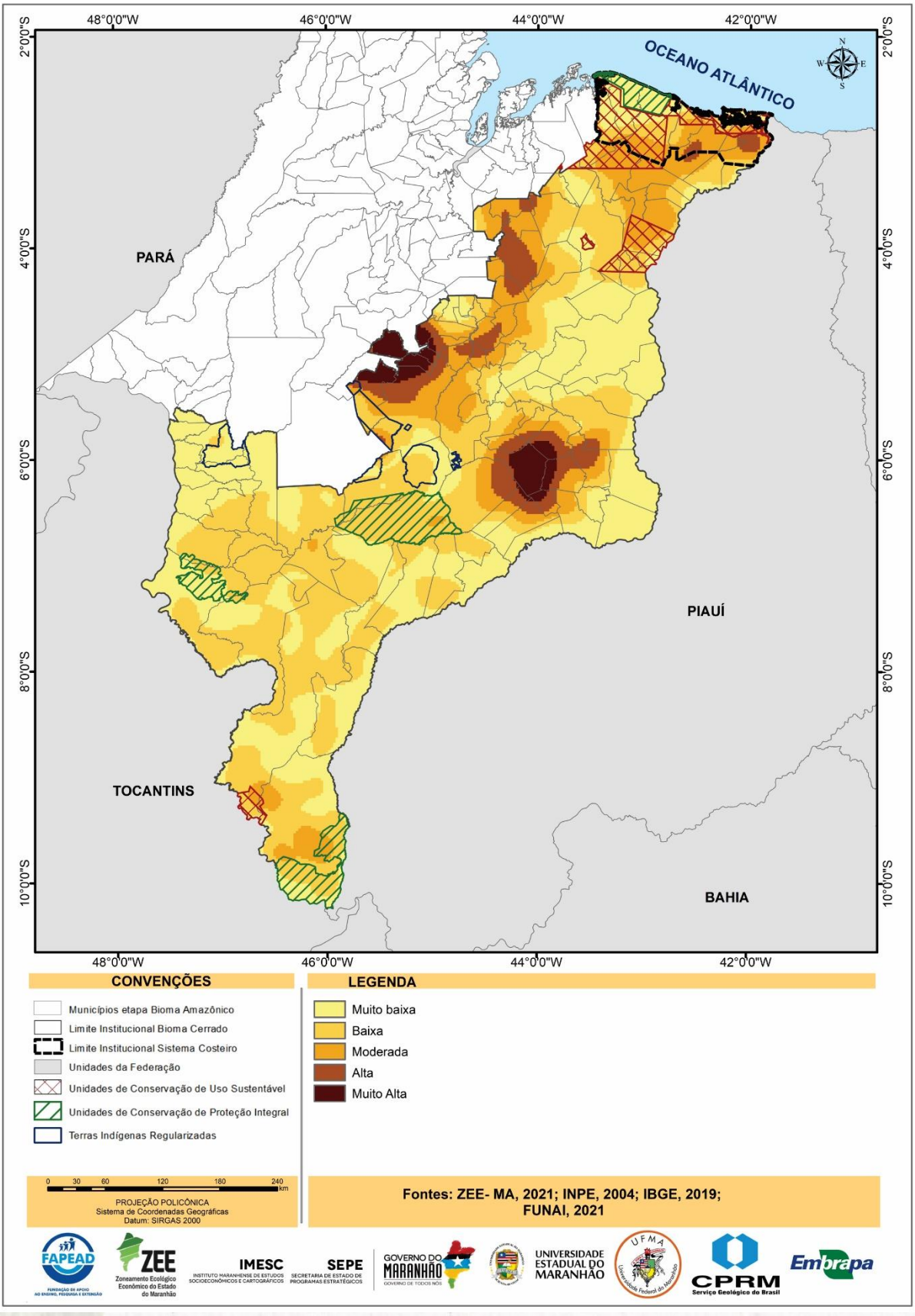


Figura 2.12 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2005

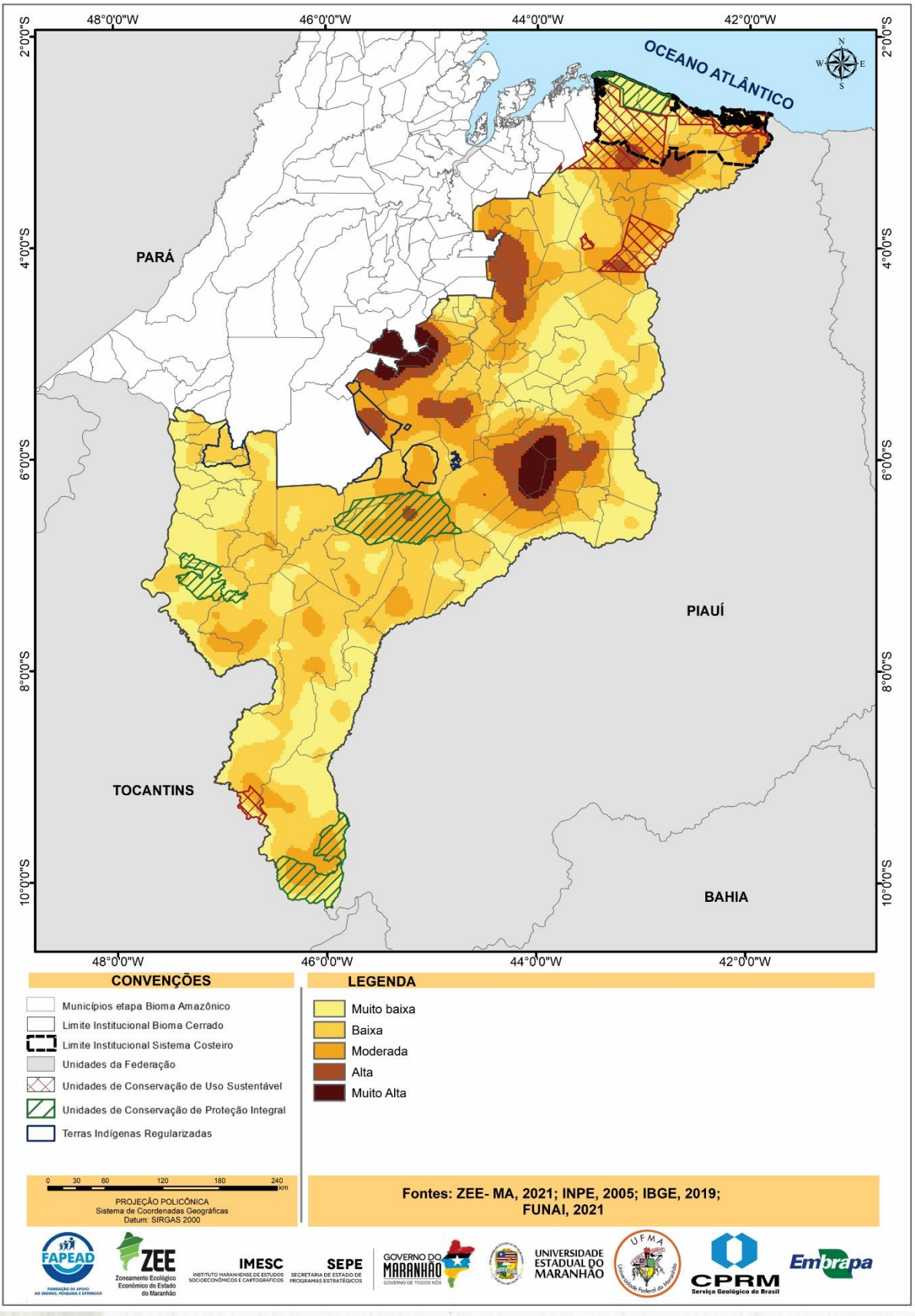


Figura 2.13 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2006

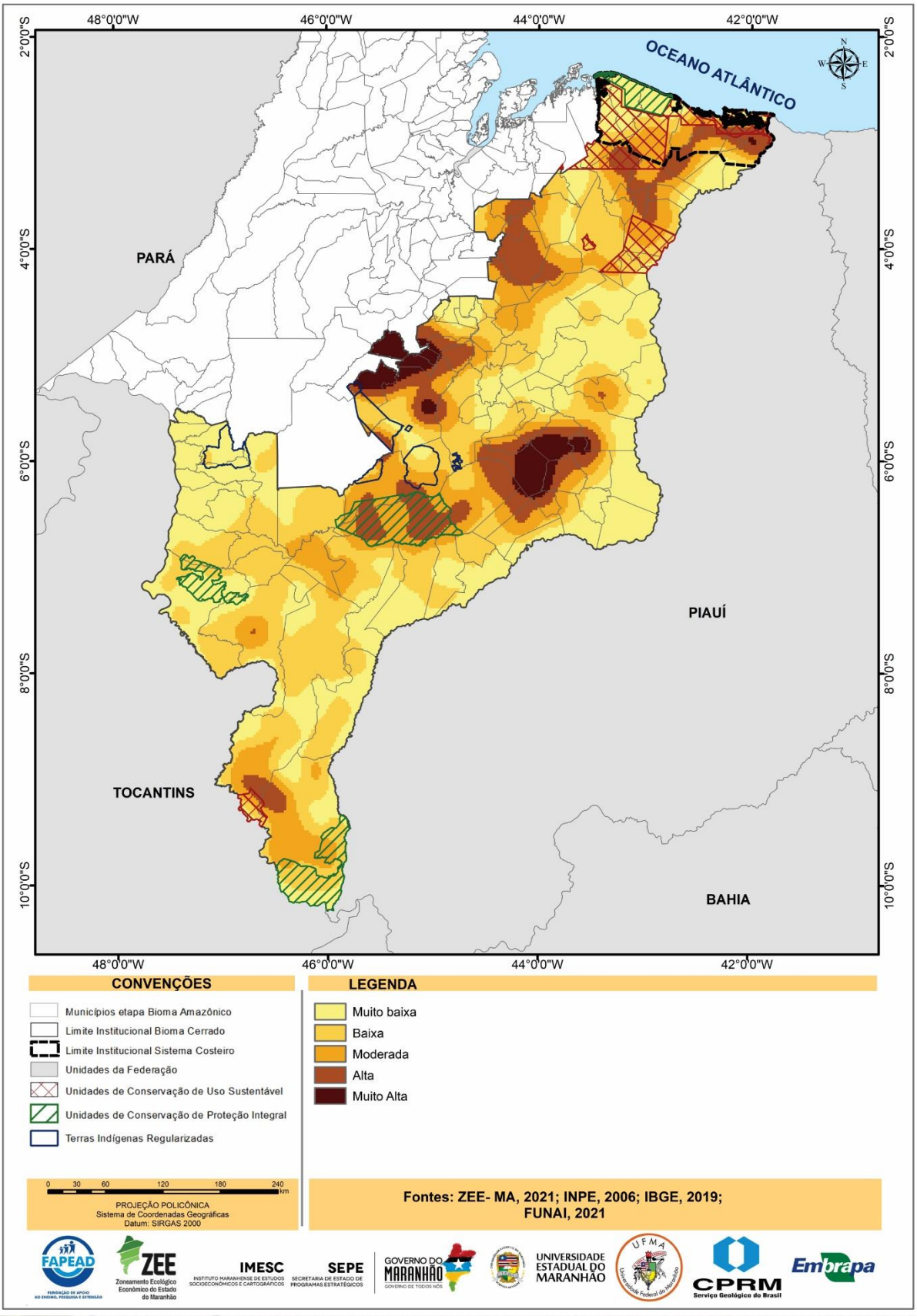


Figura 2.14 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2006

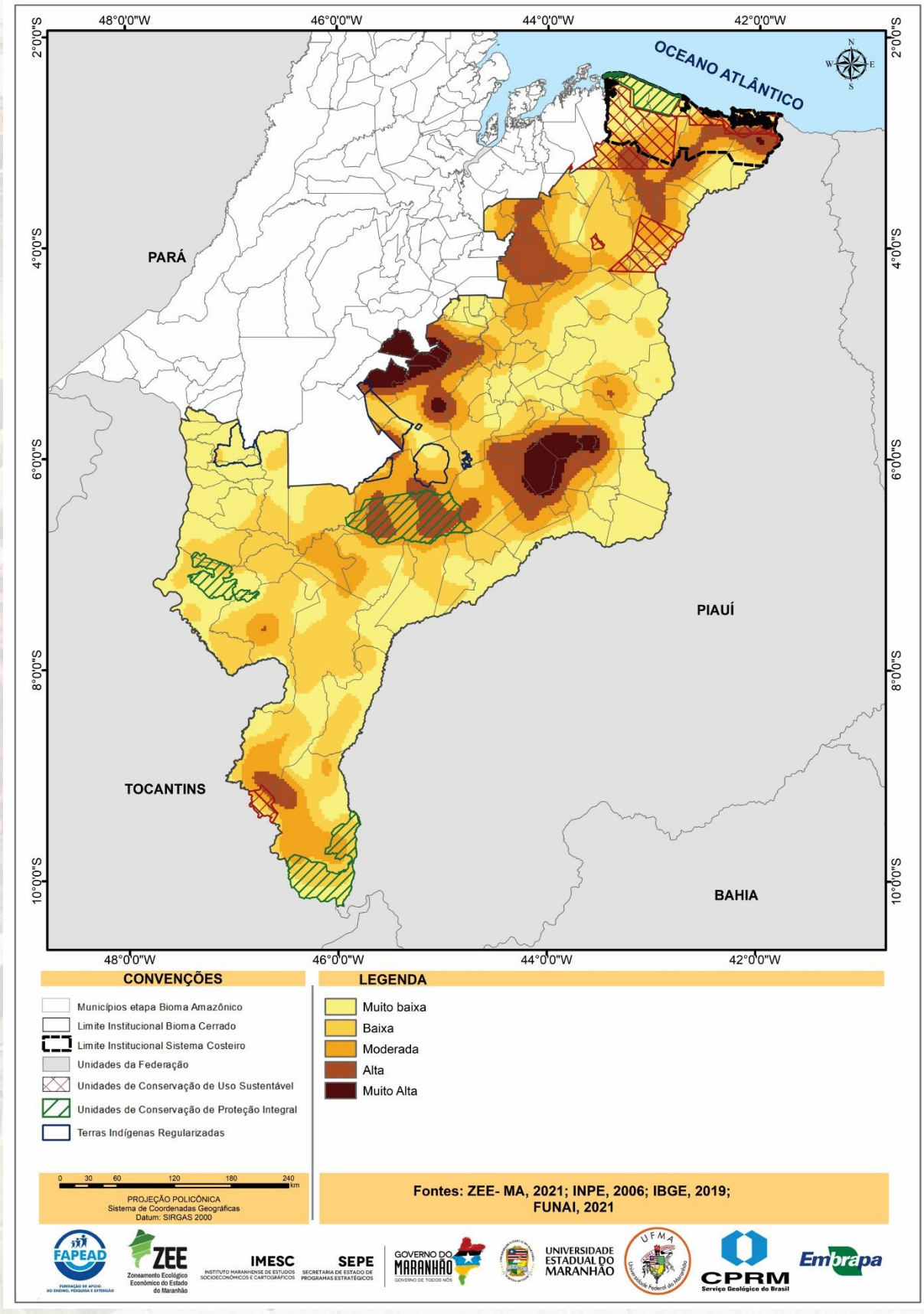


Figura 2.15 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2008

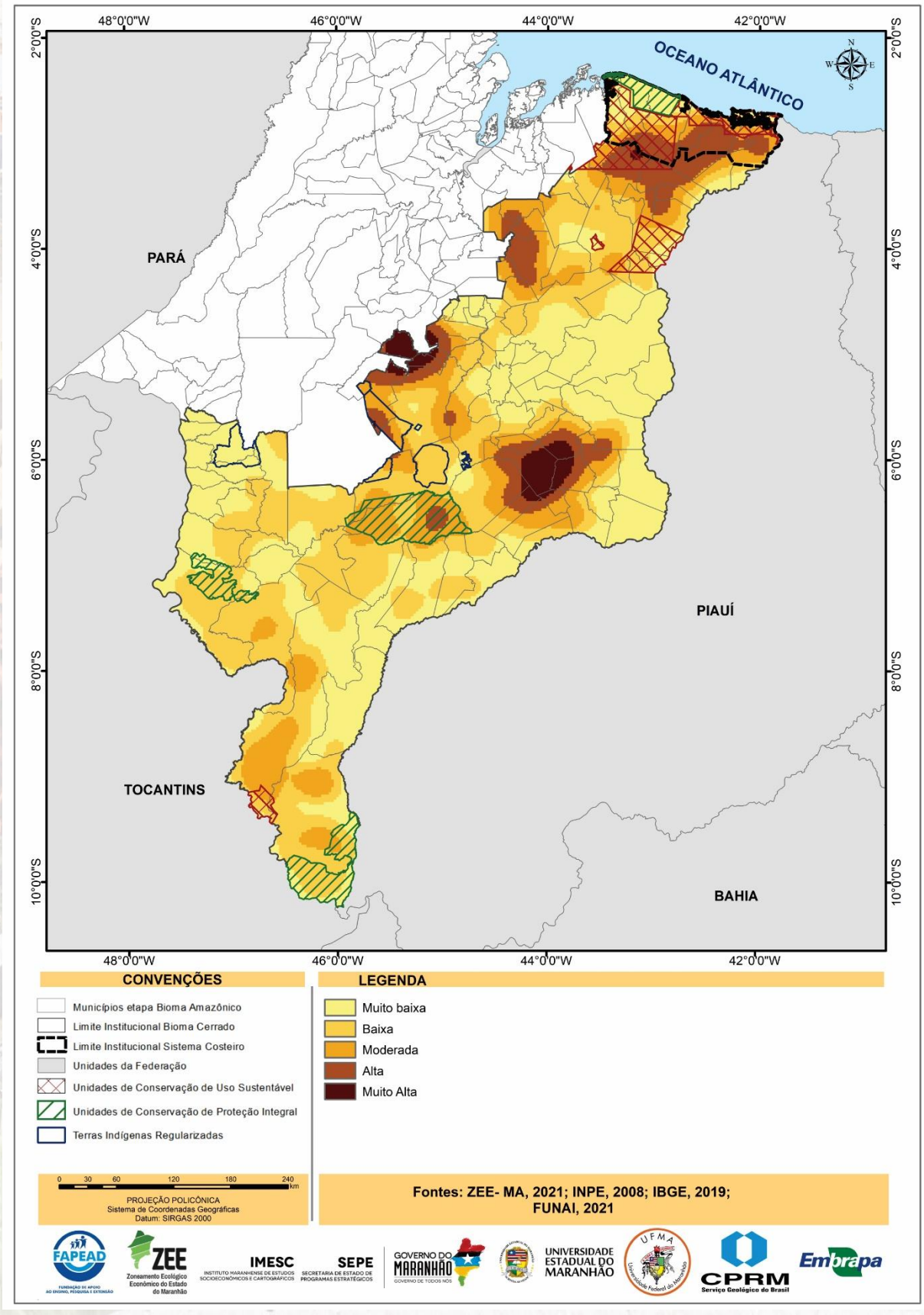


Figura 2.16 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2009

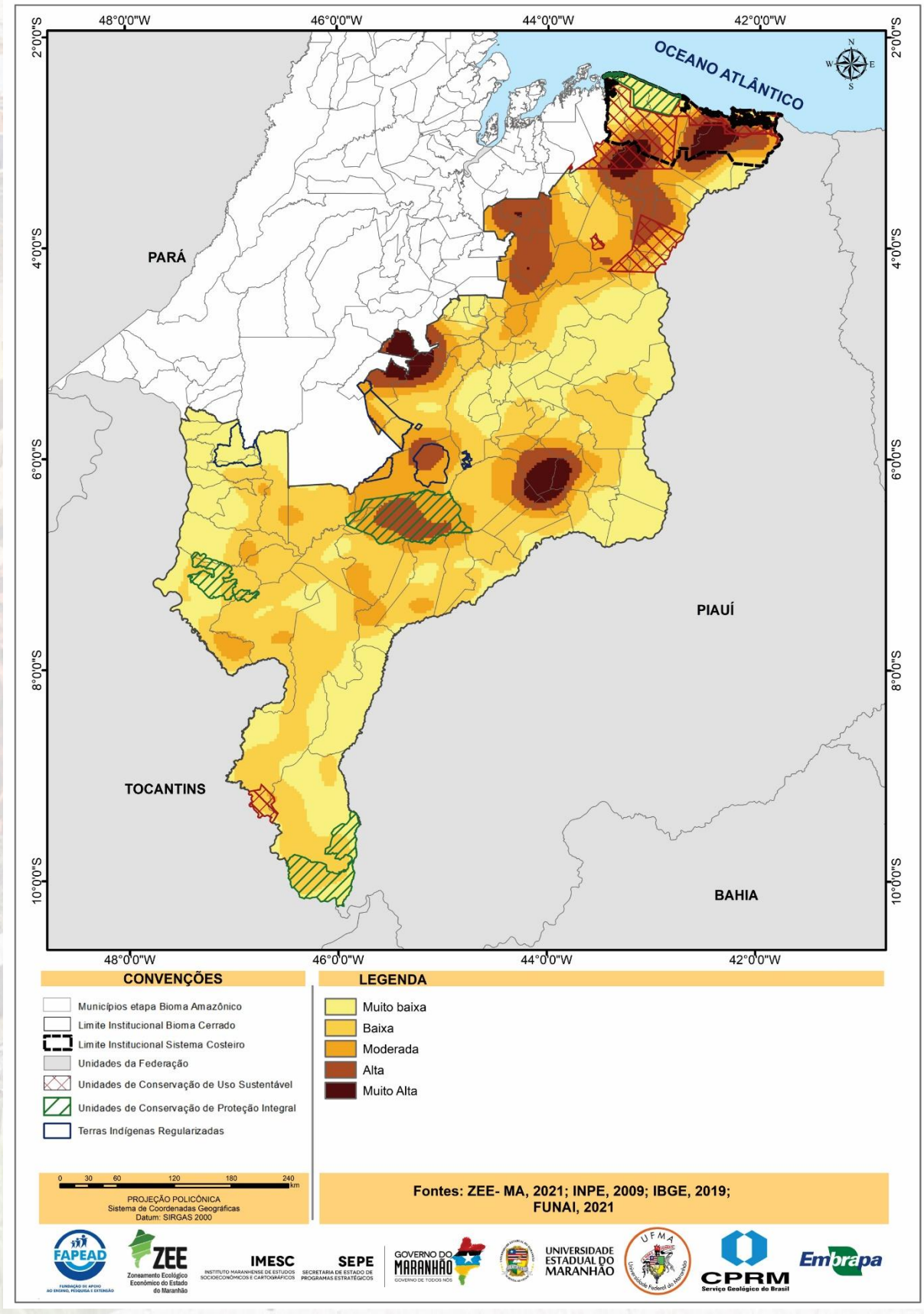


Figura 2.17 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2010

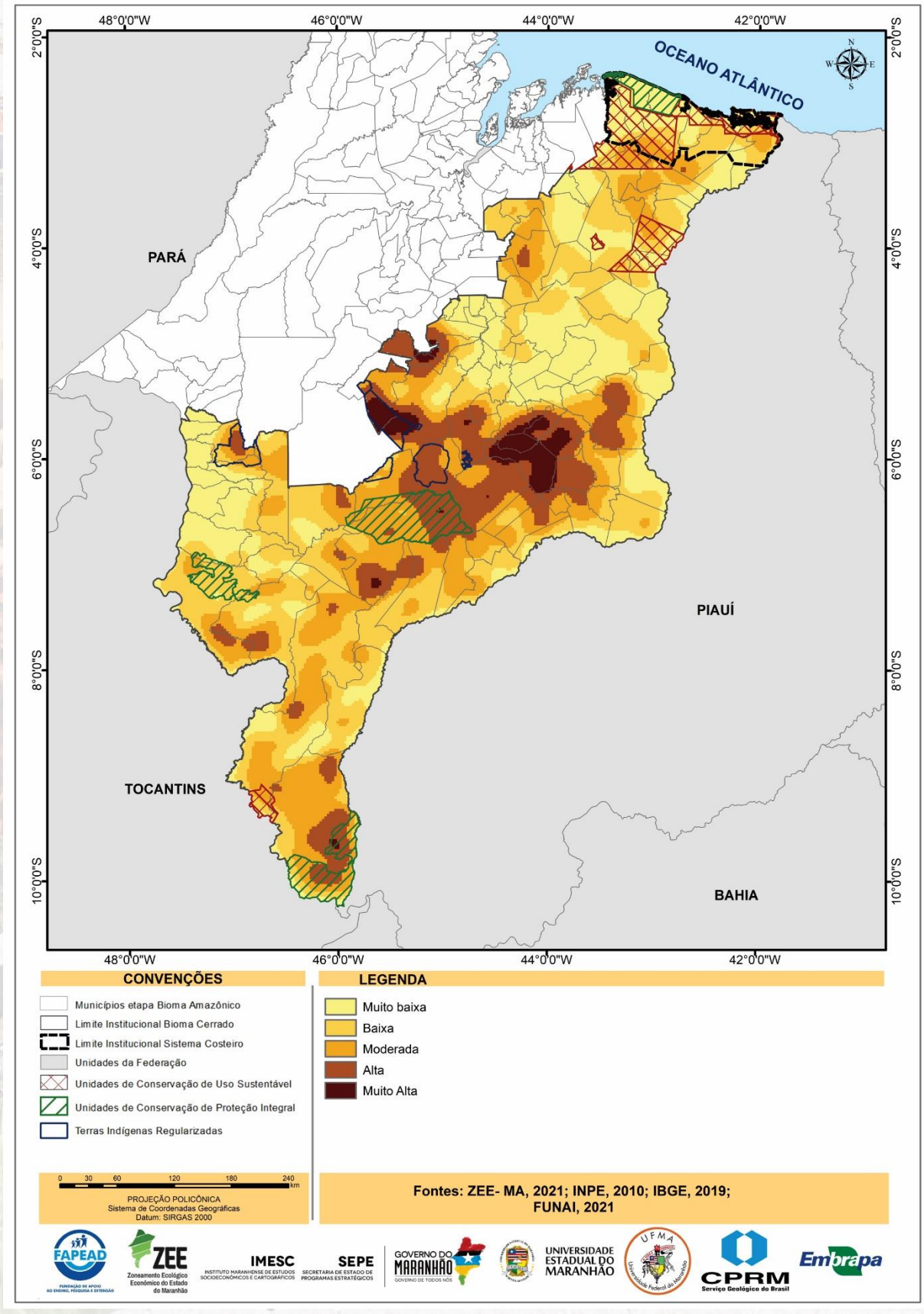


Figura 2.18 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2011

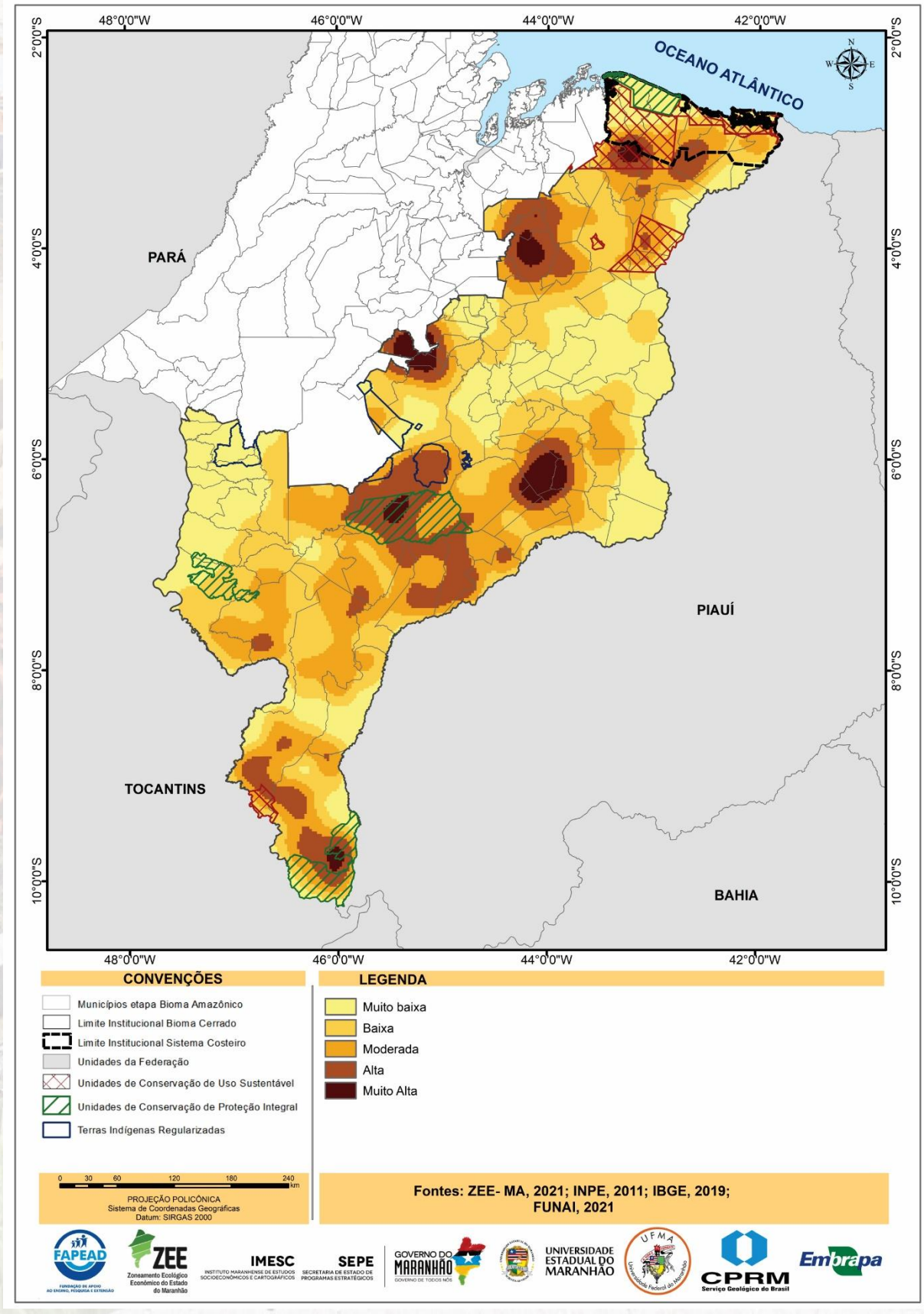


Figura 2.19 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2012

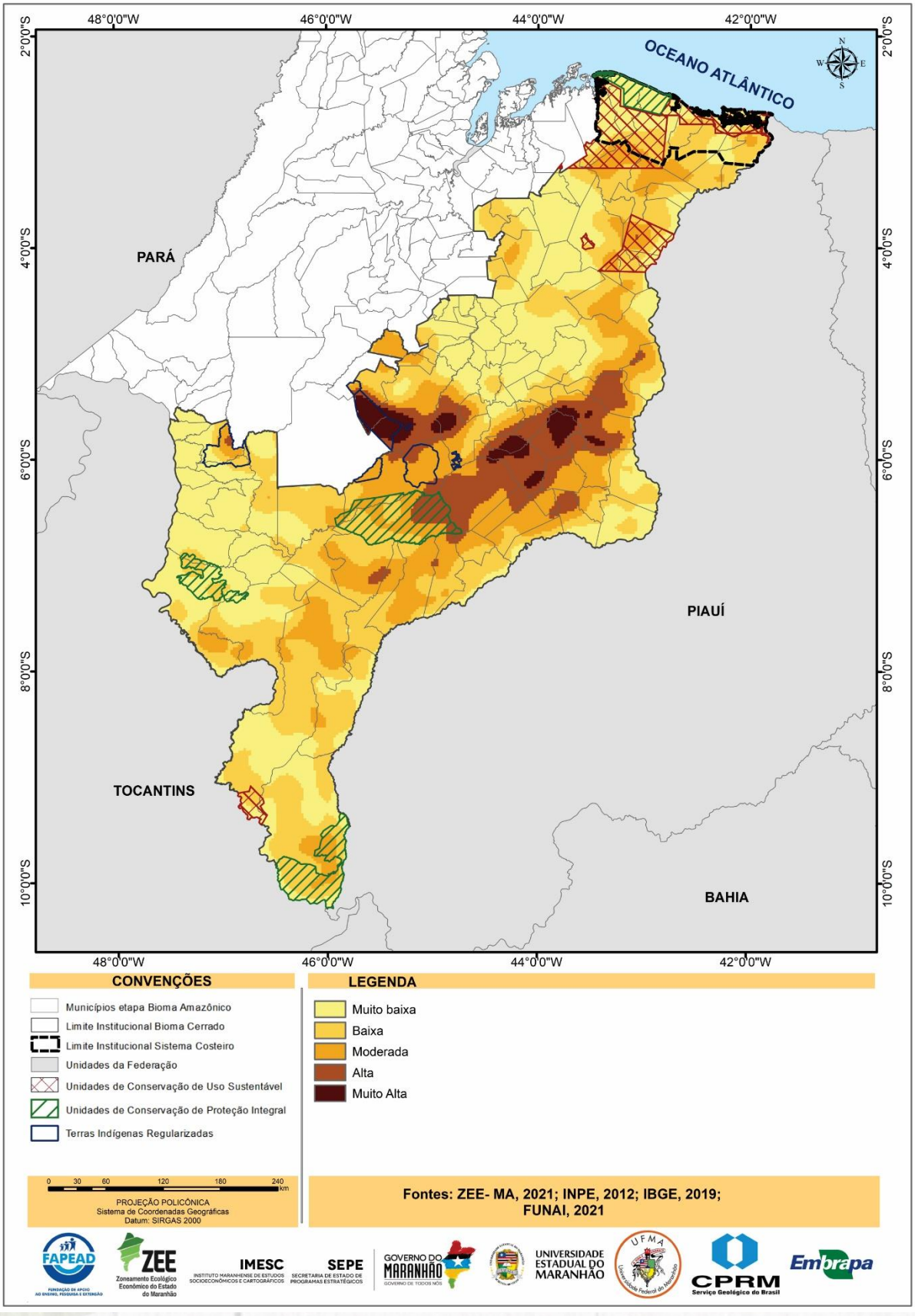


Figura 2.20 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2013

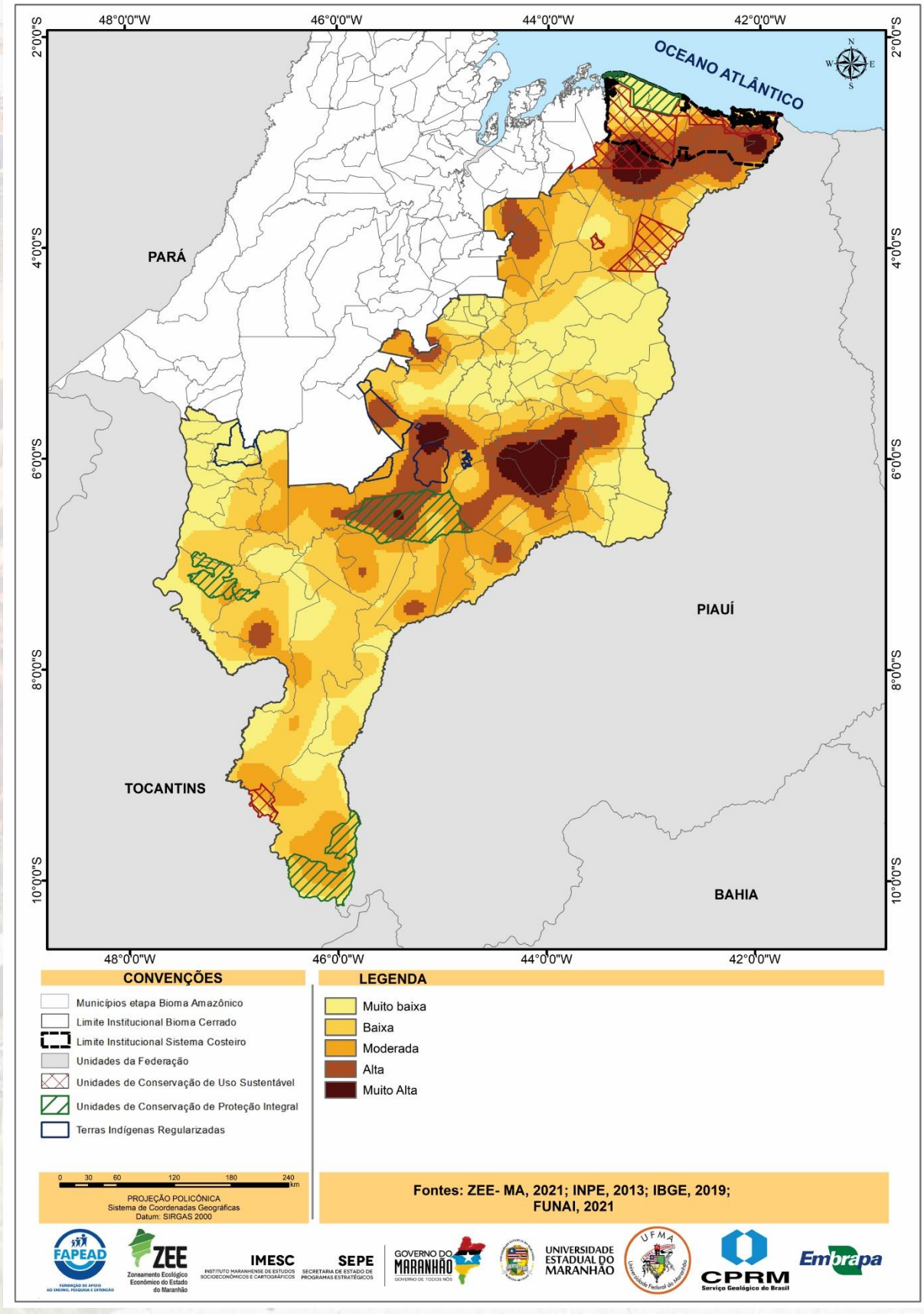


Figura 2.21 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2014

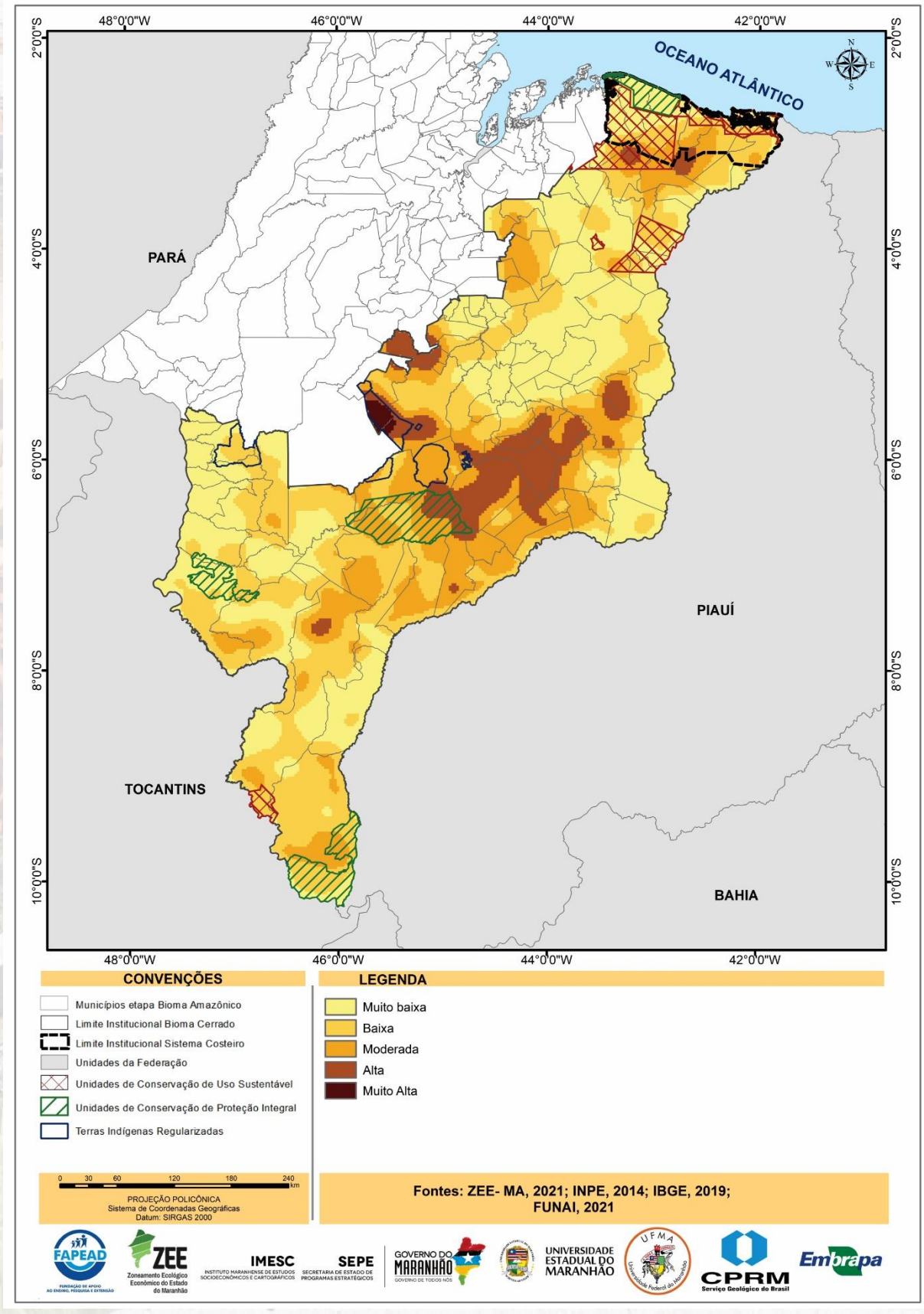


Figura 2.22 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2015

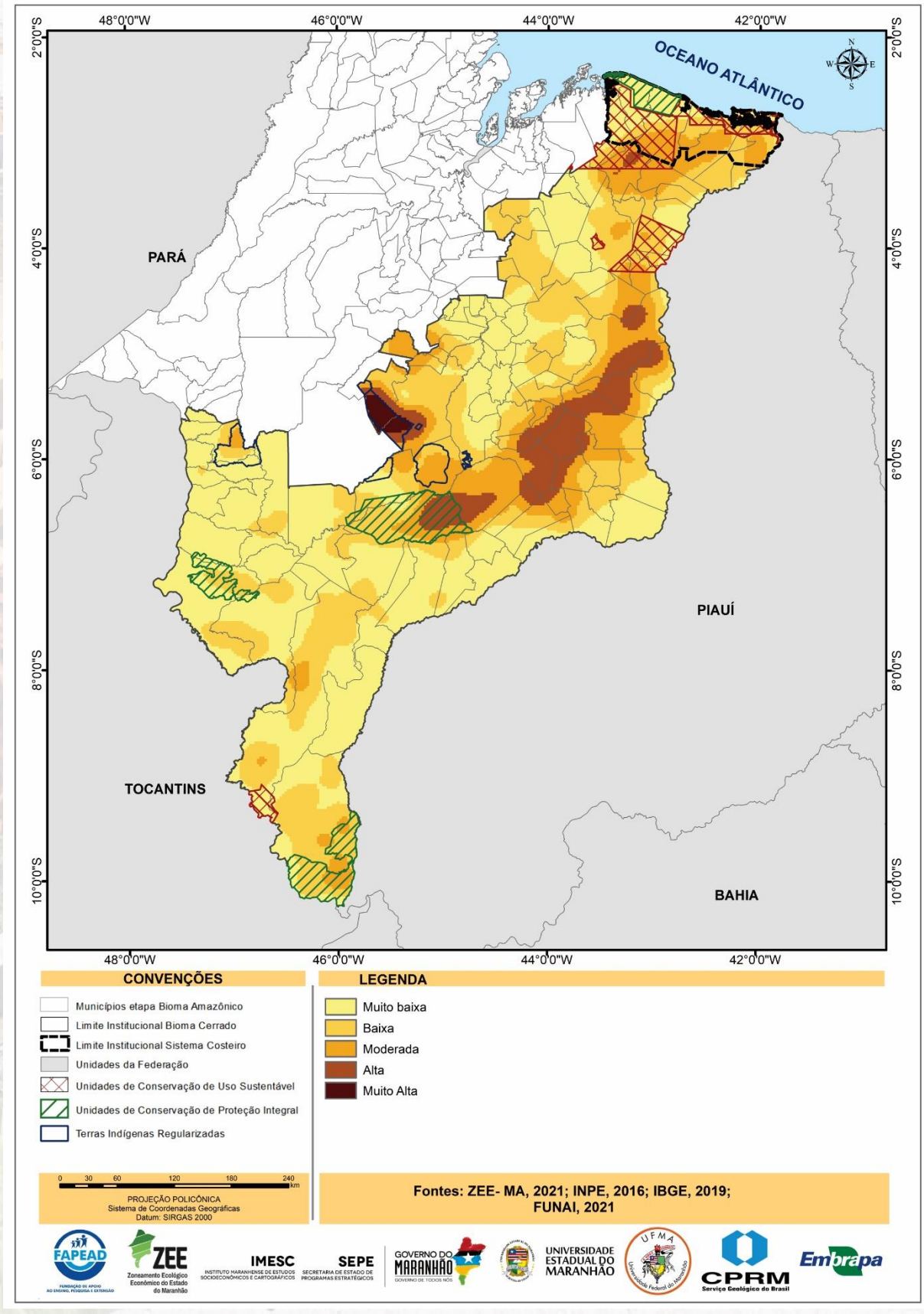


Figura 2.23 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2016

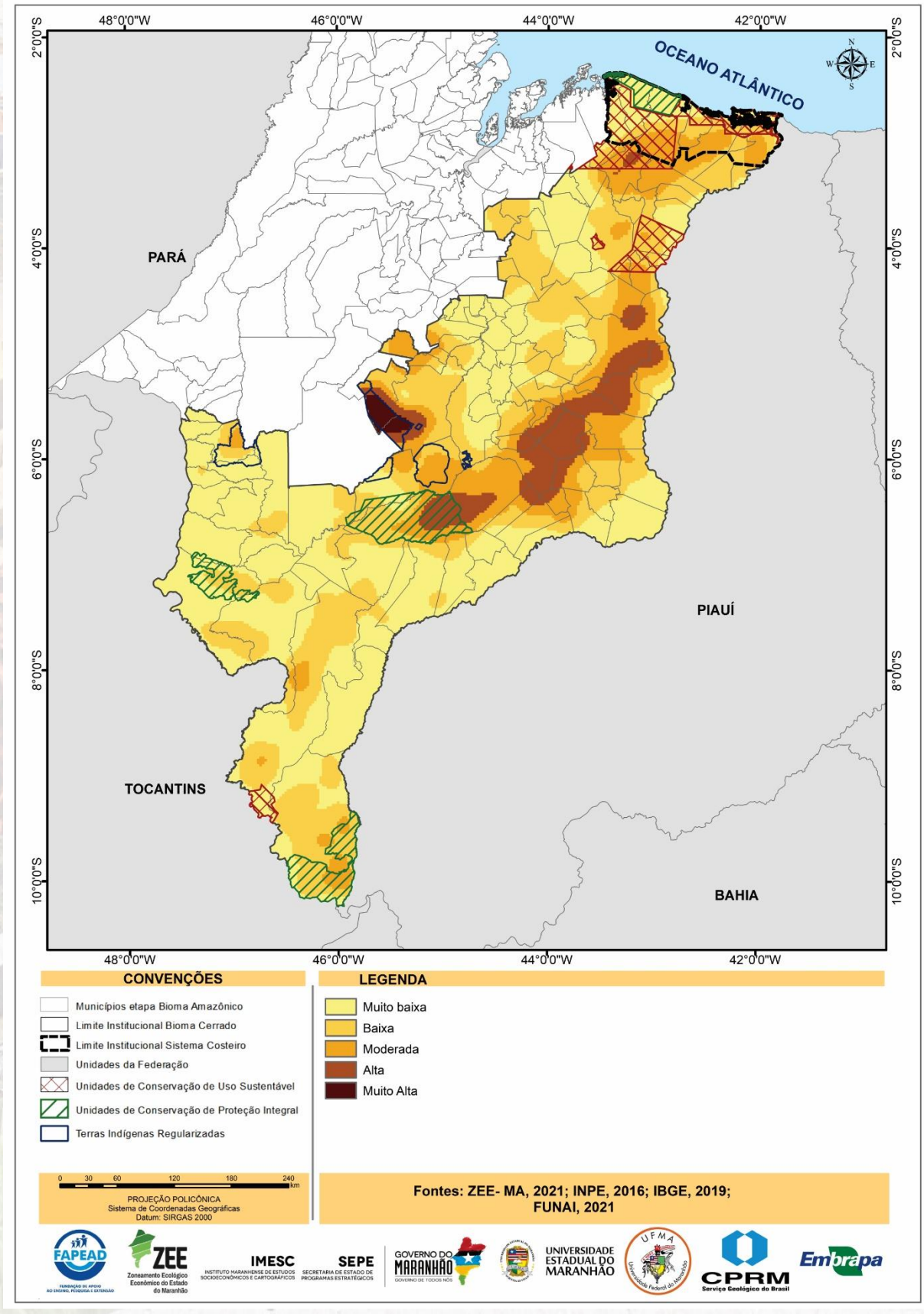


Figura 2.24 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2017

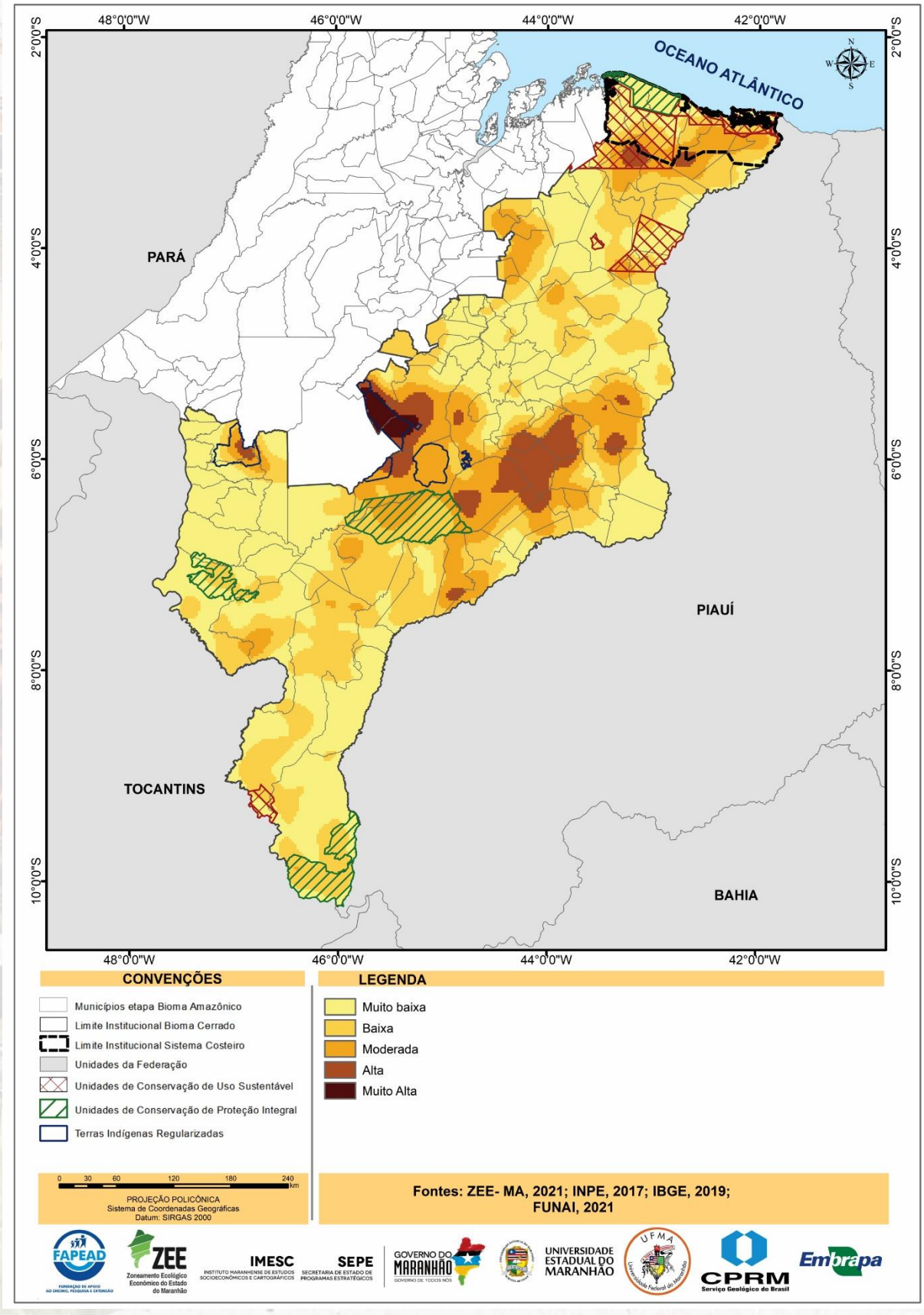


Figura 2.25 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2018

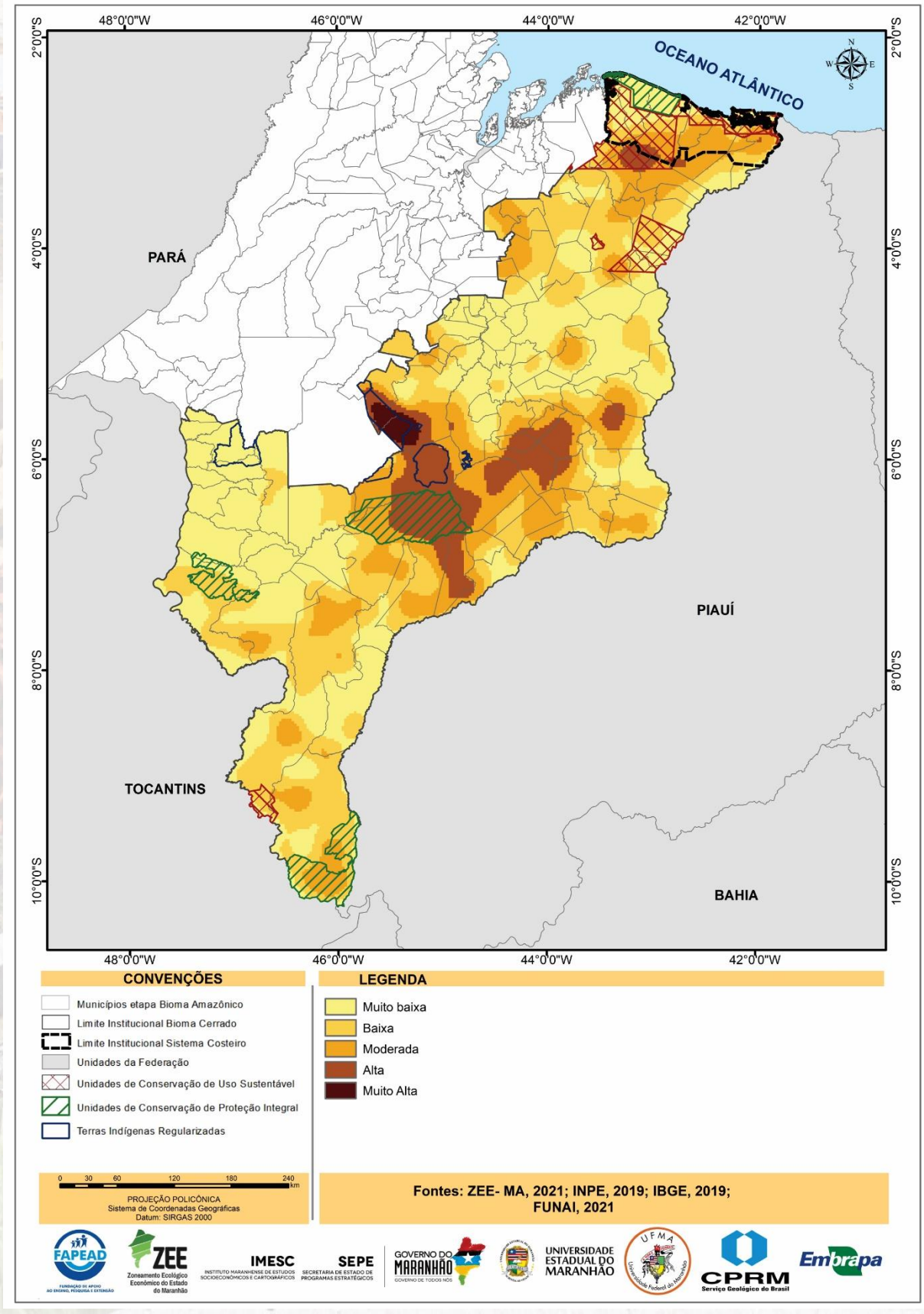


Figura 2.26 - Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2019

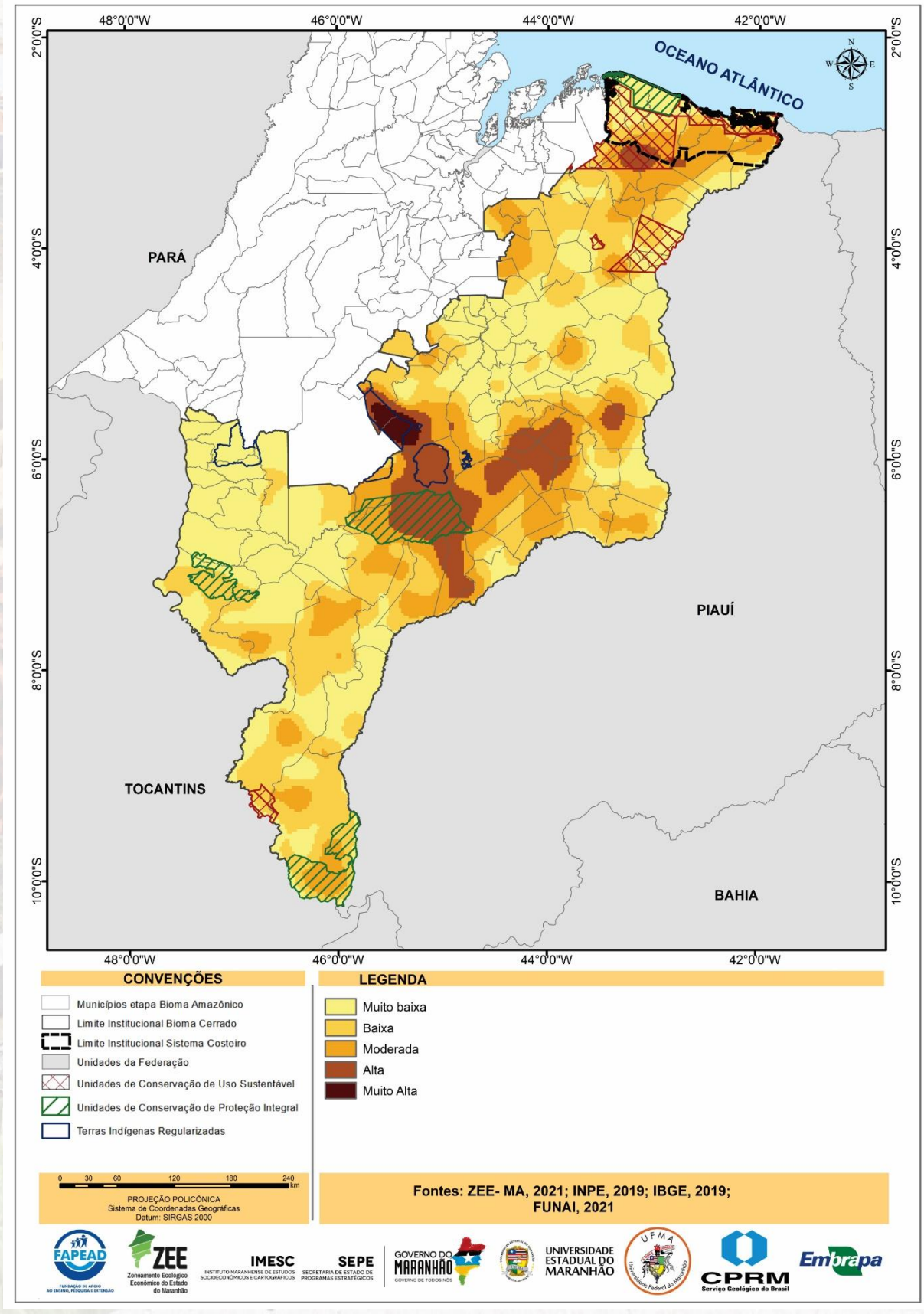


Figura 2.27- Incidência de focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em 2020

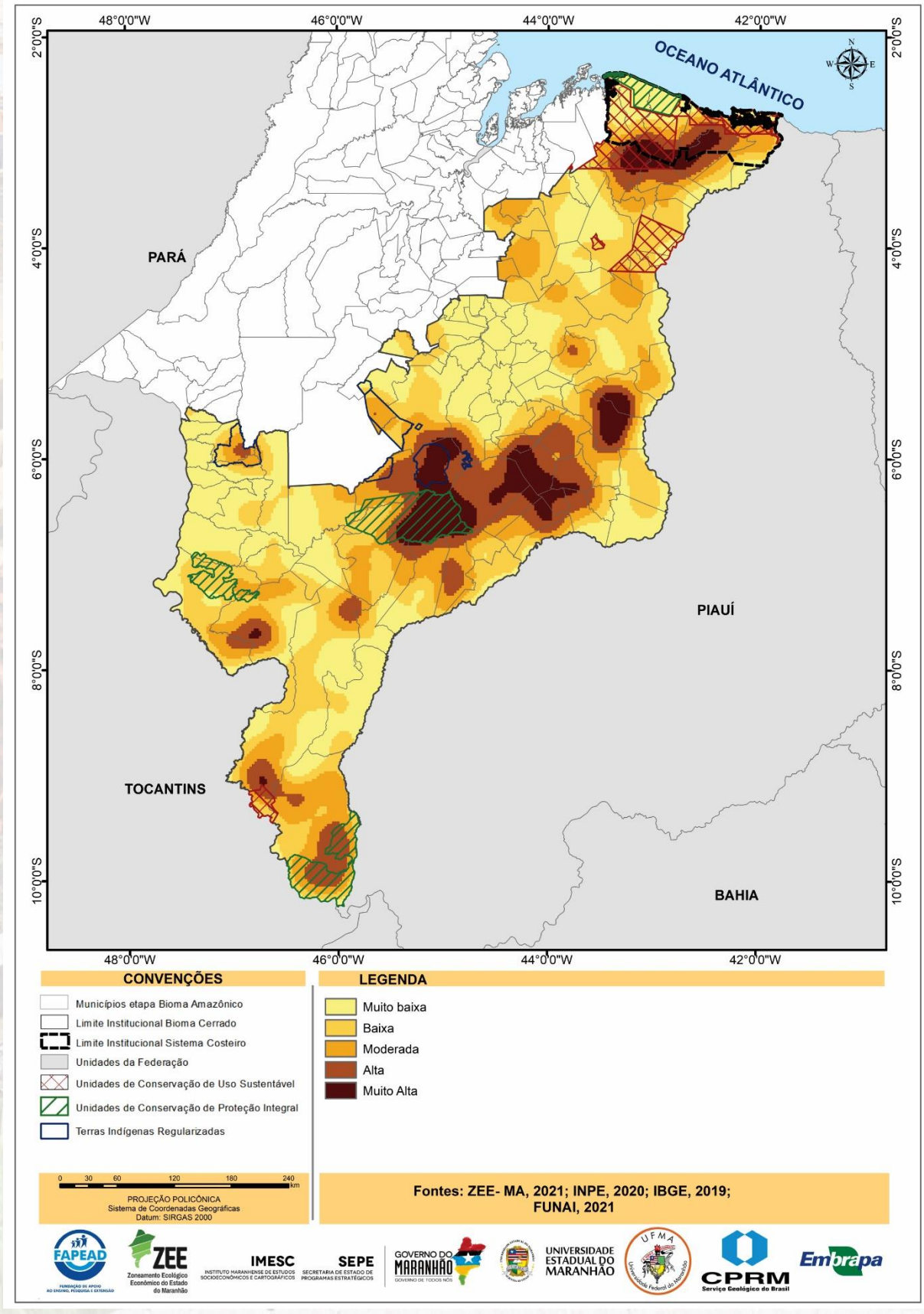


Figura 2.28- Variação dos focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro entre os anos de 2001 e 2005

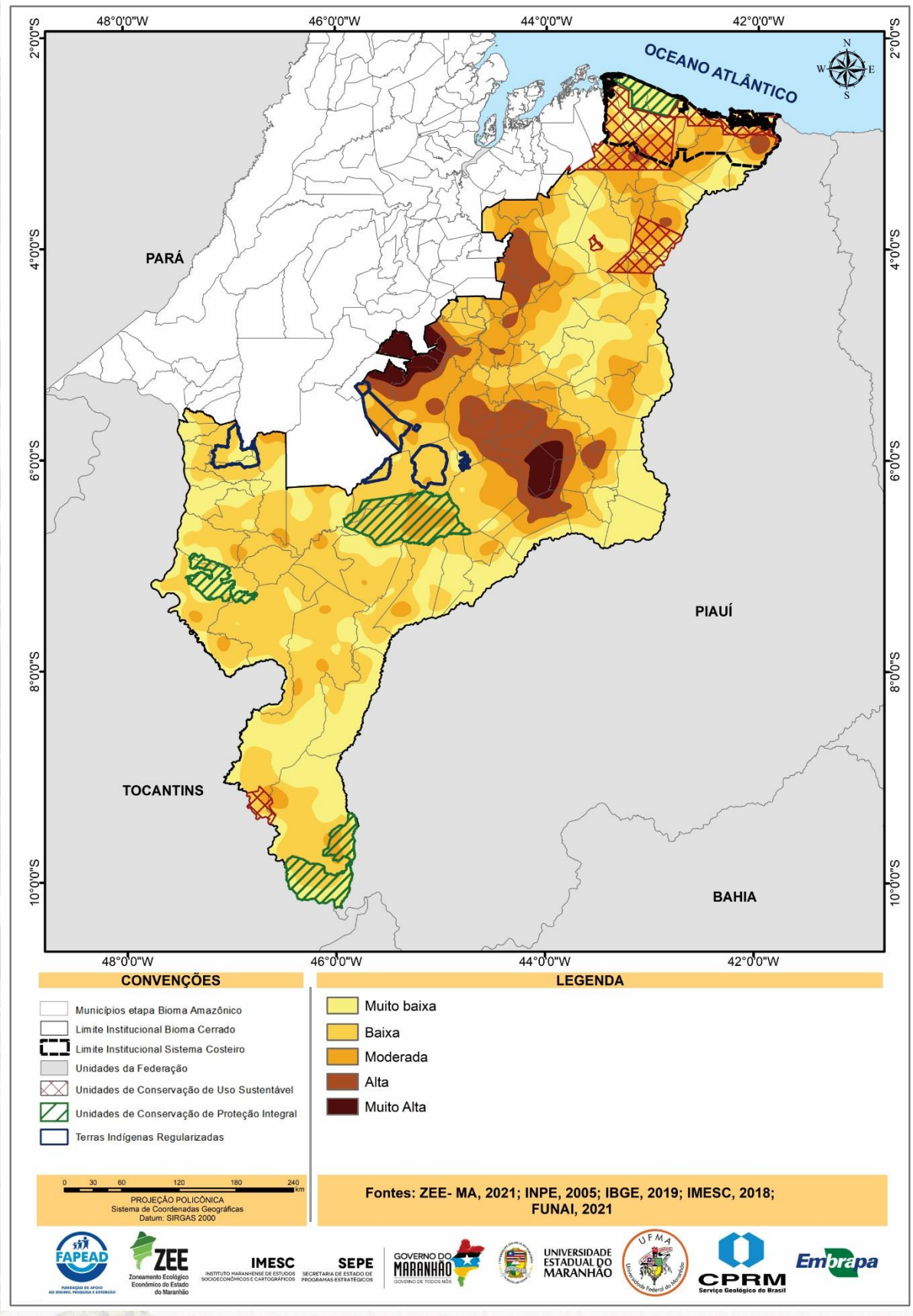


Figura 2.29 - Variação dos focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro entre os anos de 2006 e 2010

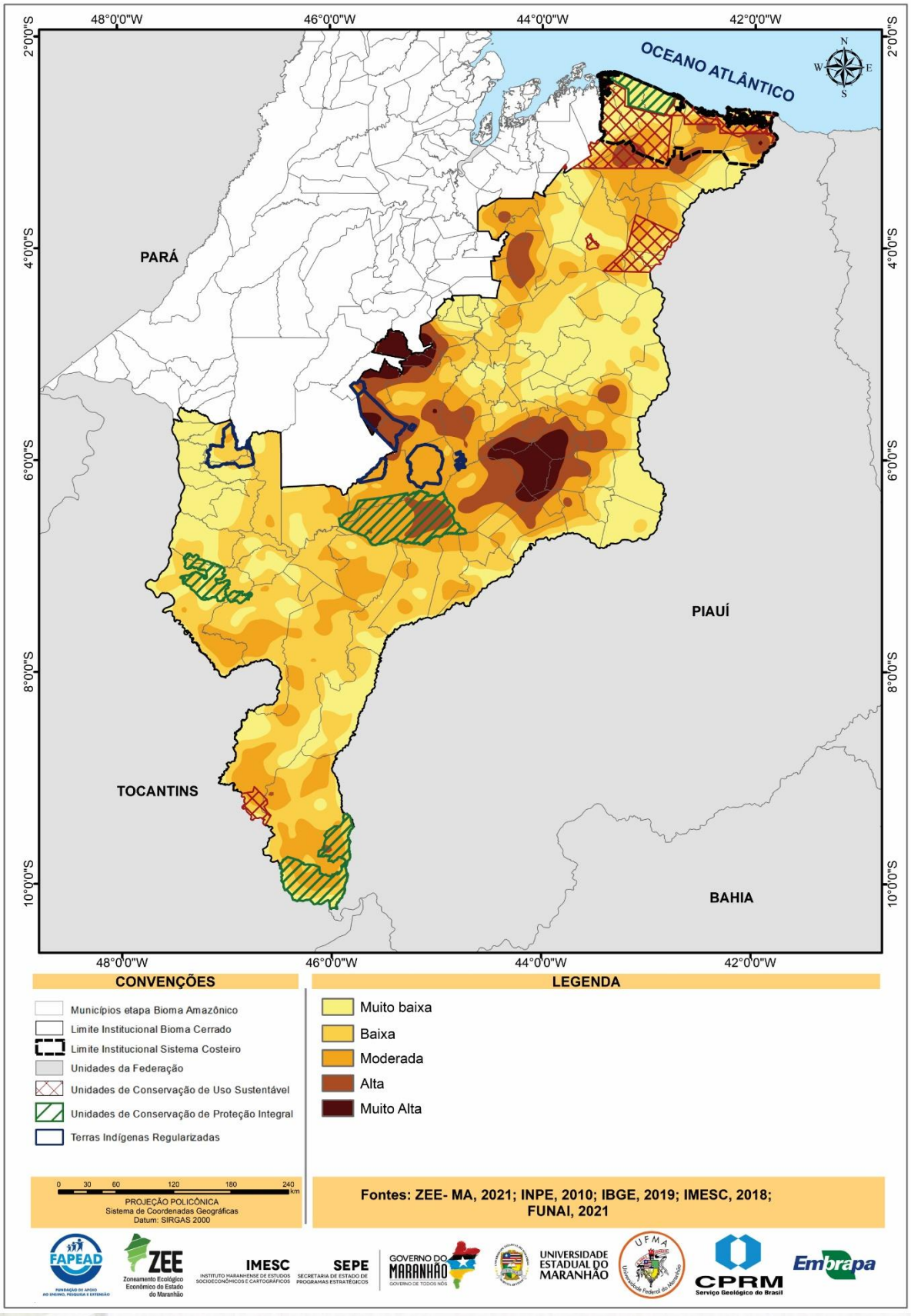


Figura 2.30 - Variação dos focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro entre os anos de 2011 e 2015.

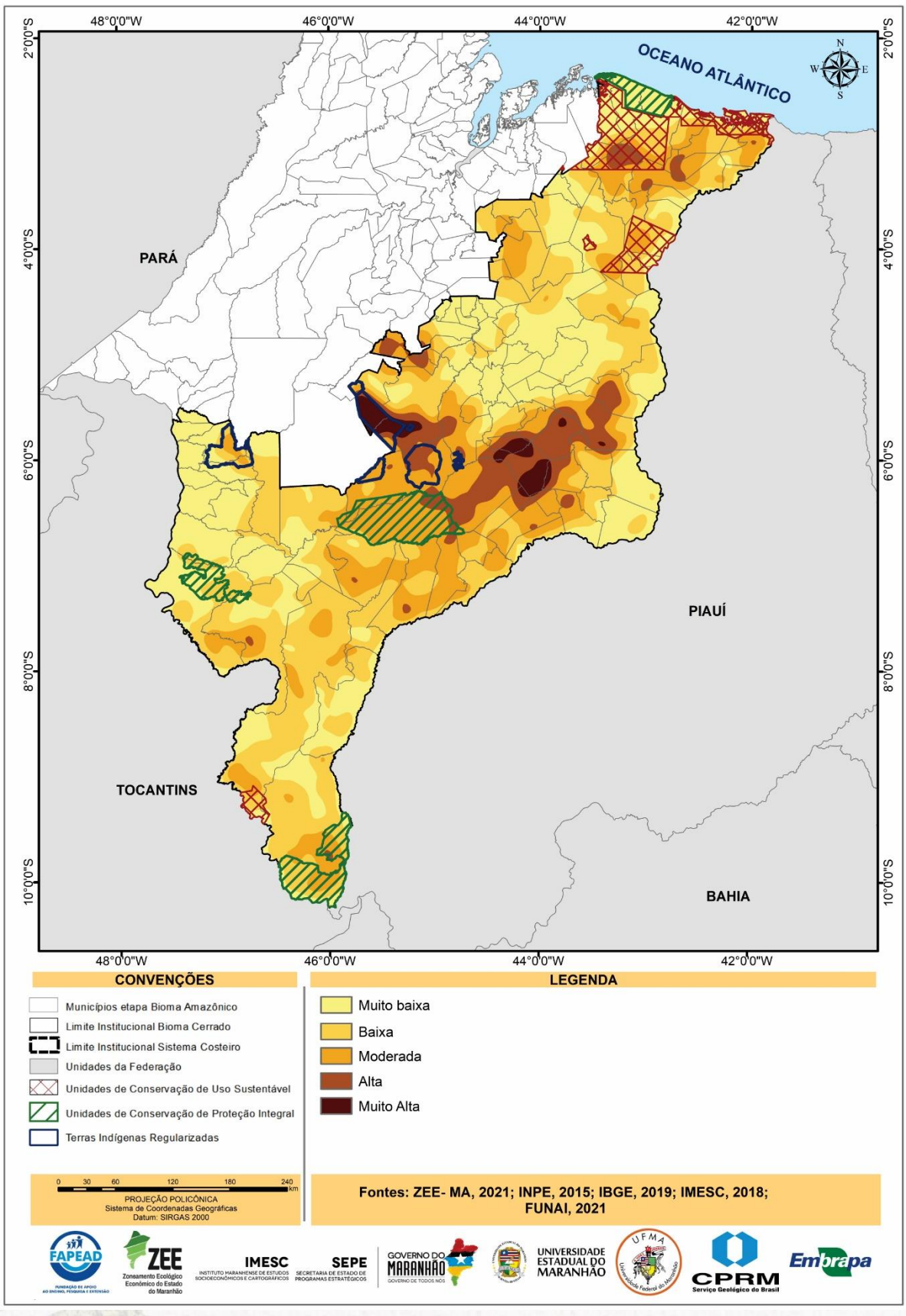
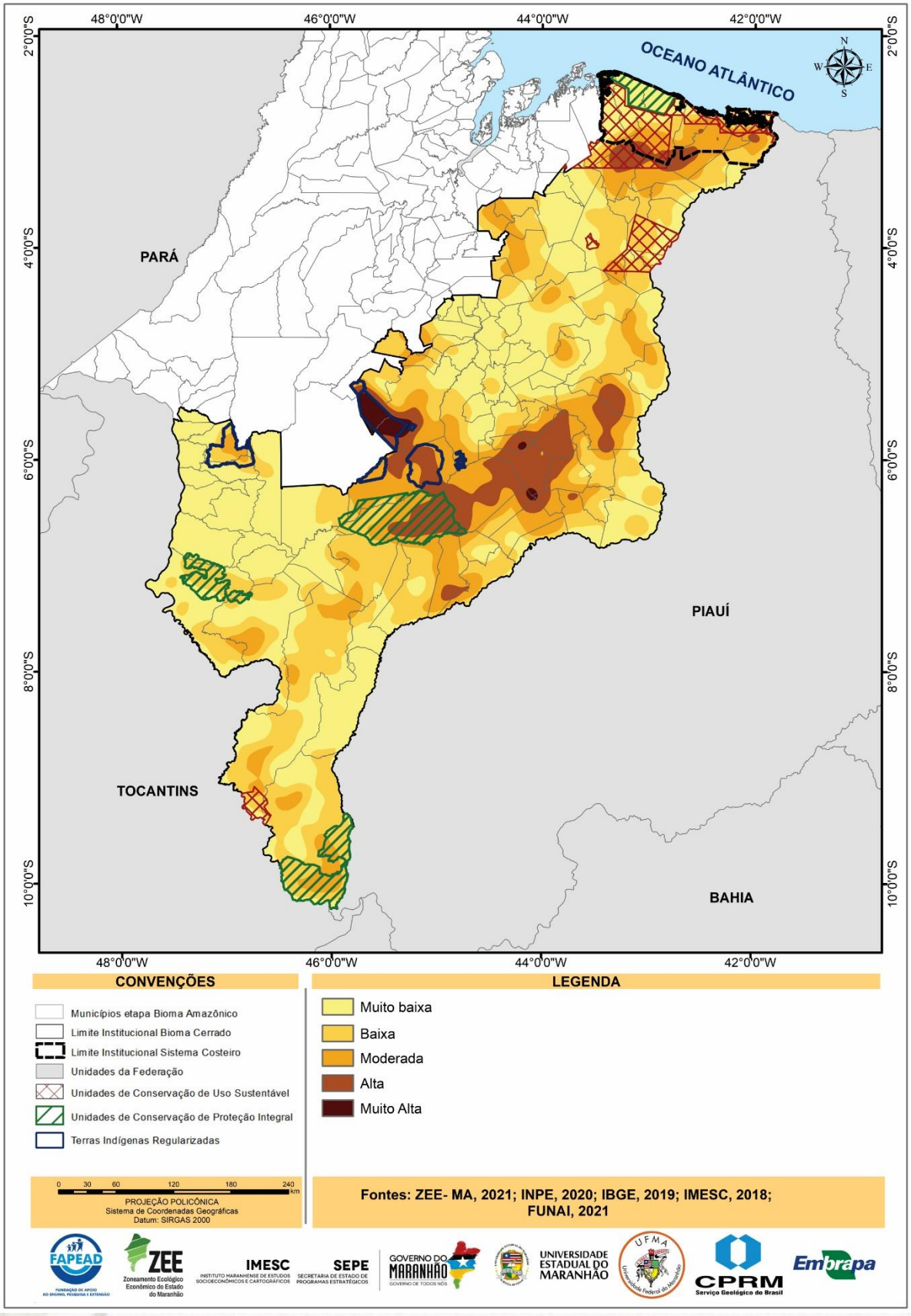


Figura 2.31 - Variação dos focos ativos de calor no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro entre os anos de 2016 e 2020.



4.2. Focos de Calor por tipos de vegetação

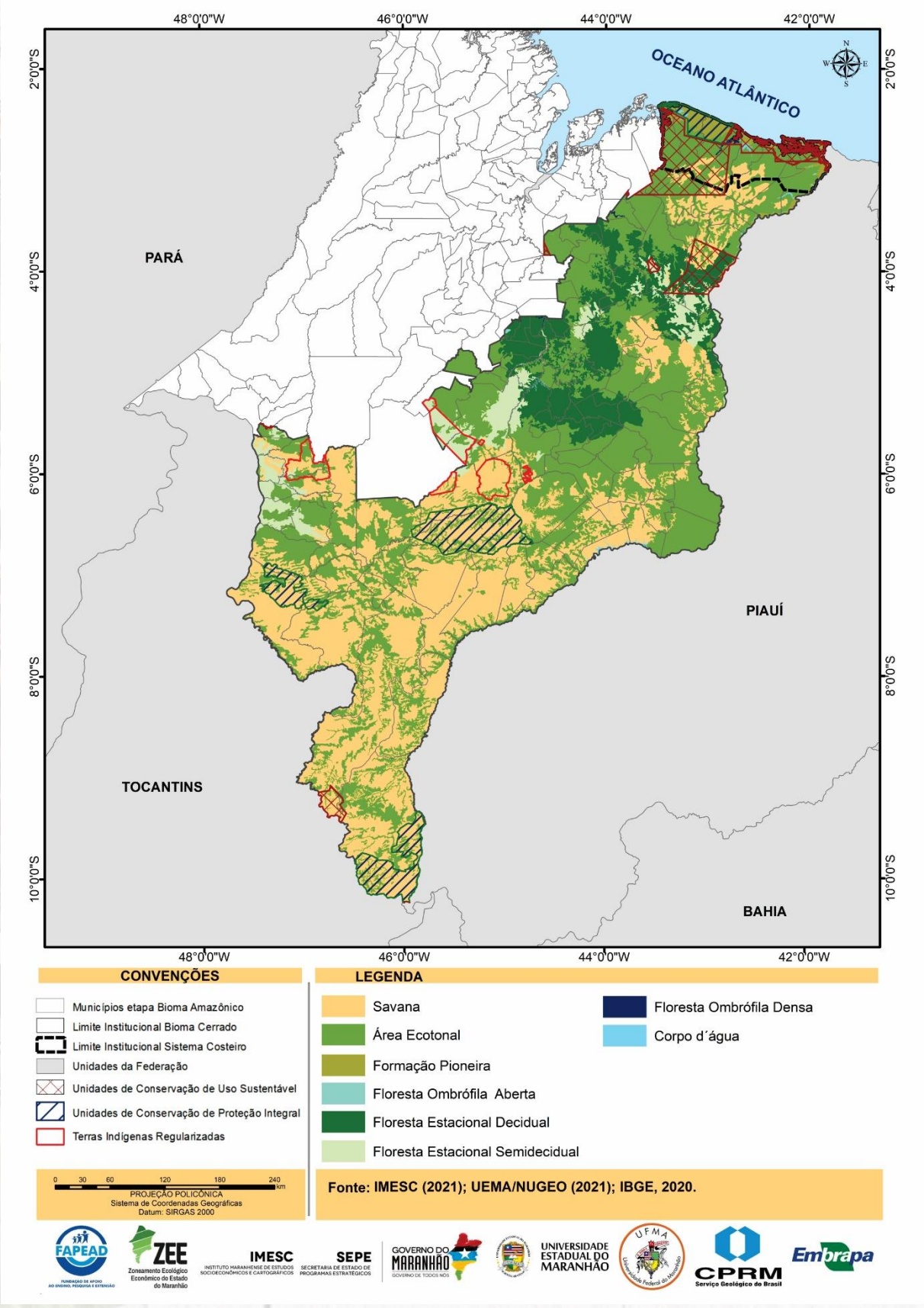
A espacialização dos dados de focos ativos de calor e o cruzamento com a distribuição da vegetação são um importante componente de análise porque identificam que tipos vegetacionais possuem maior ocorrência de focos de calor no intervalo de 20 anos. Ressalta-se a necessidade de levar em consideração hectares onde há ocorrência dessas espécies, partindo de um sistema primário (natural), onde estão inclusos todos os tipos vegetação ou regiões fitoecológicas (IBGE, 1992) no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro maranhense, analisando individualmente cada tipo de vegetação. Na figura 2.32, é possível analisar espacialmente as espécies nestes biomas.

Vários aspectos relacionados à ecologia do fogo na vegetação do Cerrado têm sido investigados. Entretanto, a quantidade de estudos científicos sobre recorrência e permanência de queimadas neste bioma é bastante escassa (COUTINHO, 1990). De acordo com Schüle (1990), a incidência de fogo depende da distribuição do material combustível, sua frequência de combustão e conteúdo de umidade. Além disso, em regiões caracterizadas por precipitações sazonais, onde se verifica um acúmulo de fitomassa durante o período úmido, a recorrência de queimadas tende a aumentar quando o período seco é suficientemente longo.

Este processo é importante, uma vez que apesar de tornar possível a estabilidade ecológica do bioma, contribuindo na manutenção da existência de espécies, além de se tratar de um fator favorável ao processo de rebrota da vegetação local (HOFFMAN, 1999), a alta frequência de fogo é capaz de gerar o empobrecimento acelerado do ecossistema, redução nos níveis de biomassa, dentre outros impactos (MIRANDA et al., 2004). Sendo assim, fez-se uma análise buscando identificar os níveis médios das métricas por fisionomias da vegetação e por tipo de incidência de fogo.

Mediante isso, realizou-se uma análise espacial e quantitativa dos focos de calor por tipo de vegetação no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão entre os anos de 2001 e 2020.

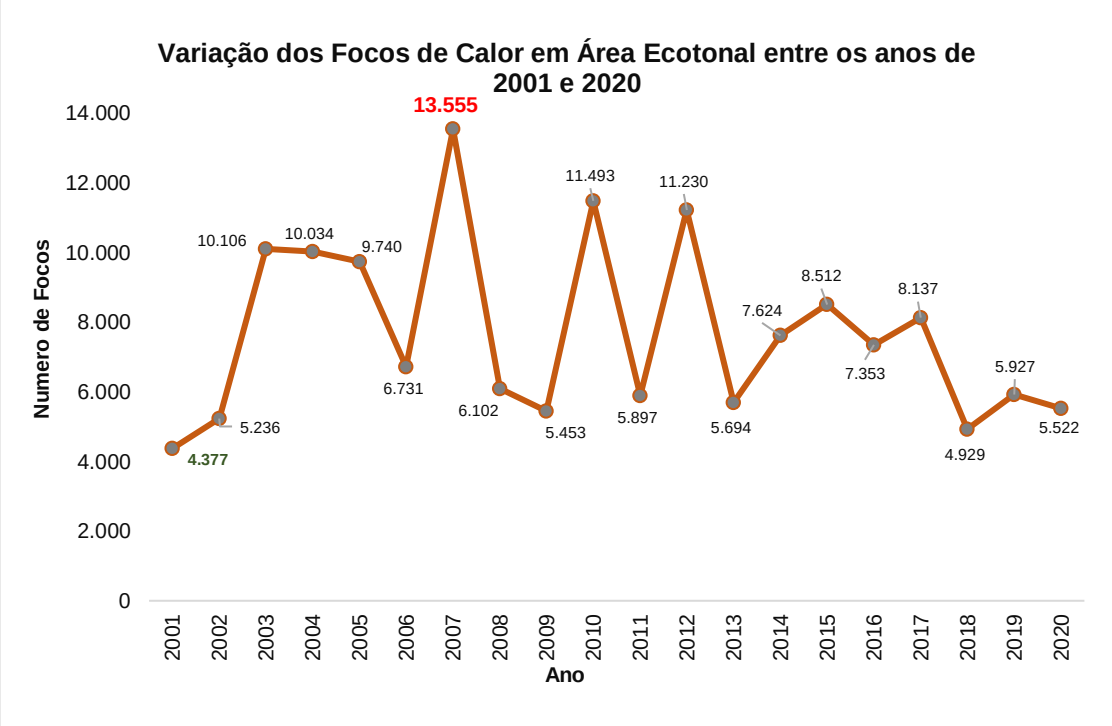
Figura 2.32 – Mapa de tipos de vegetação no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro



Fonte: IBGE, 2020

Isto posto, a nomenclatura Ecótono foi usada pela primeira vez em estudos relacionados com a vegetação terrestre, realizados por Clements (1905), na definição de uma zona de tensão entre dois ecossistemas diferentes, o que é confirmado pela etimologia da palavra de origem grega, em que *tono* significa tensão, agregada do prefixo *eco*, que indica área ou zona de tensão (MILAN e MORO, 2016) – a transição entre dois ou mais biomas –, o que ocorre no maranhão. Há uma tensão ecológica entre os biomas cerrado, costeiro e amazônico, que proporciona não só uma diversidade vegetacional, como diferentes relações de uso do solo nessas faixas de transicional. Ao cruzar os dados de focos ativos de calor em uma escala temporal, podemos observar que os anos de 2007, 2010 e 2012 foram os com maior índice de focos ativos de calor nessa área ecotonal. O ano de 2007 registrou 13.555 focos e os anos de 2001 e 2018 registraram, respectivamente, 4.337 e 4.929 focos (Figura 2.33).

Figura 2.33 – Variação dos focos ativos de calor em área ecotonal entre os anos de 2001 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro



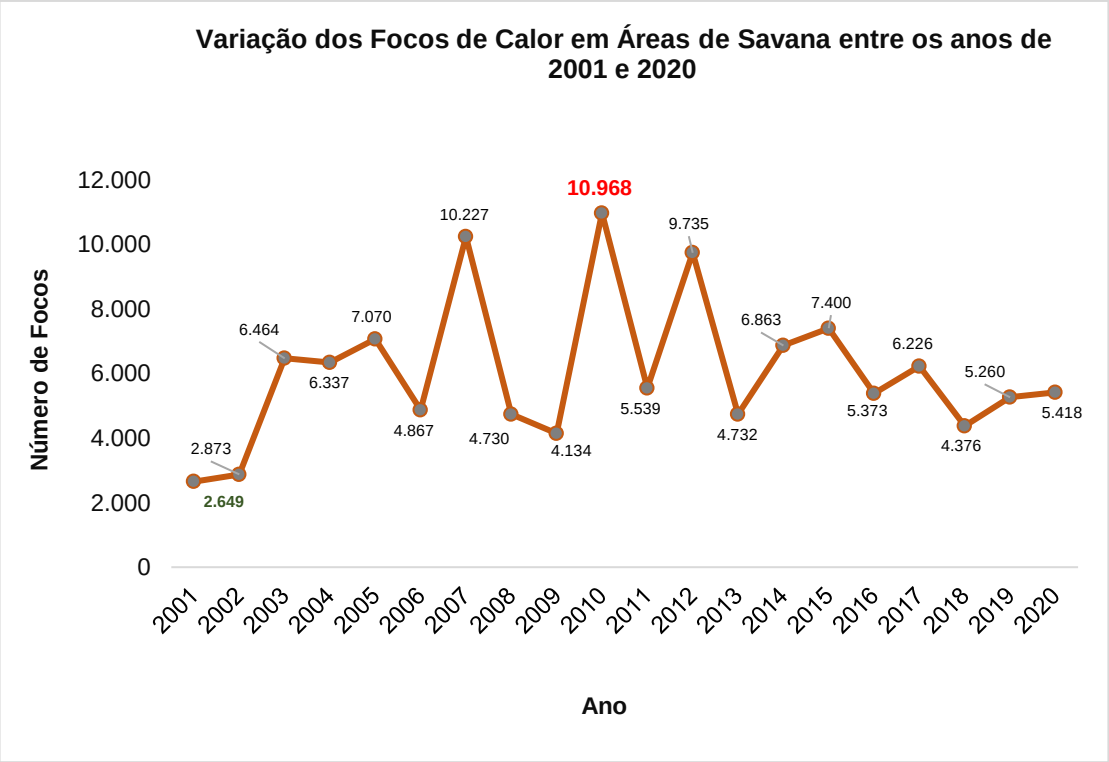
Fonte: INPE, 2020.

Assim como as áreas ecotonais, as áreas de savana nos biomas cerrado de costeiro maranhense ocupam uma boa parte do território com 86.546 km², uma área significativa em termos territoriais, sendo caracterizada como um resultado de um processo natural e antrópico (BOURLIÈRE, 1983). Esse tipo de vegetação é facilmente encontrado em regiões tropicais ou subtropicais e possui resistência a longos períodos de seca. Fisionomicamente, esses tipos de formação vegetal apresentam

árvores e arbustos esparsos ou grupos espalhados de árvores e arbustos em um estrato graminóide bastante pronunciado (ALLABY, 1998; ART, 1998).

As características naturais das savanas favorecem a ocorrência de fogo, como as descargas elétricas que ocorrem no período chuvoso, o que dificilmente ocorre em florestas ombrófilas, que registram queimadas apenas em períodos de estiagem. O ano de 2010 registrou, em áreas de savana, 10.968 focos de calor (Figura 2.34), desapontando as estatísticas. Registre-se que todos os outros tipos de vegetação queimaram mais em 2007.

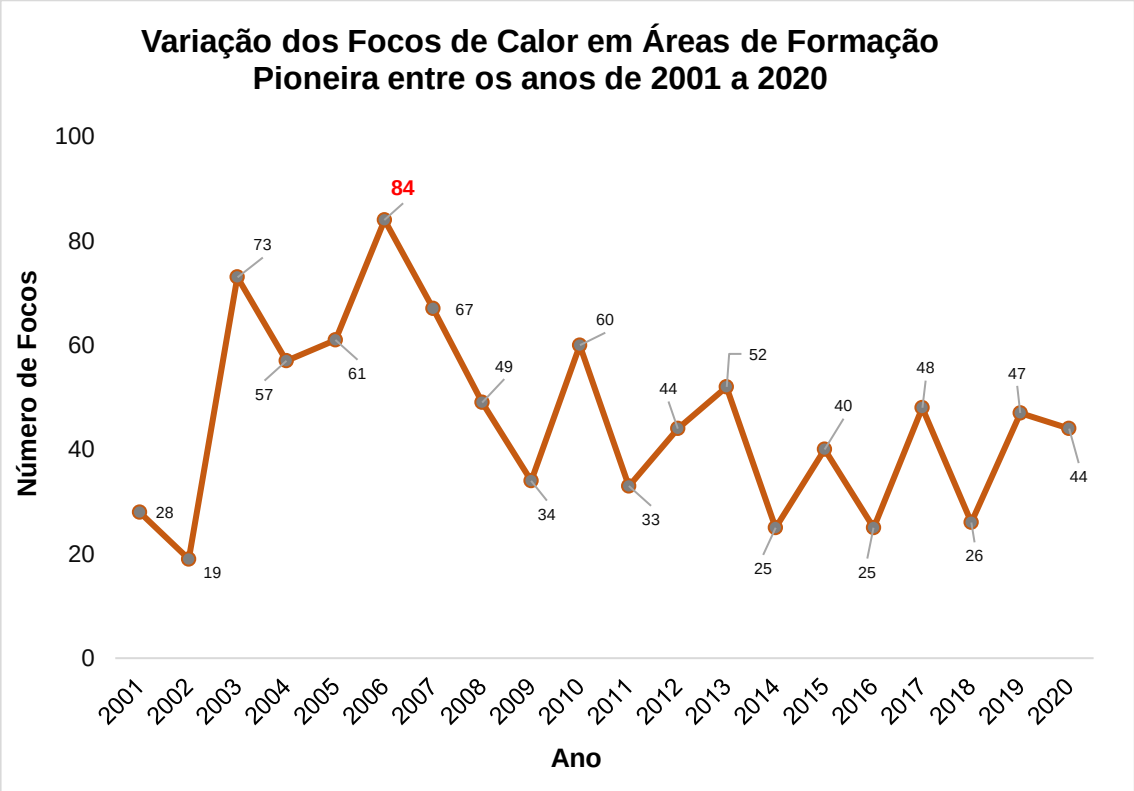
Figura 2.34 – Variação dos focos ativos de calor em áreas de savana entre os anos de 2001 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro



Fonte: INPE, 2020.

Diferente da vegetação Savânica, a tipologia de vegetal Pioneira está em constante sucessão ecológica, devido à sua ocorrência em terrenos instáveis, além de se destacar em regiões ao longo do litoral, em áreas de planícies fluviais. Trata-se de um tipo de vegetação de caráter edáfico, que ocupa terrenos rejuvenescidos devido à deposição de areias marinhas em praias e em regiões de restingas, e possui um caráter de primeira ocupação; daí o nome de “Formação Pioneira” (IBGE, 2012). Tais características não favorecem a ocorrência de focos ativos de calor, havendo apenas um pico em 2006, com 84 focos, conforme mostra a Figura 2.35. Isso se deve não só ao tipo de vegetação, mas também à localização e ao tipo de solo em que essas formações vegetais se encontram.

Figura 2.35 – Variação dos focos ativos de calor em áreas de savana entre os anos de 2001 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro

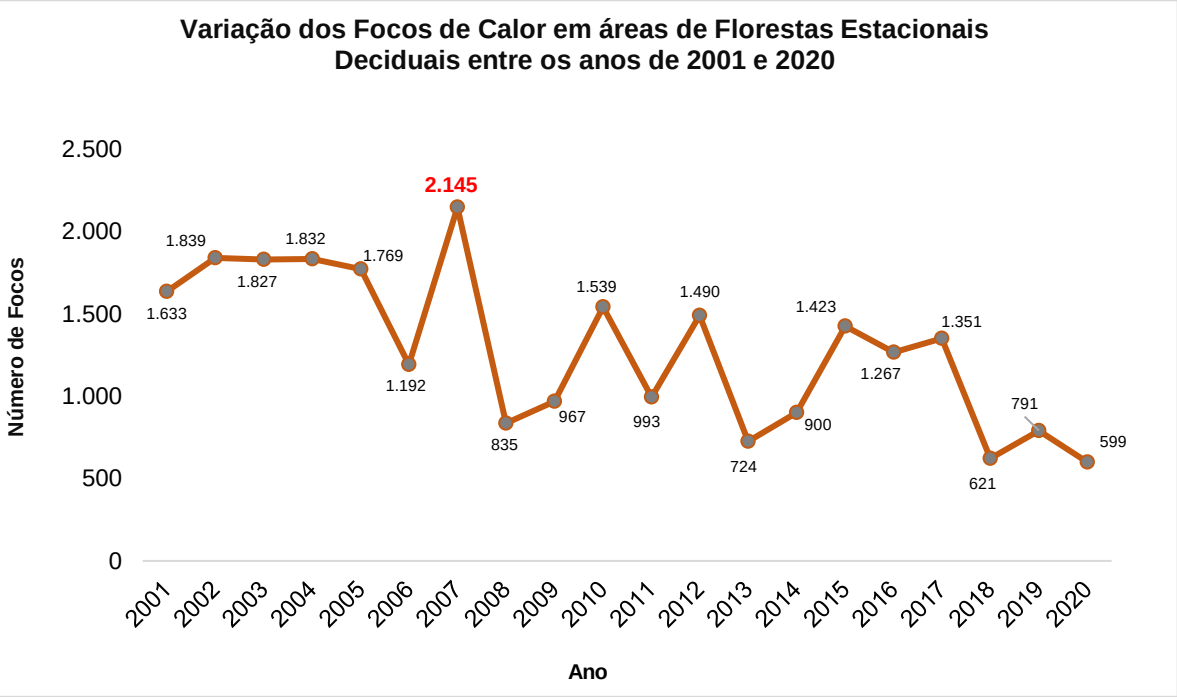


Fonte: INPE, 2020.

Ao contrário das formações pioneiras, a Floresta Estacional Decidual, de modo geral as formações arbóreas, ocorrem em regiões com duas estações bem definidas, sendo um período seco e outro chuvoso (MURPHY; LUGO, 1986; NASCIMENTO et al., 2004). A maior parte desse tipo de floresta encontra-se no Bioma Cerrado e é bem fragmentada sobre o domínio da caatinga e em áreas de transição (PEDRALLI, 1997; SILVA, 2011).

Assim, as fitofisionomias podem apresentar componentes da vegetação na qual estão inseridas, formando uma comunidade diferente em cada região (SCARIOT; SEVILHA, 2005). De acordo com Cavalcanti (2011), o potencial da diversidade biológica se expande nas zonas de Ecótono. Nos últimos dois séculos, essas florestas foram reduzidas a pequenos fragmentos, geralmente com alto índice de perturbação, pois houve grande desmatamento desses ambientes para implantação de agricultura, silvicultura e pastagens (GERHARDT, 1994; WERNECK et al., 2000; IEF, 2008). A fragmentação desse tipo vegetacional também ocorre no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro, o que favorece a ocorrência de focos ativos de calor. A ocorrência dessa formação vegetal nestes biomas tem concentração centro leste deste bioma, sendo a área que mais queima e queimou nos últimos 20 anos e no ano de 2006 chegou a atingir 2.145 focos ativos de calor (Figura 2.36).

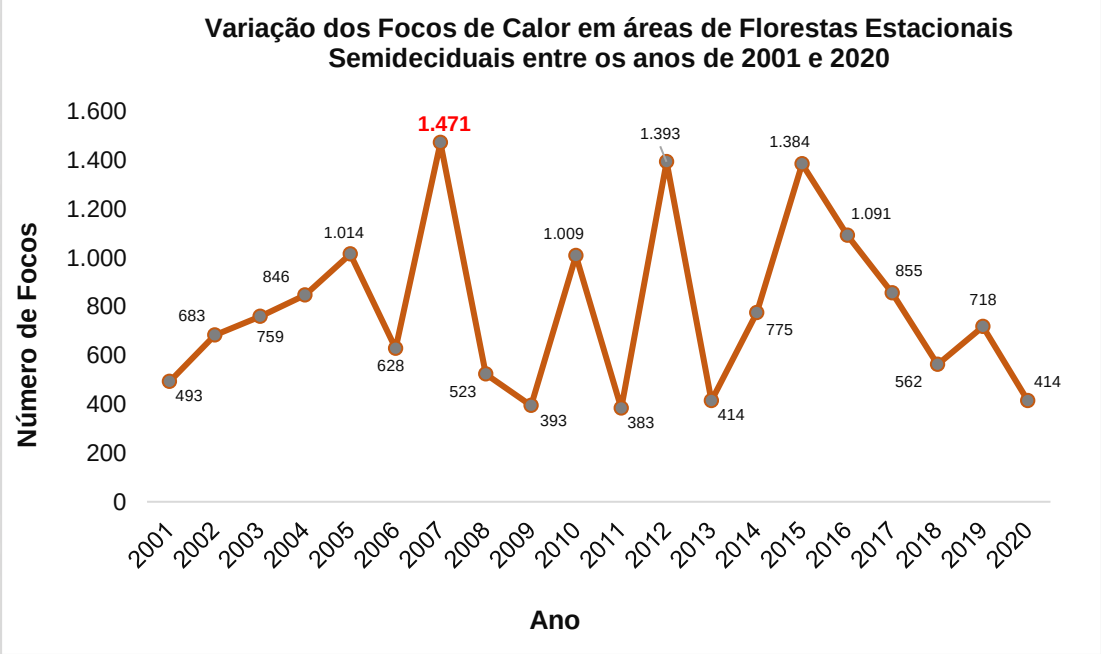
Figura 2.36 – Variação dos focos ativos de calor em áreas de Floresta Estacional Decidual entre os anos de 2001 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro



Fonte: INPE, 2020.

Diferente dos outros tipos vegetacionais que ocorrem no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro, a Floresta Estacional Semidecidual é considerada uma das formações florestais mais ameaçadas e suprimidas pela expansão agrícola do início do século passado, com sua cobertura vegetal reduzida a menos de 8% do original (BRASSALOTI, 2010). Esta possui características semelhantes às florestas estacionais Decidual além de elementos arbustivos, lianas e epífitas. Está relacionada em toda a sua área de ocorrência a um clima de duas estações definidas, uma chuvosa e outra seca, em latitudes menores, ou então a uma acentuada variação térmica, especialmente em latitudes maiores que 24°S (MIKICH, 2000). Mesmo com ocorrência em uma área de 9.200 km², uma área relativamente pequena comparada com outros tipos de vegetação, é uma das formações vegetais que mais tem ocorrência de focos de calor e que no ano de 2007, 2012 e 2015 teve maiores incidências de focos ativos de calor, conforme mostra a Figura 2.37.

Figura 2.37 – Variação dos focos ativos de calor em áreas de Floresta Estacional Semideciduais entre os anos de 2001 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro



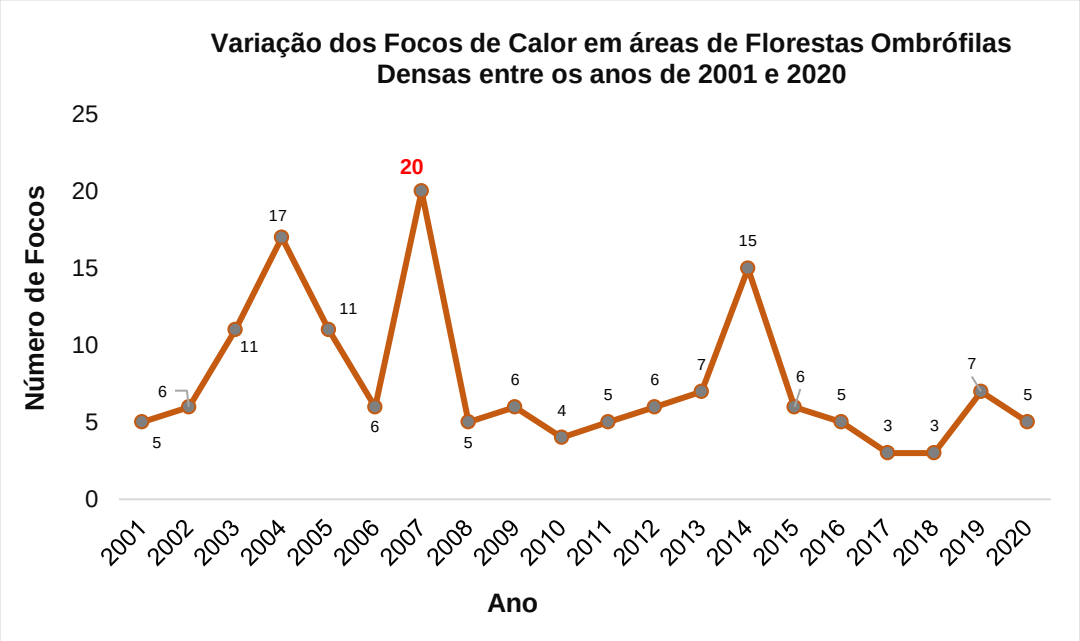
Fonte: INPE, 2020.

As florestas ombrófilas, densas e abertas, são tipos de vegetação características do bioma Amazônico. Enquanto a primeira não ocorre no período de seca, devido a precipitação ser bem distribuída durante o ano e as elevadas temperaturas favorecerem o seu desenvolvimento, a segunda ocorre principalmente nas faixas transicionais entre a floresta amazônica e as áreas extra-amazônicas. Estas áreas, ao contrário das florestas ombrófilas, possuem um período seco com mais de 60 dias (IBGE, 2012). No que se refere ao Bioma Cerrado e ao Sistema Costeiro Maranhense, existe ocorrência dessas espécies em pequenas áreas, dado ao fato de que o Estado fazer parte de uma faixa transicional. Dessa forma, é possível observar nas Figuras 2.38 e 2.39 que há poucas incidências de focos ativos de calor que se deve tanto pelo fato de existir pequenas áreas dessas florestas como também por suas características naturais que não permitem a ocorrência desses eventos. A exemplo disso, nas florestas ombrófilas densas o maior pico de focos de calor ocorreu em 2007, com um total de 24 focos, e nas florestas ombrófilas abertas 3 focos de calor foram registados em 2019.

Outro ponto que deve ser levado em consideração são as ocorrências de focos ativos de calor em áreas de corpos d'água. Durante a análise temporal dos dados foi constatado um valor significativo, o que causa estranheza, pois as ocorrências desses focos acontecem entre os meses de agosto e novembro, período seco no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro. As ocorrências desses focos podem estar associadas a aumento da temperatura em Áreas de Preservação Permanente (APP) ou em canais fluviais intermitentes. Os anos de 2007 e 2012 foram considerados os mais secos e os anos em que mais

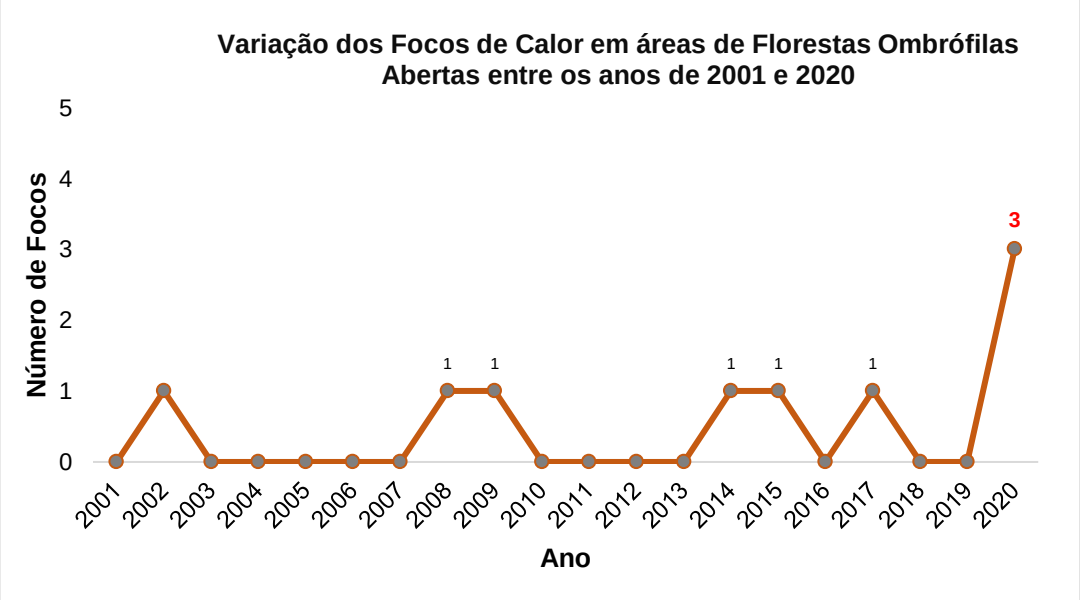
houve registros de focos ativos de calor em corpos hídricos com 21 e 22 focos (Figura 40), respectivamente, o que é um número pequeno quando se trata de canais fluviais intermitentes.

Figura 2.38 – Variação dos focos ativos de calor em áreas de Florestas Ombrófilas Densas entre os anos de 2001 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro



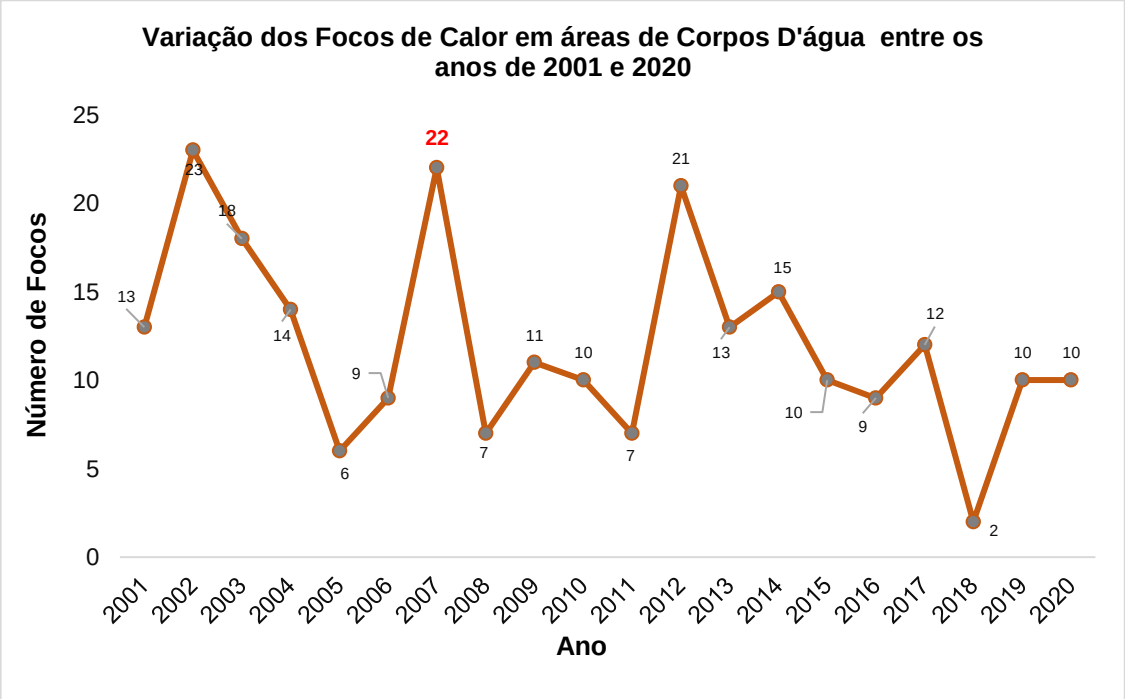
Fonte: INPE, 2020.

Figura 2.39 – Variação dos focos ativos de calor em áreas de Florestas Ombrófilas Abertas entre os anos de 2001 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro



Fonte: INPE, 2020.

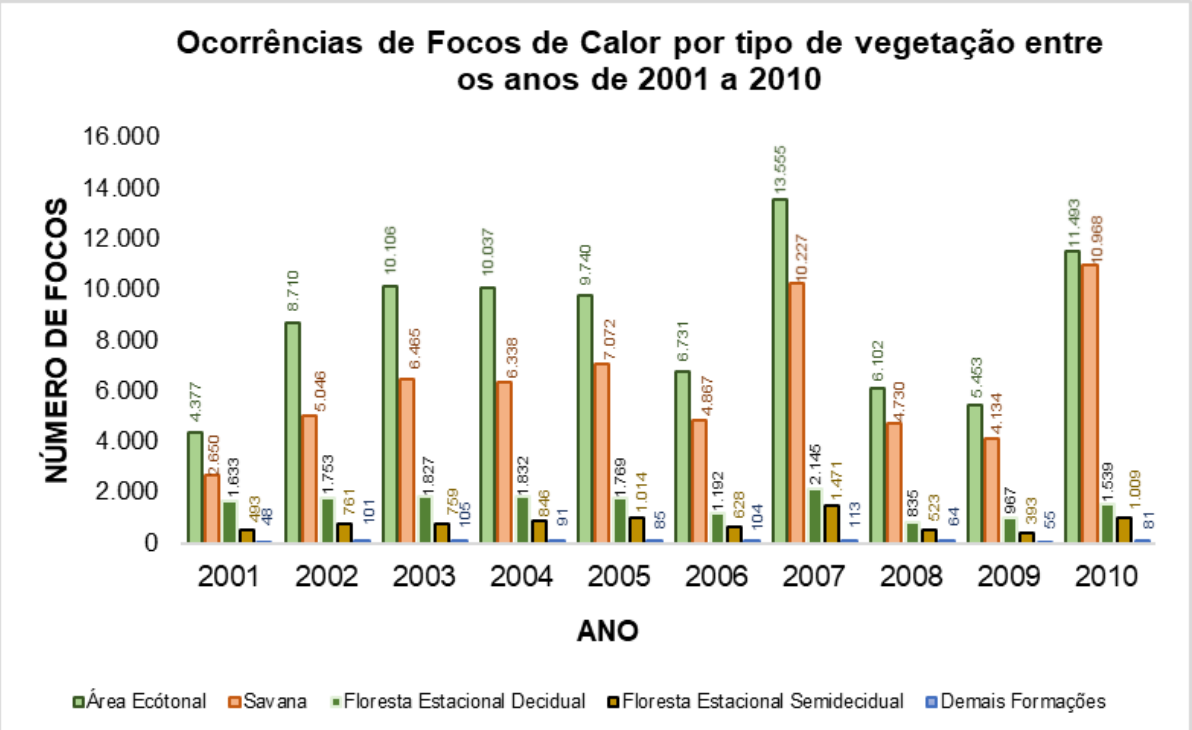
Figura 2.40 – Variação dos focos ativos de calor em áreas de Corpos D'água entre os anos de 2001 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro



Fonte: INPE, 2020.

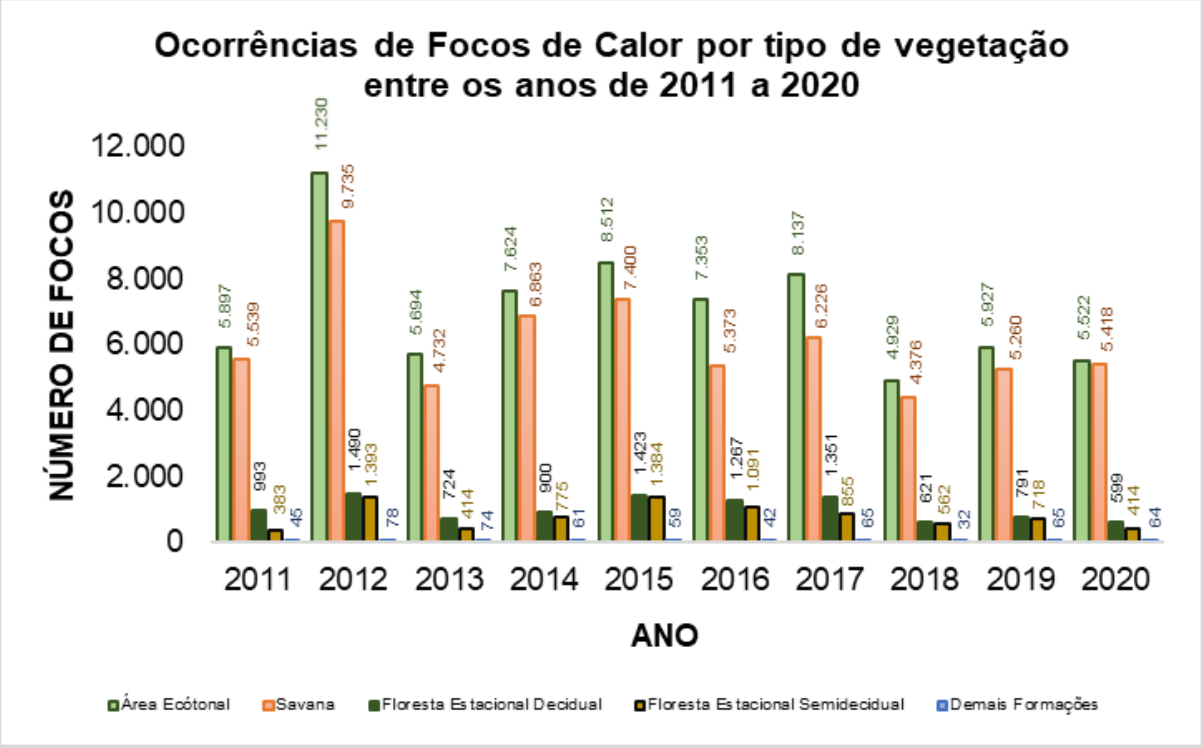
No Bioma Cerrado e Sistema Costeiro, a queima da biomassa está relacionada não só com as características naturais do ambiente, mas também com processos antropogênicos, que usam o fogo como ferramenta para expansão das fronteiras de ocupação do território, dos mais diversificados usos. Nas figuras 41 e 42, é possível analisar em quais tipos de vegetação mais ocorreram focos ativos de calor nos últimos 20 anos. Os anos de 2007, 2010 e 2012 foram os anos em que as áreas ecotonal e de savana mais queimaram, devido à distribuição da vegetação e as grandes áreas de ocorrência. Vale destacar, também, que nas figuras abaixo a categoria outros, no gráfico, representa as Formações Pioneiras, Florestas Ombrófilas Densa, Florestas Ombrófilas Abertas e Corpo D'água Continental.

Figura 2.41 – Variação dos focos ativos de calor nos tipos de vegetação entre os anos de 2001 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro



Fonte: INPE, 2020.

Figura 2.42 – Variação dos focos ativos de calor nos tipos de vegetação entre os anos de 2011 e 2021 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro



Fonte: INPE, 2020.

4.3. Focos de Calor em Unidades de Conservação

O Brasil possui aproximadamente 18% do seu território preservado pela presença de Unidades de Conservação. Em relação aos biomas, o bioma amazônico possui cerca de 28% de área protegida, sendo seguido por Mata atlântica (9,5%) e Caatinga (8,83%). O Cerrado vem em seguida com 8,26% de sua área com presença de unidades de conservação, o que exemplifica a importância da implementação de políticas públicas visando a busca pela proteção de outros biomas, dentre os quais se destaca o Cerrado, que se caracteriza por atualmente ser considerado a nova fronteira agrícola a ser explorada no país (SOARES-FILHO et al., 2014; ARAÚJO et al., 2019).

As Unidades de Conservação são divididas em dois tipos (as Unidades de uso sustentável e as Unidades de proteção integral). Dentro dessas categorias, ainda é possível notar uma outra divisão, das quais as unidades consideradas mais importantes são as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN), os Parques Nacionais (PARNA) e as chamadas Apas- Áreas de Proteção Ambiental (BARROS, 2020).

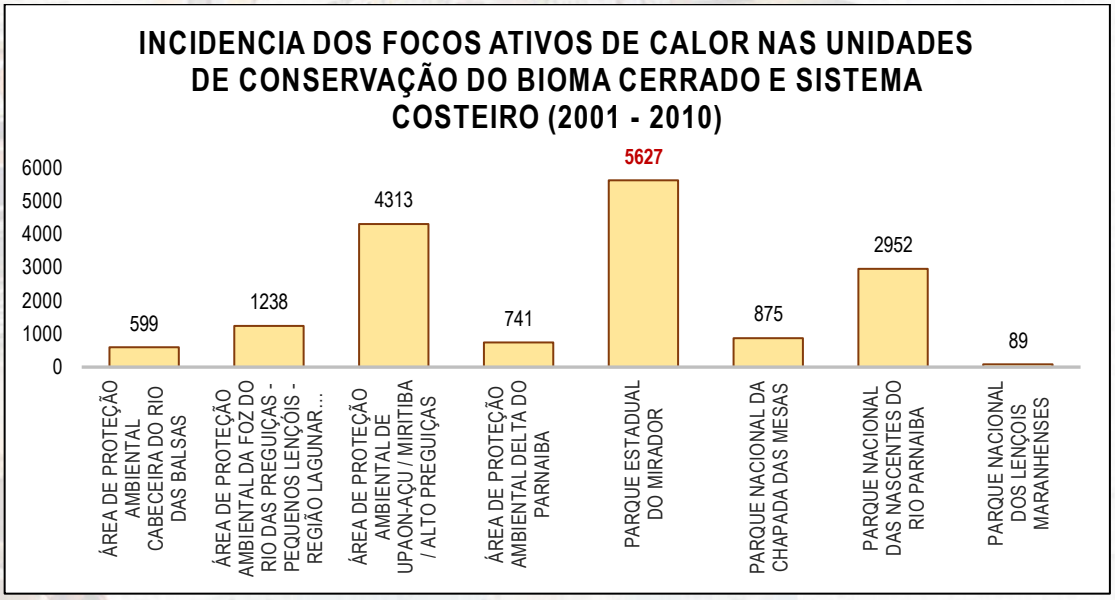
Mediante isso, as Unidades de Conservação (UCs) são territórios especialmente protegidos por sua riqueza biológica, características naturais relevantes e importância ecológica, por meio de ato do Poder Público de acordo com a Lei Estadual n.º 9.413/2011, que estabelece o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza do Maranhão (IMESC, 2020).

O Estado do Maranhão possui em seu território um total de 17 Unidades de Conservação, dentre estas, algumas Unidades se encontram no contexto em que se destacam o Bioma Cerrado e o Sistema Costeiro Maranhense. As ocorrências de queimadas descontroladas nestas áreas de proteção podem retratar uma situação de alto risco para a biodiversidade local, com isso se tornam importantes os métodos de investigação da causa destes focos e da consequência para cada Unidade.

Além disso, os estudos em áreas de preservação ambiental são de suma importância, uma vez que são capazes de prevenir e/ou reduzir impactos causados por atividades antrópicas ou mesmo os naturais. Mediante isso, Barros (2020) afirma que o estudo científico desenvolvido em regiões de unidades de conservação tem como objetivo a compensação ambiental, que é importante no manejo, na preservação de ambientes e na prevenção a desastres, por exemplo, o fogo.

Dentre o período de estudo abordados por este relatório fez-se a caracterização quantitativa dos focos ativos de calor nas Unidades de Conservação e do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro do Estado do Maranhão na primeira década (2000 – 2010) e na atual década (2010 – 2020), como o apresentado na Figura 2.43.

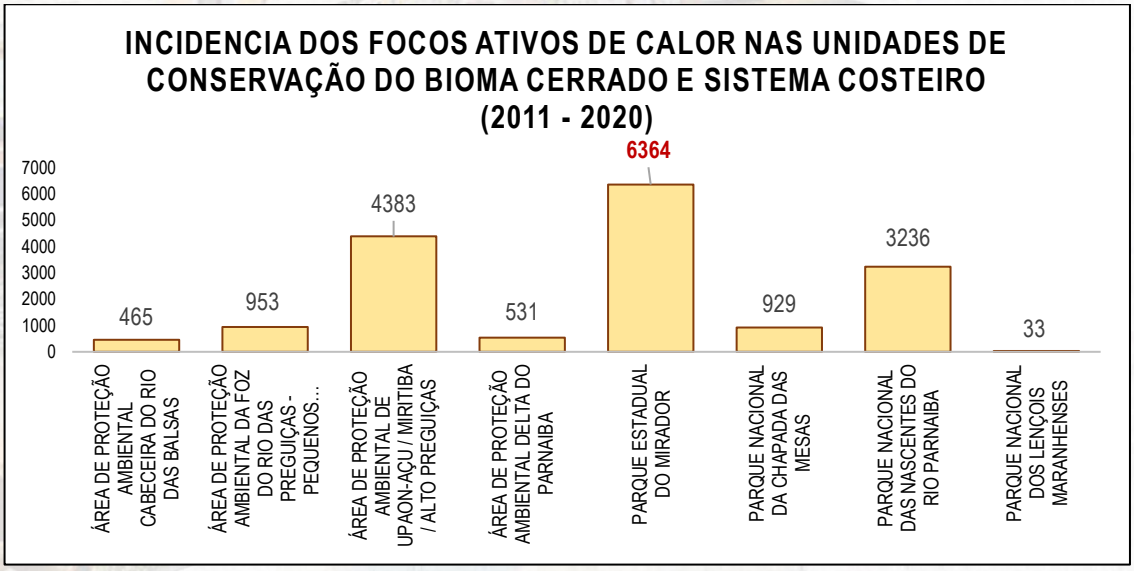
Figura 2.43 – Incidência dos focos ativos de calor em Unidades de Conservação entre os anos de 2001 e 2010 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro



Fonte: INPE, 2010.

Observando os dados obtidos através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais –INPE, nota-se que dentre as Unidades de Conservação do Bioma Cerrado e Costeiro a que apresentou a maior quantidade de focos ativos de calor, ao longo da primeira década dos anos 2000, foi o Parque Estadual do Mirador com um total de 5627 ocorrências, seguido pela Área de Proteção ambiental de Upaon-Açú/ Miritiba/ Alto Preguiças (4313 focos) e o Parque das nascentes do Rio Parnaíba com 2952 focos. Das Unidades acima apresentadas, a que apresentou o menor quantitativo foi o Parque Nacional do Lençóis Maranhenses, com 89 registros. A mesma análise também se aplicou para a segunda década dos anos 2000 (2011 – 2020) (Figura 2.44):

Figura 2.44 – Incidência dos focos ativos de calor em Unidades de Conservação entre os anos de 2011 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro



Fonte: INPE, 2020.

No que se refere às ocorrências de focos ativos de calor entre os anos de 2011 e 2020, assim como também na primeira metade dos anos 2000, pode-se destacar que o Parque Estadual do Mirador com a maior quantidade de incidências de focos, com 6364 registros. Problema que se destaca ao longo de toda a área da UC e parte do seu entorno, uma vez que ela possui a maior parte de sua área inserida no município de Mirador – MA. Ao longo dos anos, Mirador tem se destacado como uma das cidades com maiores índices de queimadas do Bioma Cerrado e do Estado do Maranhão. Seguindo o PES de Mirador, tem-se Área de Proteção ambiental de Upaon-Açu/ Miritiba/ Alto Preguiças (4383 focos) e o Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba com 3236 focos. O Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses apresentou o menor quantitativo do período, com 33 focos.

4.4. Focos de Calor e a legislação

No cerrado maranhense, os focos ativos de calor podem ser provocados por atividades antrópicas, como a limpeza e renovação das áreas de pastagem, que tem por objetivo aumentar a produção de forragem e melhorar a aptidão agrícola. O método de derrubada manual e queima da vegetação também é atrativo para os agricultores, pois aumenta a fertilidade do solo no primeiro ano de produção depois da queima, devido à presença de nutrientes nas cinzas deixadas no solo.

Os focos ativos de calor também são provocados por condições atmosféricas naturais, quando ocorre a reação de combustão (SANTOS et al. 1992), resultante da rápida combinação de oxigênio com uma substância comburente – uma reação química exotérmica. No Bioma Cerrado, principalmente no

período de estiagem, com condições atmosféricas favoráveis, aumento de temperatura em regiões com cobertura vegetal seca, as ocorrências das queimadas são mais intensas.

Tendo em vista a ocorrência de queimadas no Estado do Maranhão, tem-se diversos processos legislativos que visam a prevenção e regularização (no caso das solicitações de autorização) das queimadas. De acordo com a Lei Estadual n.° 8.528, de 7 de setembro de 2006, produzir queimadas sem autorização prévia do órgão competente é considerada uma infração. O código florestal, sob a forma da Lei n.° 12.651, de 25 de maio de 2012, apresenta um capítulo (IX) especialmente voltado para as especificações sobre a "proibição do uso do fogo e do controle de incêndios". O Decreto n.° 31.644, de 19 de abril de 2016, criou o comitê de prevenção e combate a queimadas e incêndios no âmbito do Estado do Maranhão. A Portaria n.° 0073, de 25 de junho de 2020, apresenta os procedimentos técnicos e administrativos da queima controlada no Estado.

As áreas protegidas – Unidades de Conservação e Terras indígenas – do cerrado maranhense também são atingidas pelos focos ativos de calor. Uma vez que as queimadas também são provocadas por condições atmosféricas naturais, as áreas protegidas também sofrem com esse fenômeno. De acordo com Morelli *et al.* (2009), as queimadas são "uma das mais importantes fontes de alteração e destruição e flora e fauna, com consequente comprometimento dos recursos naturais nestes locais".

Em 2015, o Estado do Maranhão, por meio do decreto n.° 31.186, declarou situação de emergência ambiental em várias terras indígenas, sendo as inseridas no Bioma Cerrado: Krikati, Kanela, Lagoa Comprida, Porquinhos e Cana Brava/Guajajara, devido a incêndios florestais e queimadas. O decreto n.° 32.243, de 14 de outubro de 2016, declarou situação de emergência nos seguintes municípios do Bioma Cerrado: Caxias, Duque Bacelar, Gonçalves Dias e Matões, devido às áreas afetadas pela estiagem.

A resolução do Conselho Nacional de Meio ambiente (CONAMA) n.° 11, de 14 de dezembro de 1988 instrui sobre as práticas lícitas e ilícitas relacionadas as queimadas em Unidades de Conservação. O artigo 2° permite a abertura ou construção de aceiros e pequenas barragens no interior das unidades de conservação, desde que esteja previsto no plano diretor de manejo. A construção de aceiros e, também, de leiras são importantes técnicas para a contenção de queimadas, impedindo que o fogo se propague e consuma áreas maiores, os registros fotográficos a seguir apresentam aceiros e leiras em áreas vulneráveis a ocorrências de queimadas.

Os aceiros compreendem grandes faixas de solo exposto. No geral, possuem 3m de largura, percorrem os limites das propriedades, seguindo as cercas, impedindo que o fogo se propague para as propriedades adjacentes ou para a vegetação nas margens das estradas. Essa técnica permite que haja uma descontinuidade da cobertura vegetal entre os limites das propriedades, com a ausência da

cobertura vegetal seca. Nos limites das propriedades, o fogo é impedindo de avançar além das cercas, limitando-se a uma área específica.

Os registros fotográficos 2.45 e 2.46, respectivamente, apresentam aceiros vistos nas margens da BR-230, em Riachão, e BR-010, em Carolina. Essas faixas abertas no perímetro das cercas impedem que os focos iniciados na vegetação do interior das propriedades avancem para a vegetação nas margens da rodovia e vice-versa.

Figura 2.45 – Aceiro nas margens da BR-230 no município de Riachão

Fonte: Registro de pesquisa.

Figura 2.46 - Aceiro na margem da BR-010 no município de Carolina

Fonte: Registro de pesquisa.

Assim como os aceiros, as faixas de leira (Figura 2.47), relacionadas à técnica de queima controlada por empilhamento, diz respeito a eliminação dos restos oriundos de limpeza de pastagens ou áreas de culturas, como galhos e troncos, que são empilhados em faixas e amontoados, garantindo, assim, um dano menor ao solo da área, uma vez que a queima não abrangerá toda a propriedade. Feita por partes, a queima do material também se torna mais eficiente, pois o material a ser queimado está concentrado em um único local e não espalhado.

Figura 2.47 – Faixas de leiras em propriedade nas margens da BR-010 em Carolina

Fonte: Registro de pesquisa.

De acordo com a resolução do CONAMA, a madeira queimada, em Unidades de conservação, independentemente do tipo de queima, não pode ser comercializada, mas poderá ser usada para benefício da própria área protegida, como para construção de suas cercas ou pontes.

As queimadas de manejo não podem ultrapassar, por ano, mais de 20% da área total da Unidade de Conservação. A construção e abertura de caminhos, aceiros e pequenas barragens deve ser feita de modo a não causar impactos na biota e nem provocar erosão acelerada.

As queimadas de manejo devem ser feitas em horários cuja umidade do ar esteja relativamente maior e na ausência de ventos que possam avivar as chamas, com a presença de uma equipe de prontidão, com equipamentos e veículos necessários para combater as chamas, de modo a assegurar o seu controle eficaz.

O uso do fogo como elemento de manejo ecológico deve ser precedido de estudos de impacto ambiental, quando se trata de regiões de campo, cerrado e outros tipos de savana, adaptados à ocorrência periódica de incêndios. Os animais vertebrados não podem ficar, em nenhum momento, cercados pelo fogo oriundo das queimadas de manejo.

A resolução ainda deixa claro que as queimadas de manejo em áreas florestais presentes em Unidades de Conservação só podem ser feitas mediante autorização expressa do CONAMA, e que seus

ecossistemas florestais, mesmo sendo atingidos pela ação do fogo, devem ser mantidos de modo a garantir sua recuperação mediante processos de sucessão ecológica.

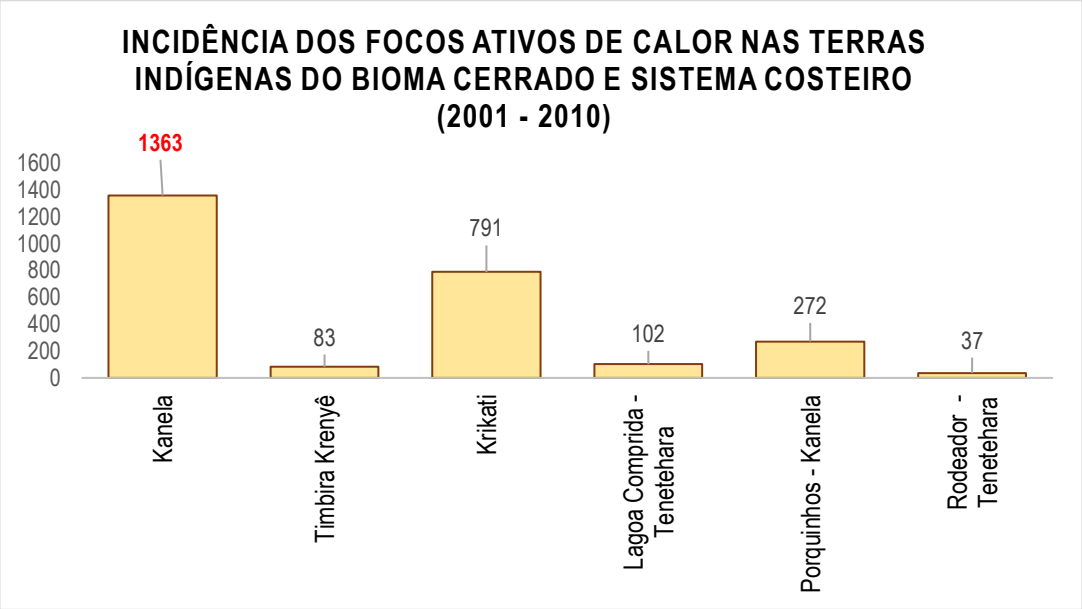
4.5. Focos de Ativos de Calor em Terras Indígenas

Segundo a FUNAI (2020), "terra Indígena se trata de uma parte do território nacional, a qual após regular processo administrativo de delimitação, homologação por meio de Decreto Presidencial passa a ser de propriedade da União". Estas podem ser habitadas por uma ou mais comunidades indígenas, sendo usada para atividades produtivas, culturais, bem-estar e, também, reprodução física. Trata-se de um bem da União, inalienável e indisponível e os direitos sobre ele são imprescritíveis. Aos índios é garantida a posse permanente das terras (IMESC, 2021).

A respeito das Terras Indígenas (TIs), nota-se um total de nove Terras inseridas parcial ou totalmente nos limites territoriais do Bioma Cerrado e do Sistema Costeiro do Estado do Maranhão. São elas: Terras Indígenas de Lagoa Comprida, Krikati, Rodeador, Porquinhos, Porquinhos dos Canela-Apãnjekra, Cana Brava/Guajajara, Kanela, Krenyê, Kanela Memortrumré (FUNAI, 2020; IMESC, 2021). No entanto, para este trabalho, foram abordados os focos de calor apenas em Terras Indígenas que se encontram em situação regularizada. Assim como nos métodos utilizados para as Unidades de Conservação, para a abordagens em TI's também se fez utilização de dados obtidos através do Banco de dados de queimadas do INPE, adaptando-os para o intervalo de 10 anos para cada metade dos anos 2000 (2001 – 2010 e 2011 – 2020).

O que se pode observar após todas as análises realizadas é que na primeira metade dos anos 2000, as terras indígenas totalizaram 2648 ocorrências de focos de calor, sendo que a Terra Indígena Kanela apresentou a maior quantidade, com 1363 focos identificados, seguida pela Terra Indigena Krikati, com 791 registros. As Terras Timbira Krenyê e Rodeador Tenetehara foram as que registraram os menores números de focos ativos de calor ao longo destes 10 anos, como apresenta a Figura 2.48.

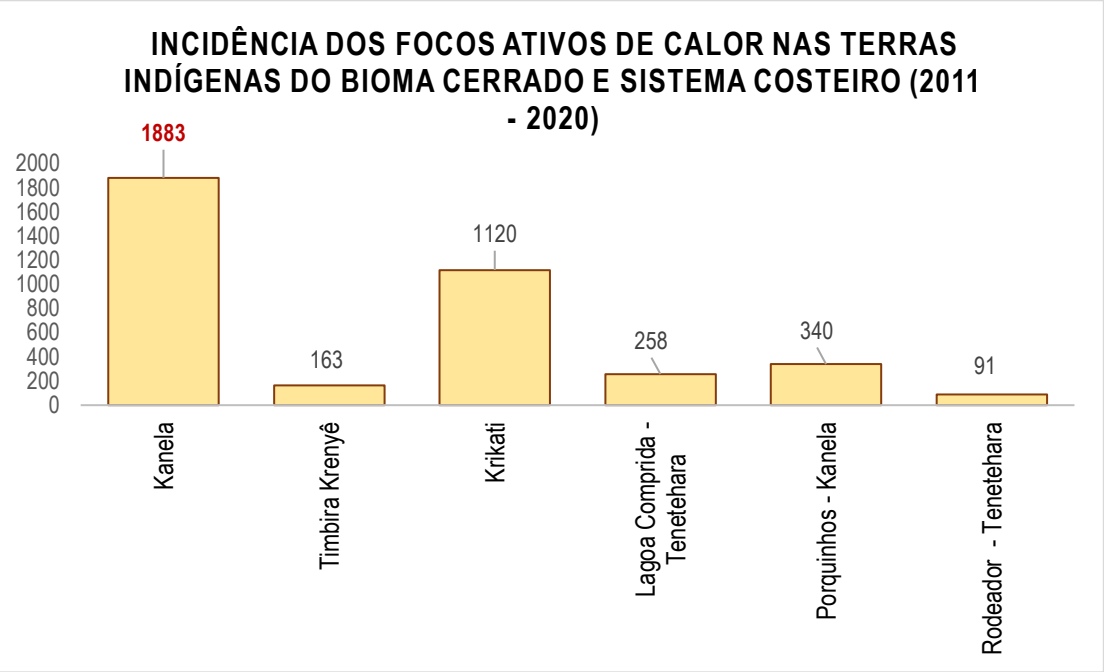
Figura 2.48 – Incidência dos focos ativos de calor em Terras Indígenas entre os anos de 2001 e 2010 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro



Fonte: INPE, 2020.

Na Segunda Metade dos anos 2000 (2011 – 2020), observou-se o mesmo padrão quanto às Terras Indígenas com os maiores quantitativos de focos de calor detectados no Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro do Estado do Maranhão. A TI Kanela apresentou um aumento no número de focos registrados, passando para 1883 ocorrências, mais uma vez seguida por Krikati, que aumentou para 1120 focos. As TI's Timbira Krenyê (163 focos) e Rodeador Tenetehara (91 focos) registraram menos incidências de focos ao longo deste período (Figura 2.49).

Figura 2.49 – Incidência dos focos ativos de calor em Terras Indígenas entre os anos de 2011 e 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro



Fonte: INPE, 2020.

5. CONCLUSÃO

A partir da análise multiteporal dos focos de queimadas no Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro, observou-se maiores incidências na região centro leste dessas áreas e nas proximidades de terras indígenas e unidades de conservação. Dessa forma, os dados obtidos foram cruzados com dados de tipos de vegetação para identificar em quais formações vegetais houve maiores incidências de focos ativos de calor, evidenciando, assim, as áreas ecótonal e de savana como as que mais registram focos de calor, o que se deve ao fato de que são as maiores áreas de tipos de vegetação do Bioma Cerrado e do Sistema Costeiro.

Atestou-se também, que o uso de técnicas e ferramentas do Geoprocessamento associadas às pesquisas de queimadas mostram-se eficientes por apresentarem dados consistentes ao indicarem as áreas mais sensíveis e as que mais carecem de políticas de prevenção e controle de queimadas, e assim, contribuírem para tornar efetivas as questões gerenciais e operacionais.

REFERÊNCIAS

ALLABY, M. (Ed.). **Dictionary of Plant Sciences.** Oxford: Oxford University Press, 1998. 482 p.

ALMEIDA, C. **Relatório de Atividades Projeto Cerrado Jalapão no Parque Nacional da Chapada das Mesas em 2014**. Carolina, 2015;

BARROS, K. A. L. **Análise da dinâmica da vegetação do Cerrado após a ocorrência de fogo no Parque Nacional da Chapada das Mesas por meio de Sensoriamento Remoto.** Monografia (Graduação) – Curso de Geografia Bacharelado, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, 2021;

BARCELLOS, T. G. **Efeitos do fogo sobre a fauna e a flora no cerrado.** Monografia – Licenciatura em Ciências Biológicas, Centro Universitário de Brasília, 37 p., 2001;

BOURLIÈRE, F. (Ed.). **Tropical savannas**. Amsterdam: (Ecosystems of the world, 13). Elsevier, 1983. 730 p.

BRASSALOTI, R.A., ROSSA-PERES, D.C. & BERTOLUCI, J. **Anurofauna da floresta estacional Semidecidual da estação ecológica dos Catetus, sudoeste do Brasil**. Biota Neotrópica, 2010;

CÂMARA, G.; CARVALHO, M.S. **Análise espacial de eventos**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. 2002. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap2-eventos.pdf. Acesso em: 04 março. 2021.

CARVALHO, I. S. de. **Análise espaço-temporal do regime de queimadas no Parque Nacional da Chapada das Mesas, Maranhão 76 f.** Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente, Universidade Estadual do Maranhão, 2019

CLEMENTS, F.E. **Research methods in Ecology**. Nebraska: University Publishing Co., 1905. 512p.
GERHARDT, K. **Seedling development of four tree species in secondary tropical dry forest in Guanacaste, Costa Rica.** Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations. Facult os Science and Tecnology, 1994.;

DROBYSHEV, I., GOEBEL, P.C., HIX, D.M., Corace III, R.G. & SEMKO-DUNCAN, M.E. **Interactions among forest composition, structure, fuel loadings and fire history: A case study of red pine-dominated forests of Seney National Wildlife Refuge, Upper Michigan.** Forest Ecology and Management, **256**, p.1723–1733, 2008;

INPE. **Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios**. Disponível em: http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/ . Acesso em: 8 de março. 2020.

IEF- INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. **Parque Estadual da Mata Seca: ecologia, ocupação humana do entorno e conservação. MG Biota**: Boletim Técnico Científico da Diretoria de Biodiversidade do IEF, v.1, n.2, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2008. 84pgs.

DURIGAN & RATTER, J.A. **The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation.** *Journal of Applied Ecology*, p.11–15, 2016;

EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, v. 3, n. 2, p. 201-341, 1972;
Florenzano, T. G. Iniciação em Sensoriamento Remoto. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

FREIRE, F.H.M. **Introdução à Estatística Espacial.** 2021.

FROST, P. **The ecology of miombo woodlands.** Cambell B.M. Bogon, p. 11–57. Indonésia, 1996;

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: 2 março. 2021.

HOFFMANN, W. A. **Fire and Population Dynamics of Woody Plants in a Neotropical Savanna: Matrix Model Projections**.Ecology, [s.l.], v. 80, n. 4, p.1354-1369, jun. 1999;

IBGE. **Atlas do Maranhão.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1984;
INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira.** Rio de Janeiro: IBGE ,2012. (Série Manuais Técnicos em Geociências n°1), 2° Edição.

MENDES, I de C; CUNHA, M. H da; JUNIOR, F. B dos; FERNANDES, M. F; CHAER, G. M; MERCANTE, F. M; ZILLI, J. E. **Bioindicadores para avaliação da qualidade dos solos tropicais: utopia ou realidade?** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009;

MILAN, E. & MORO, R. **O conceito biogeográfico de Ecótono**. Terra Plural. 10. p.75-88. 10.5212/TerraPlural.v.10i1.0006, 2016;

MOREIRA, A.G. **Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil.** Journal of Biogeography, p.1021-1029, 2000;

MURPHY. P. G. & LUGO, A. E. **Ecology of tropical dry forest**. Annual review of ecologic and sistematics, v. 17, n.1, p. 67-88. 1986.

PEDRALLI, G. **Florestas secas sobre afloramentos de calcário em Minas Gerais: florística e fisionomia.** Bios, v. 5, n. 5, p. 81-88, 1997

PARITSIS, J., RAFFAELE, E. & VEBLEN, T.T. **Vegetation disturbance by fire affects plant reproductive phenology in a shrubland community in northwestern Patagonia,** Argentina. *New Zealand Journal of Ecology*, 387–395, 2006;

PAUSAS, J.G., BRADSTOCK, R.A., KEITH, D.A. & KEELEY, J.E. **Plant functional traits in relation to fire in crown-fire ecosystems.** *Ecology*, p.1085–1100, 2004;

SCARIOT, A. & SEVILHA, A. C. **Biodiversidade, estrutura e conservação de florestas estacionais deciduais no Cerrado.** In: Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. Brasília. Ministério do Meio Ambiente, 2005

QUARTAROLI, C. F.; CRISCUOLO, C.; HOTT, M. C.; GUIMARAES, M. **Alterações no uso e cobertura das terras no nordeste do Estado de São Paulo no período de 1988 a 2003**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006. (Documentos Embrapa);

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**. In: Cerrado Ambiente e Flora (S.M. Sano, & S.P. de Almeida, eds.). EMBRAPA/CPAC, Planaltina, D.F., p.89-186, 1998;

RODRIGUES, T.C.; KUX, H.J**. Uso do Software Livre Interimage para a Classificação Orientada a Objetos em Área de Expansão Urbana na Ilha do Maranhão**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 3, n. 67, p.493-506, 2015;

SILVERMAN, B. W. **Density Estimation for Statistics and Data Analysis**. Nova York: Chapman and Hall,1986;

SHIRATSUCHI, L. S.; BRANDAO, Z. N.; VICENTE, L. E.; VICTORIA, D. C.; DUCATI, J. R.; OLIVEIRA, R. P.; VILELA, M. F. Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão. In: BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar.** Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 58-73.;

WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas.** 2006. 389 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília - UNB, Brasília, DF, 2006.;
SILVERMAN, B. W. **Density Estimation for Statistics and Data Analysis**. Nova York: Chapman and Hall,1986;

SIMON, M.F. & PENNINGTON, T. **Evidence for Adaptation to Fire Regimes in the Tropical Savannas of the Brazilian Cerrado.** *International Journal of Plant Sciences*, p**.**711–723, 2012;

WERNECK, M.S; FRANCESCHINELLI, E.V; TAMEIRÃO-NETO, E. **Mudanças na florística e estrutura de uma floresta decídua durante um período de quatro anos (1994-1998), na região do triângulo mineiro, MG**. Revista Brasileira de Botânica, v.23, n. 4, p. 401-413, 2000.

WILLIAMS, R.J. **Fire and floral phenology in a humid tropical savanna at Kapalga, Kakadu National Park,** northern Australia. p. 54–59, 1997;

WROBLESKI, D.W. & KAUFFMAN, J.B. **Initial effects of prescribed fire on morphology, abundance, and phenology of forbs in big sagebrush communities in southeastern Oregon.** *Restoration Ecology*, p.82–90, 2003;

CAPÍTULO 3

DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DAS PRESSÕES DE USO NO BIOMA CERRADO E NO SISTEMA COSTEIRO NO ESTADO DO MARANHÃO

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 92
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 93
2.1 Aquisição e Tratamento de dados em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) 94
2.2 Classificação Digital de Imagens de Satélite do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão 99
2.3 Classificação Supervisionada de Imagens de Satélite do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado (MA) 103
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES 108
3.1 Área Urbana 117
3.1.1 Área urbanizada 117
3.1.2 Área Urbanizada + Extrativismo Vegetal 118
3.1.3 Área de Segurança Nacional 119
3.1.4 Complexos Industriais 119
3.2 Áreas Campestres 120
3.3 Solo Exposto 123
3.4 Usos Diversificados em Corpos d'Água 123
3.5 Áreas de Plantios 128
3.6 Área Florestal 131
3.7 Silvicultura 136
3.8 Dunas, Praias e Bancos de Areia 138
3.9 Unidades de Conservação 140
3.10 Terras Indígenas 142
4 AS ÁREAS PROTEGIDAS NO CONTEXTO DAS PRESSÕES DE USO E AS ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE 143
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 151
REFERÊNCIAS 153

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Disposição no *software ArcGis*® versão 10.5 das 15 cenas que compreendem o Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado 95

Figura 3.2 - Mosaico de Imagens LANDSAT – 5 para o ano de 2007 (A) e LANDSAT – 8 para o ano de 2020 (B) do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado (MA) 99

Figura 3.3 - Exemplificação das coletas de amostras dos padrões de uso e cobertura da terra utilizando o *software* ArcGis® versão 10.5 104

Figura 3.4 - Amostras coletadas para fins da pré-classificação supervisionada dos anos de 2007 e 2020, respectivamente 105

Figura 3.5 - Resultado da Classificação por treinamento supervisionado dos Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão para o ano de 2007 (A) e 2020 (B) 105

Figura 3.6 - Demonstrativo do processo de seleção dos polígonos eliminados na fase de refinamento da classificação supervisionada 106

Figura 3.7 - Correção das classes de uso e cobertura da terra a partir do agrupamento de classes no *ArcGis® versão 10.5* *107*

Figura 3.8 - Mapa de pressões de uso da terra no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, ano de 2007 112

Figura 3.9 - Mapa de pressões de uso da terra no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, ano de 2020 115

Figura 3.10 - Comparação de uso de área destinada à exploração pecuária e outras atividades a ela associadas aos Cerrado Maranhenses 122

Figura 3.11 - Pastagens naturais e antropogênicas configurando área campestre em Mirador (MA) .. 122

Figura 3.12 - Mosaico representativo da barragem do rio Flores, bacia do Mearim, localizado no município de Joselândia 125

Figura 3.13 - Reservatório artificial da Usina Hidrelétrica de Estreito, Médio Tocantins maranhense .. 126

Figura 3.14 - Distribuição das formações florestais em 2007 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão 132

Figura 3.15 - Distribuição das formações florestais em 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão 133

Figura 3.16 - Área de porte florestal em Colinas, às margens do Rio Alpercatas, cuja resiliência ao fogo é ainda presente 134

Figura 3.17 - Dunas fixas em processo de retomada de mobilização eólica em Barreirinhas (MA) por avanço das areias por sobre cobertura vegetal campestre 139

Figura 3.18 - Bancos de areias às margens do Rio Munim em Nina Rodrigues 139

Figura 3.19 - Unidades de Conservação do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado os anos de 2007 e 2020 141

Figura 3.20 - Terras Indígenas do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado nos anos de 2007 e 2020 143

Figura 3.21 - Mapa de áreas protegidas do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado 146

Figura 3.22 - Áreas Prioritárias para a Conservação no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão 150

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Cenas datadas do ano de 2007, utilizadas na elaboração do mapa de uso e cobertura da Terra do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão 96

Tabela 3.2 - Cenas datadas do ano de 2020 utilizadas na elaboração do mapa de uso e cobertura da Terra do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão 96

Tabela 3.3 - Características espectrais do instrumento TM *Landsat 5* *97*

Tabela 3.4 - Características espectrais dos instrumentos OLI e TIRS / *Landsat 8* 97

Tabela 3.5 - Chaves de identificação amostradas no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado (MA) 101

Tabela 3.6 - Áreas e percentuais das classes de uso e cobertura da terra do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Maranhão 109

Tabela 3.7 - Legenda de padrões de pressão de uso da terra do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Maranhão adotada para os mapas do ano de 2007 113

Tabela 3.8 - Legenda de padrões de pressão de uso da terra do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Maranhão adotada para o mapa do ano de 2020 116

Tabela 3.9 - Quadro de locais e principais espécies utilizadas na pesca esportiva no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão 127

Tabela 3.10 - Área de todos os espaços protegidos no contexto do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão 147

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1 - Demonstrativo de área e percentual de área de uso do território do cerrado maranhense destinado à atividade pecuária e outras atividades a ela associada 120

Gráfico 3.2 - Área Plantada (km²) da Produção das Lavouras Temporárias no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado - 2007 a 2019 129

Gráfico 3.3 - Área Plantada (km²) da Produção das Lavouras Permanentes no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado - 2007 a 2019 130

Gráfico 3.4 - Variação da classe de Silvicultura (classe 7) entre os anos de 2007 e 2020, no mapeamento pressões de uso da terra no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão 137

Gráfico 3.5 - Distribuição percentual das categorias de espaços protegidos no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão 148

Gráfico 3.6 - Composição percentual das categorias de APPs no contexto territorial do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão 149

1 INTRODUÇÃO

Tendo em vista a complexidade do território no Estado do Maranhão, assim como a diversidade de atores e as intensas transformações no espaço, é possível identificar os determinantes da modificação da paisagem e os possíveis cenários ao longo dos anos, considerando como recorte de análise o bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão. Esse recorte de análise é uma tarefa que permite analisar as zonas de pressão de uso e sua configuração na dinâmica do território e auxilia o planejamento de medidas e estratégias por meio da construção de cenários futuros.

De acordo com David (2019), a paisagem é um conceito fundamental na interpretação geográfica, pois permite uma representação das diversas formas que expressam as marcas da sociedade no decorrer do tempo. Nesse sentido, a partir das transformações em curso no contexto do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, evidencia-se o atributo da paisagem, em que estão materializadas as modificações consideradas no recorte temporal dos anos de 2007 e 2020, em conformidade com as condições físicas e sociais que configuraram as formas de uso e cobertura da terra.

Conforme Souza (2016), as formas de uso da terra representam as atividades antrópicas sobre os recursos biofísicos disponíveis e, também, o modo como eles são manejados ou explorados. Tais recursos estão associados à cobertura da terra e compreendem as formas físicas da superfície terrestre e seu estado biofísico.

Com base nos estudos do Zoneamento Ecológico-Econômico do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, é proposto a identificação das zonas de pressão de uso no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado, com a finalidade de estabelecer quais são as áreas homogêneas de ações antrópicas diante da complexidade natural do respectivo recorte espacial do estudo. Assim, a base cartográfica das formas de uso, bem como as zonas de pressão e cobertura da terra são um instrumento que podem auxiliar no fornecimento de referências para a sistematização de informações bem como para a caracterização e integração das multiplicidades dos territórios, e de modo a:

- Identificar as principais unidades territoriais homogêneas para classificação e categorização, diante dos fatores geográficos dos territórios;
- Estabelecer base de dados georreferenciados das implicações no meio físico-biótico e humano, na perspectiva de direcionar os cenários futuros auxiliando a gestão do território.

As pressões de uso são fatores substanciais para a análise integrada, de forma espacial e multitemporal, da conversão das paisagens nativas em territórios alterados pelas atividades

antropogênicas, como pela pecuária, silvicultura, agricultura de mercado, agricultura de subsistência e pelos grandes projetos implantados na região.

Para as análises quanti-qualitativas das mudanças do uso e cobertura da terra entre 2007 e 2020, tradução direta das pressões de uso no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado, a abordagem metodológica teve por enfoque a análise temporal do uso e cobertura da terra a partir de dados da série de Satélites LANDSAT 5 e 8. Associados a estes instrumentais, destaca-se, ainda, a integração e compatibilização com outros dados produzidos por fontes oficiais como o IBGE e IMESC. Foram aplicadas às imagens analisadas técnicas de processamento digital de imagens e classificação supervisionada pixel-a-pixel, seguido de uma edição matricial para refinamento dos dados, e trabalho de campo para validação.

Dessa forma, reorganizaram-se as classes de uso em 10 (dez), contendo 43 (quarenta e três) categorias no ano de 2020 e 39 categorias no ano de 2007. Dessas, duas são de Unidades de Conservação (Proteção Integral) e a outra de Terras Indígenas em ambos os anos.

Além do mapeamento, os resultados deste trabalho estarão traduzidos em valores qualitativos e quantitativos, disponibilizando à sociedade a contabilidade de todas as mudanças nas formas de ocupação do território do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado. As informações encontram-se disponíveis em recortes sobre os domínios das regiões de desenvolvimento do Estado do Maranhão. Pretende-se, com esta publicação, contribuir para o conhecimento da realidade do bioma em alusão, para o exercício da cidadania, bem como atender a setores da sociedade que necessitam deste tipo de informação por dados temáticos, como de cobertura e uso, que subsidiam ações gerenciais e estudos que possam promover o desenvolvimento regional.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No intuito de analisar a tônica das pressões de uso dos espaços contidos no Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, os procedimentos metodológicos de análise foram pautados em ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, com apoio de trabalhos de campo entre os anos de 2020 e 2021. A seguir, relata-se a composição da estrutura técnico-científica basal do presente item, fundamental para a sua posterior replicação para validação.

Os mapeamentos temáticos de Uso e Cobertura da Terra do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, para os anos de 2007 e 2020, foram desenvolvidos a partir de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, os quais irão subsidiar as análises das tipologias de pressões de uso que ocorrem no referido território. Os procedimentos técnicos adotados estão descritos a seguir.

2.1 Aquisição e Tratamento de dados em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica)

A sistematização da cartografia temática e processamento das informações foram realizados nos *softwares ArcGis® for Desktop Advanced*, versão 10.5 (Licença - ENT-ES-0006-17IMESC-0117) e QGIS versão 2.18.24. A base cartográfica de referência constituiu-se do trabalho realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do ano de 2016 de Uso e Cobertura da Terra na escala de mapeamento 1:250.000, alinhada ao Manual Técnico de Uso e Cobertura da Terra (2013).

Destarte, a sistematização resultou na composição do banco de dados geográficos por meio da aquisição de informações e do tratamento dos dados. Na etapa de aquisição, utilizaram-se imagens do sensor *TM (Thematic Mapper) LANDSAT- 5* para o ano de 2007, e *OLI/TIRS LANDSAT- 8* para o ano de 2020, das quais foram adquiridas no *sítio eletrônico* do Serviço Geológico dos Estados Unidos – USGS – *Earth Explorer*. Posteriormente, visto que as imagens possuem o *datum* de origem WGS 84, realizou-se a reprojeção das cenas para o sistema de referência de coordenadas planimétrico SIRGAS 2000 – zona 23 S. Assim, adquiriu-se 15 cenas (Figura 3.1) referentes ao segundo semestre dos anos de 2007 e 2020, que cobrem o Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão (Tabelas 3.1 e 3.2).

Evidencia-se, também, que o sensor *TM LANDSAT – 5,* segundo a Embrapa (2021), possui uma separação espectral que oferece subsídios aos mapeamentos na área de recursos naturais. Assim, traz um conjunto de bandas espectrais, sendo seis com resolução espacial de 30 m para as bandas azul, verde, vermelho, infravermelho próximo e médio; e uma com resolução de 120 m para a banda do infravermelho termal. Além disso, possui uma resolução temporal de 16 dias com área imageada de 185km e uma resolução radiométrica de 8b.

Foi possível ainda realizar as combinações de bandas para construir composições. Por exemplo, a colorida RGB – Red, Green e Blue, correspondente às bandas 1, 2 e 3; distintas do *Landsat* 8, permitindo visibilidade e detalhamento para trabalhos em escalas de até 1:25.000. Nesse sentido, cada cena do sensor *TM LANDSAT 5* é constituída por sete bandas espectrais (Tabela 3.3). Segundo Meneses e Almeida (2012), o sensor tem melhor resolução espectral se possuir maior número de bandas situadas em diferentes regiões espectrais e tendo, principalmente, larguras estreitas de comprimentos de onda.

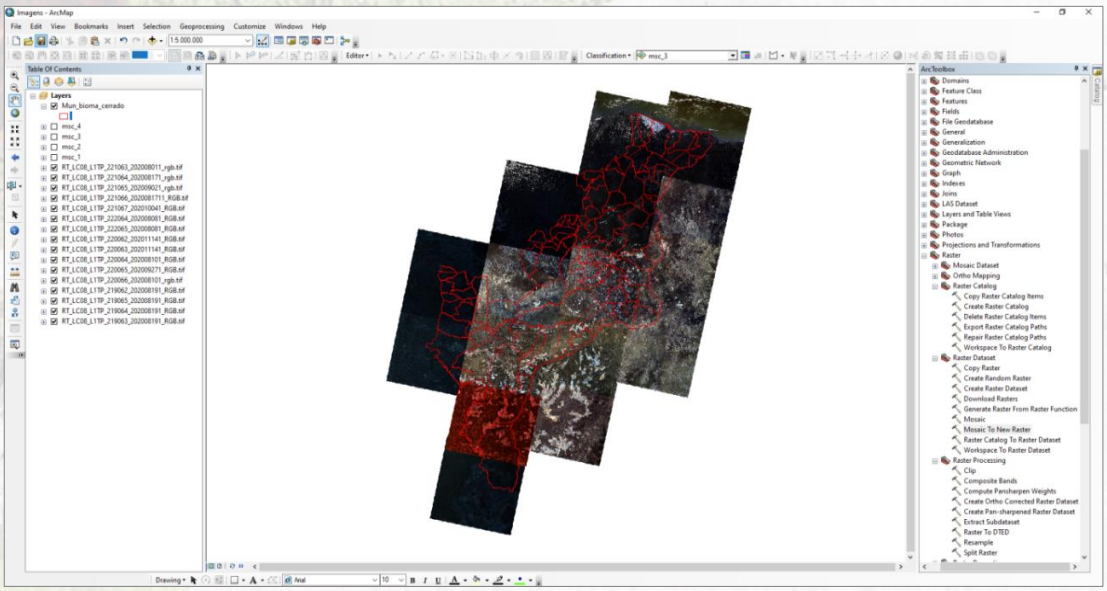
O sensor OLI/TIRS LANDSAT - 8 possui uma riqueza espectral diferenciada, pois traz um conjunto de bandas espectrais adicionais que permitem as combinações de bandas para construir composições, como por exemplo, a colorida RGB – Red, Green e Blue, que além de possuir ampla abrangência em cada cena, permite visibilidade e detalhamento para trabalhos em escalas de até 1:25.000. Nesse sentindo, cada cena do sensor *OLI/TIRS LANDSAT 8* é constituída por 11 bandas

espectrais (Tabela 3.4), e os sistemas sensores registram a energia refletida ou emitida pelo alvo em diferentes bandas do espectro eletromagnético.

Por conseguinte, na fase de pré-processamento foram adotados os procedimentos de correção atmosférica das cenas, uma vez que a atmosfera ocasiona degradação ou distorções radiométricas, tendo como consequência o espalhamento atmosférico (MENESES; ALMEIDA, 2012). Além disso, realizou-se a composição de bandas e mosaico das imagens para, posteriormente, realizar a etapa relativa à identificação dos alvos com as técnicas de sensoriamento remoto.

À vista disso, para o procedimento de correção atmosférica, segundo Meneses e Almeida (2012), é necessário remover os efeitos que a atmosfera introduz sobre as imagens, contribuindo na qualidade da leitura das cenas. Nesse sentido, a energia eletromagnética em contato com a atmosfera é espalhada e parte dela retorna ao espaço alterando assim a energia refletida e emitida pela superfície. Os efeitos diretos, resultantes da absorção e do espalhamento atmosférico, produzem a alteração do brilho da cena e a diminuição de contraste entre os alvos (ANTUNES *et al.*, 2012). Sendo assim, é fundamental a execução da correção atmosférica nas imagens de satélite. Nesta perspectiva, a correção atmosférica das cenas foi realizada individualmente a partir do *plugin Semi-Automatic Classification* do QGIS versão 2.18.24.

Figura 3.1 - Disposição no *software ArcGis*® versão 10.5 das 15 cenas que compreendem o Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado



Fonte: Registros da Pesquisa (2021)

Tabela 3.1 - Cenas datadas do ano de 2007, utilizadas na elaboração do mapa de uso e cobertura da Terra do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão

CENAS	BANDAS	DATA
LT05_L2SP_219062_20070816_20200830_02	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	16/08/2007
LT05_L2SP_219063_20070816_20200830_02	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	16/08/2007
LT05_L2SP_219064_20070816_20200830_02	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	16/08/2007
LT05_L2SP_219065_20070816_20200830_02	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	16/08/2007
LT05_L2SP_220062_20070807_20200830_02	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	07/08/2007
LT05_L2SP_220063_20070807_20200830_02	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	07/08/2007
LT05_L2SP_220064_20070807_20200830_02	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	07/08/2007
LT05_L2SP_220065_20070807_20200830_02	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	07/08/2007
LT05_L2SP_221063_20070814_20200830_02	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	14/08/2007
LT05_L2SP_221064_20070814_20200830_02	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	14/08/2007
LT05_L2SP_221065_20070814_20200830_02	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	14/08/2007
LT05_L2SP_221066_20070814_20200830_02	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	14/08/2007
LT05_L2SP_221067_20070814_20200830_02	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	14/08/2007
LT05_L2SP_222064_20070805_20200830_02	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	05/08/2007
LT05_L2SP_222065_20070805_20200830_02	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	05/08/2007

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Tabela 3.2 - Cenas datadas do ano de 2020 utilizadas na elaboração do mapa de uso e cobertura da Terra do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão

CENAS	BANDAS	DATA
LC08_L1TP_219062_20200819_20200904_01	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	4/09/2020
LC08_L1TP_219063_20200819_20200904_01	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	4/09/2020
LC08_L1TP_219064_20200819_20200904_01	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	4/09/2020
LC08_L1TP_219065_20200819_20200904_01	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	4/09/2020
LC08_L1TP_221066_20200817_20200822_01	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	17/08/2020
LC08_L1TP_221067_20201004_20201015_01	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	04/10/2020
LC08_L1TP_222064_20200808_20200821_01	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	08/08/2020
LC08_L1TP_222065_20200808_20200821_01	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	08/08/2020
LC08_L1TP_221063_20200817_20200822_01	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	17/08/2020
LC08_L1TP_221064_20200902_20200906_01	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	02/09/2020

CENAS	BANDAS	DATA
LC08_L1TP_221065_20200902_20200906_01	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	02/09/2020
LC08_L1TP_220062_20201114_20201209_01	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	14/11/2020
LC08_L1TP_220063_20201114_20201209_01	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	14/11/2020
LC08_L1TP_220064_20200810_20200821_01	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	10/08/2020
LC08_L1TP_220065_20200927_20201007_01	Bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8	27/09/2020

Fonte: Registro da Pesquisa (2021)

Tabela 3.3 - Características espectrais do instrumento TM *Landsat 5*

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Resolução Radiométrica
TM (Thematic Mapper)	B1 – Azul	0.45 - 0.52 µm	30 metros	16 dias	8 bits
	B2 – Verde	0.50 - 0.60 µm			
	B3 – Vermelho	0.63 - 0.69 µm			
	B4 - Infravermelho Próximo	0.76 - 0.90 µm			
	B5 - Infravermelho Médio	1.55 – 1.75 µm			
	B6 - Infravermelho Termal	10.4 - 12.5 µm	120 metros		
	B7 - Infravermelho Médio	2.08 - 2.35 µm	30 metros		

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Tabela 3.4 - Características espectrais dos instrumentos OLI e TIRS / *Landsat 8*

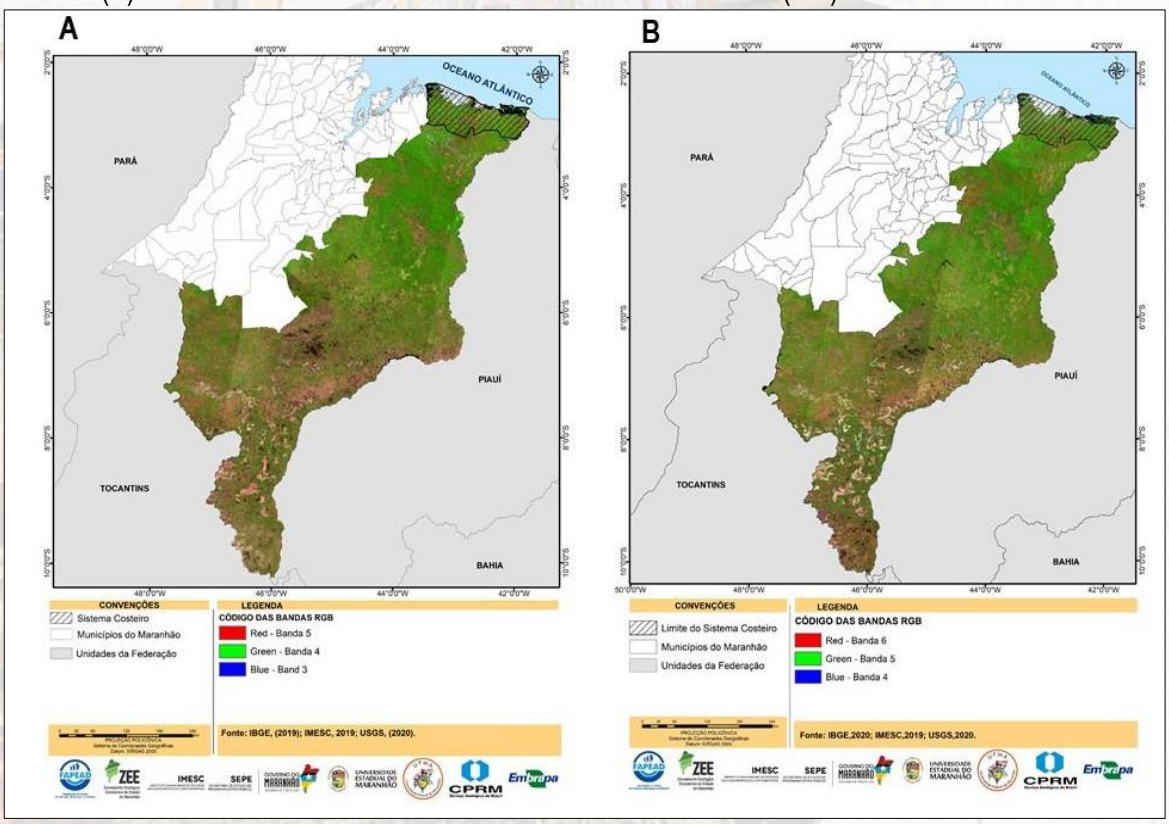
Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Resolução Radiométrica
OLI (Operational Land Imager)	B1 - Costal aerosol	0.43 - 0.45 µm	30 metros	16 dias	16 bits
	B2 - Azul	0.45 - 0.51 µm			
	B3 - Visível Verde	0.53 - 0.59 µm			
	B4 - Visível Vermelho	0.64 - 0.67 µm			
	B5 - Infravermelho Próximo	0.85 - 0.88 µm			
	B6 - Infravermelho Médio/SWIR	1.57 - 1.65 µm			

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Resolução Radiométrica
	B7 - Infravermelho Médio/SWIR	2.11 - 2.29 µm			
	B8 - Pancromática	0.50 - 0.68 µm	15 metros		
	B9 - Cirrus	1.36 - 1.38 µm	30 metros		
TIRS (Termal Infrared Sensor)	B10 - Infravermelho Termal (TIRS)1	10.60 – 11.19 µm	100 metros		
	B11 - Infravermelho Termal (TIRS)2	11.50 – 12.51 µm			

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Uma vez corrigidas as cenas, realizou-se a composição das bandas por meio da ferramenta *Composite Bands*, bem como o mosaico das imagens através da ferramenta *Create Mosaic Dataset* no *ArcGis*® versão 10.5. (Figura 3.2). A composição das bandas deve ser feita de acordo com o estudo a ser realizado e as características da superfície terrestre que precisam ser destacadas, pois a extração de informações, em relação à identificação e à discriminação de objetos, é mais comum e eficiente por meio de imagens coloridas, por razões ópticas físicas e psicofísicas do olho humano (MENESES; ALMEIDA, 2012; GONZALEZ; WOODS, 2010).

Figura 3.2 - Mosaico de Imagens LANDSAT – 5 para o ano de 2007 (A) e LANDSAT – 8 para o ano de 2020 (B) do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado (MA)



Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

Após a fase de pré-processamento das informações, iniciou-se os procedimentos para a classificação não supervisionada e supervisionada, por meio das técnicas de sensoriamento remoto. Vale ressaltar que, segundo Rosa (2013), a classificação não supervisionada não requer qualquer informação prévia sobre as classes de interesse. Por outro lado, a classificação supervisionada é utilizada quando identificamos as classes de informação, permitindo estabelecer uma caracterização estatística das reflectâncias.

2.2 Classificação Digital de Imagens de Satélite do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão

Tendo em vista a importância na detecção das mudanças correspondentes ao uso e cobertura da terra em territórios de grandes dimensões, que apresentam uma heterogeneidade de padrões de uso e ocupação da terra, tem-se utilizado de iniciativas de monitoramento por meio de informações primárias obtidas pelos sensores remotos.

Por esse motivo, no que corrobora as análises de uso e cobertura da terra, visa-se neste estudo explorar as potencialidades de uma abordagem híbrida entre os dados oriundos de plataformas orbitais

e visualização e exploração *in loco*, considerando a complexidade e dimensão das áreas do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado que estão inseridos no Estado do Maranhão. A partir desses métodos, no que se refere ao Sensoriamento Remoto, adotou-se a classificação digital de imagens.

Na classificação digital de imagens, cada cena imageada pelos satélites é constituída por um conjunto de pixel. Conforme explica Baptista (2006), o pixel (*picture element* - corresponde à menor área de uma imagem) e é representado por um valor de radiância ou reflectância, em que cada valor possui um espectro medido da energia eletromagnética que chega ao sensor, tendo em vista que são esses espectros que derivam as informações dos alvos, dos quais tem uma assinatura espectral única, ou seja, uma interação particular entre a matéria e a energia.

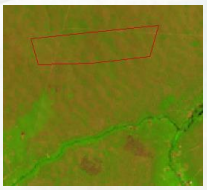
A classificação de imagens orbitais permite a varredura dos objetos espectrais da superfície terrestre, por meio da classificação do pixel da imagem. Moraes (1999) destaca que, para um objeto ser imageado pelos sensores deve ter uma área menor que a área do pixel, no entanto estes podem ser detectados conforme o índice de luminosidade que se sobreponha aos dos objetos circundantes, ou seja, considerando a sombra desses objetos.

Por conseguinte, a classificação digital "é um processo de reconhecimento de padrões e de objetos homogêneos e aplica-se ao mapeamento de áreas consideradas pertencentes a uma única classe de objetos que constituem a legenda do mapeamento pretendido" (PONZONI *et. al*., 2021, p. 69). O processamento dessas classificações pode ser realizado por intermédio de um programa computacional específico, por meio de treinamentos supervisionados e não supervisionados.

Na classificação supervisionada são amostradas chaves de identificação. Essas chaves são compostas de informações nas imagens de satélite referente a uma determinada classe de interesse de uso e cobertura da terra que se pretende mapear, com sua respectiva localização espacial. Especificamente, na área ora trabalhada foram adotadas as chaves de identificação dispostas na Tabela 3.5.

Por outro lado, a classificação não supervisionada apresenta um método de delimitação das classes nas imagens sem que haja uma predefinição de classificadores. Desta forma, atribui aos pixels um algoritmo de agrupamento, determinando uma classe (*cluster*). O número de *clusters* é determinado de acordo com as regras estatísticas definidas pelo usuário. A opção do treinamento não supervisionado foi utilizada para a classificação de imagens que compreende as áreas do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado para estabelecer um conhecimento prévio dos alvos espectrais das imagens trabalhadas, que por ora, possibilitou o reconhecimento das chaves de identificação juntamente com os dados obtidos nos trabalhos de campo realizados.

Tabela 3.5 - Chaves de identificação amostradas no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado (MA)

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO	CHAVE DE IDENTIFICAÇÃO	NOME	LEGENDA FINAL
1		**Área Urbana**	Área Urbanizada Área Urbanizada + Extrativismo Vegetal Complexo Industrial Área de Segurança Nacional
2		**Área Campestre**	Pecuária de Animais de Pequeno Porte Pecuária de Animais de Médio e Grande Porte Pecuária de Animais de Pequeno e Médio Porte Pecuária de Animais de Grande Porte Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola Pecuária de Animais de Grande Porte + Aquicultura Pecuária + Cultivos Temporários Diversificados Uso diversificado em Área Campestre Uso não identificado em Área Campestre
3		**Solo Exposto**	Uso não identificado em Área Descoberta Uso Diversificado em Área Descoberta Minerais não metálicos Núcleo Inicial de Arenização + Área Florestal Núcleo Inicial de Arenização
4		**Corpo d'Água**	Uso Diversificado em Corpo d'Água Continental Uso Diversificado em Corpo d'Água Costeiro Aquicultura Aquicultura + Pecuária de Animais de Grande Porte

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO	CHAVE DE IDENTIFICAÇÃO	NOME	LEGENDA FINAL
5		**Área de Plantio**	Área Agrícola Cultivos Temporários Diversificados + Pecuária + Extrativismo Vegetal Cultivos Permanentes Diversificados
6		**Área Florestal**	Extrativismo Animal em Área Florestal Extrativismo Vegetal + Extrativismo Animal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola Extrativismo Vegetal + Área Agrícola Extrativismo Vegetal em Área Florestal Extrativismo Vegetal em Área Florestal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola Extrativismo Vegetal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola Extrativismo Vegetal + Pecuária + Cultivos Temporários Diversificados Extrativismo Vegetal + Cultivos Permanentes e Temporários Diversificados Vegetação Florestal + Núcleo Inicial de Arenização Vegetação Florestal Vegetação Florestal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola Uso Diversificado em Área Florestal
7		**Atividades de Silvicultura**	Silvicultura Silvicultura + Pecuária de Animais de Grande Porte Silvicultura + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola
8		**Dunas, praias e bancos de areia**	Dunas, praias ou banco de areia

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO	CHAVE DE IDENTIFICAÇÃO	NOME	LEGENDA FINAL
9		**Unidade de Conservação de Proteção Integral**	Áreas amostradas e com seus usos delimitados, levando em consideração os limites instituídos; no entanto todos os usos nessas áreas específicas foram resguardados cumprindo o que prescreve a Lei Federal n.º 9.985, de 18 de julho de 2000.
10		**Terras Indígenas**	Usos amostrados e delimitados em todas as TIs de situação regularizadas, porém, foram resguardados conforme seus limites instituídos, cumprindo o Decreto n.º 1.775, de 8 de janeiro de 1996.

Fonte: ZEE-MA (2021).

Diante disto, a classificação de imagens, segundo Rosa (2013), refere-se à interpretação de imagens de sensoriamento remoto, tendo por auxílio o computador. Além disso, é utilizada como parâmetro de identificação das classes temáticas do mapeamento de uso e cobertura da terra, objetivando a discriminação da diversidade de usos da terra e padrões que recobrem a área em análise. Para tais fins foi utilizada, sobretudo, a classificação supervisionada.

2.3 Classificação Supervisionada de Imagens de Satélite do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado (MA)

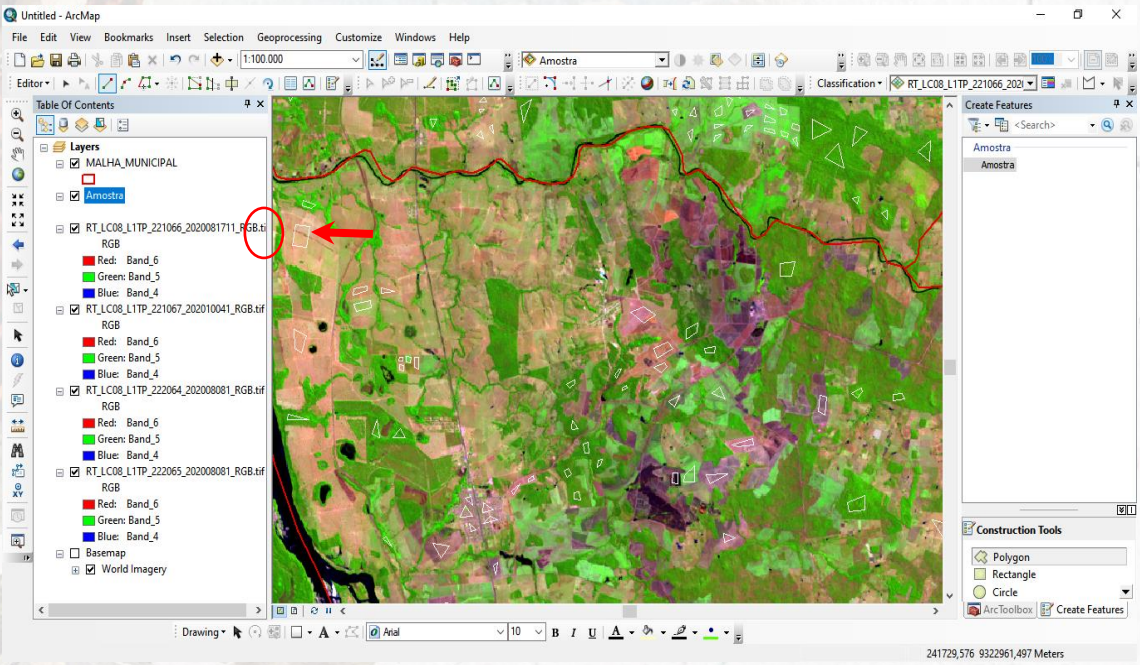
Existem diversos métodos para a realização da classificação supervisionada do uso e cobertura da terra de uma determinada localidade, dentre os quais se podem citar: Distância Mínima, Distância Mahalanobis e Máxima Verossimilhança. O método da Máxima Verossimilhança (MaxVer) foi adotado para realizar a classificação do uso e cobertura da Terra do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado, uma vez que este é considerado um método eficaz, geralmente adotado na obtenção de classes informacionais por meio de imagens de sensores remotos (MENESES, 2012).

O MaxVer é um modelo matemático que define a maior probabilidade de semelhança entre os *pixels*, sendo necessário em seu processo de aplicação a coleta de amostras em que os *pixels* que apresentam uma relação correspondente juntam-se formando uma única classe.

Neste sentido, a partir das 15 cenas (Figura 3.3), obtidas dos sensores TM do satélite *Landsat-5* e OLI-TIRS do satélite Landsat-8, foi realizada a pré-classificação das classes de usos e cobertura da terra. Assim, para o início da pré-classificação foram coletadas amostras relacionadas as oito chaves de identificação pré-estabelecidas (Figura 3.4), de acordo com os códigos de identificação na tabela 3.5.

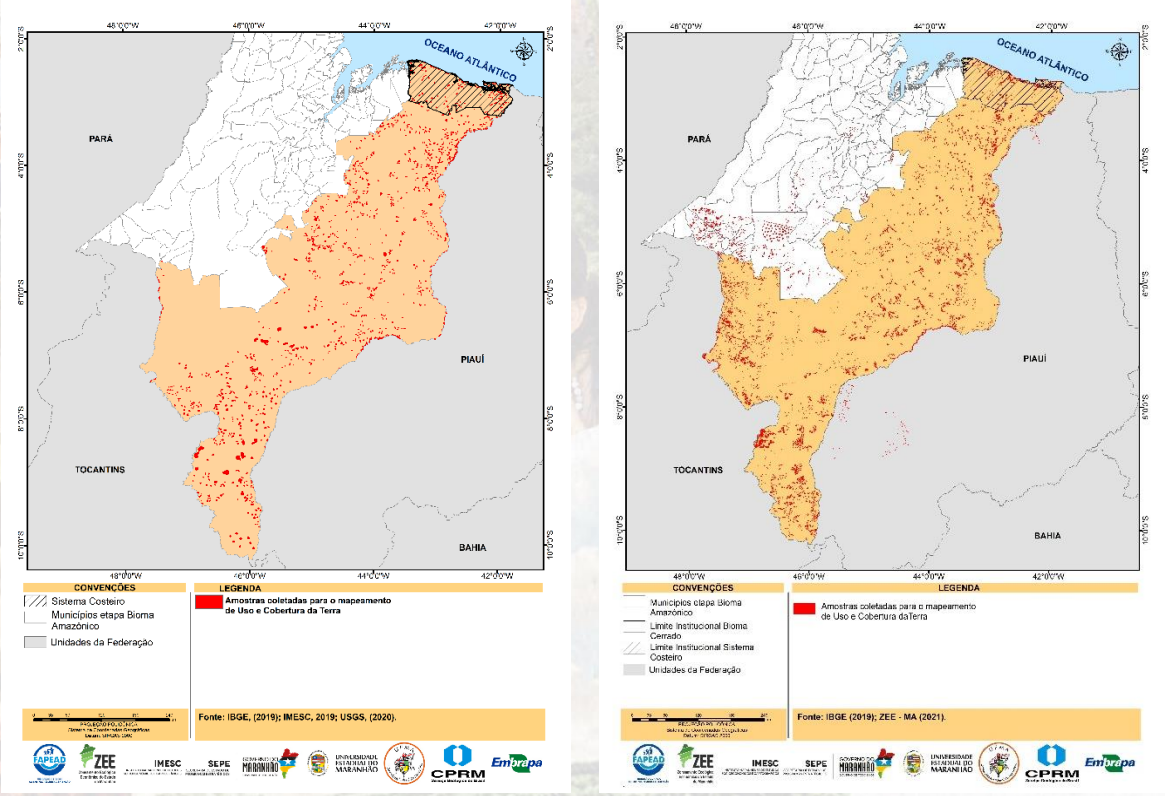
Após a coleta das amostras criou-se uma assinatura por meio da ferramenta *multivariat – creat signatures* no *ArcGis® versão 10.5,* e posteriormente gerou-se a classificação supervisionada também pela ferramenta *Maximum Likelihood Classification* (Figura 3.5). Para o ano de 2007, foram coletadas 2.433 amostras de padrões de uso e, em função de sua diversificação, vista diretamente nas imagens de satélite mosaicadas para o ano de 2020, foram coletados 11.747 pontos amostrais. A partir desse procedimento, foi possível articular índices comparativos de pressões evolutivas dos usos no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado.

Figura 3.3 - Exemplificação das coletas de amostras dos padrões de uso e cobertura da terra utilizando o *software* ArcGis® versão 10.5



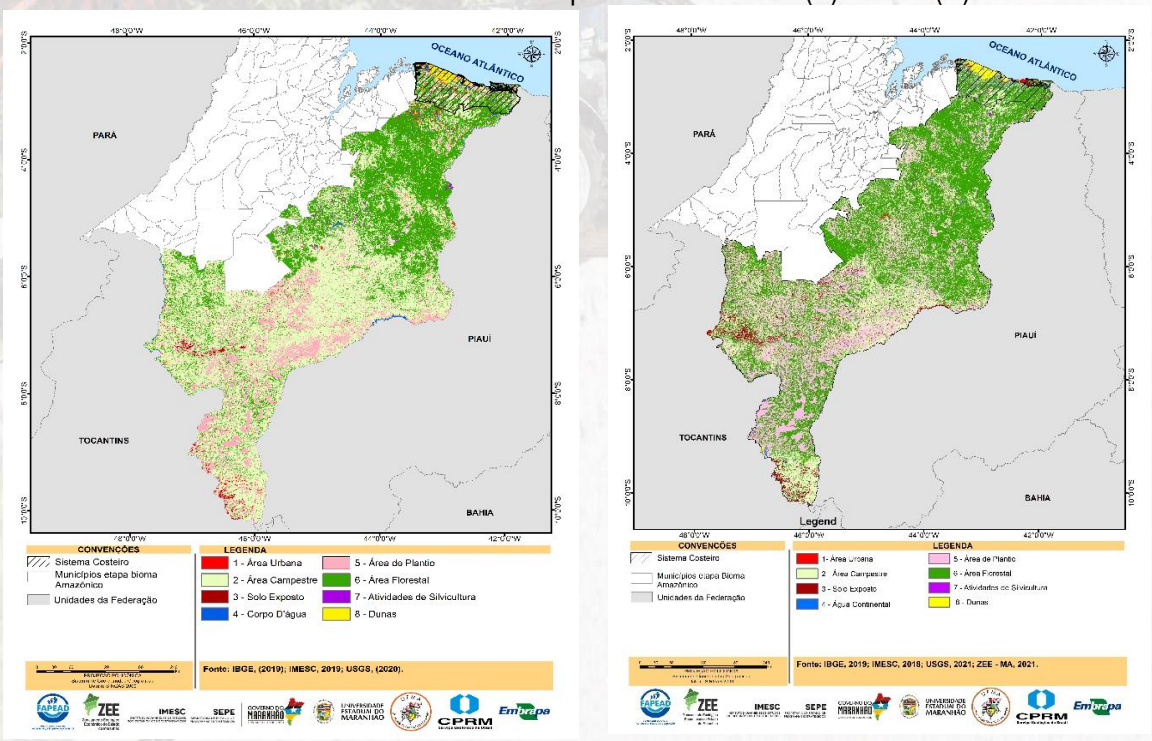
Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Figura 3.4 - Amostras coletadas para fins da pré-classificação supervisionada dos anos de 2007 e 2020, respectivamente



Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

Figura 3.5 - Resultado da Classificação por treinamento supervisionado dos Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão para o ano de 2007 (A) e 2020 (B)



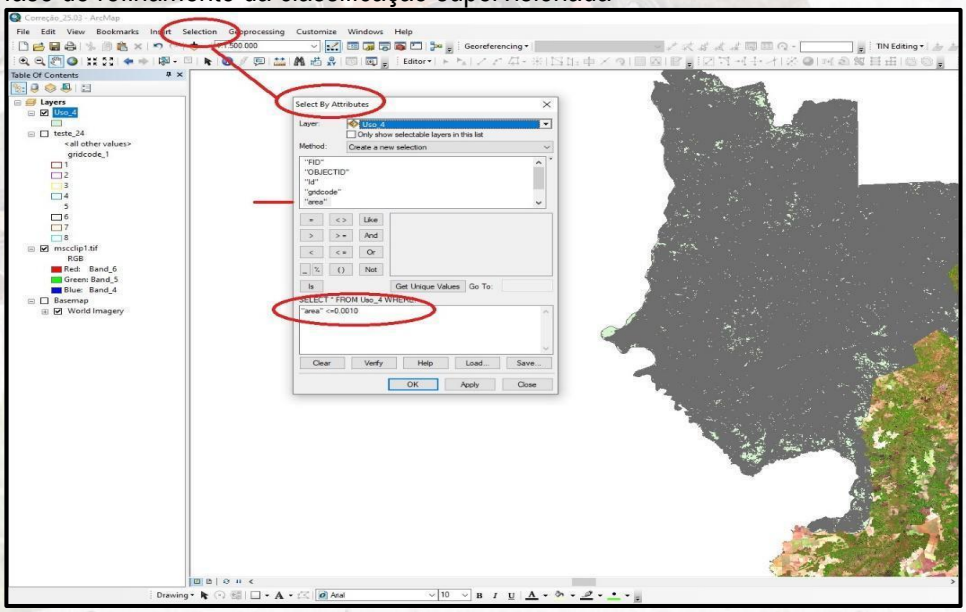
Fonte: Registro da Pesquisa (2021).

O resultado do processo de classificação supervisionada apresentou-se satisfatório no que se refere ao detalhamento das informações, tendo as classes de uso e cobertura bem delimitadas durante o processamento. No entanto, após o processamento da imagem e análise de toda a área em estudo, o resultado preliminar passou por um refinamento, uma vez que se observaram incoerências em algumas classes. A proximidade da resposta espectral dos alvos de interesses confundiu alguns classificadores, gerando assim um resultado insatisfatório para algumas classes de uso e cobertura. Dentre as classes que mais apresentaram confusões nos resultados, tem-se: área urbana – solo exposto; área de plantio – solo exposto; dunas – cobertura de nuvens, área florestal – silvicultura.

Em síntese, é necessária a correção dessas classes para obter exatidão nos resultados. Desta forma, o refinamento destas informações foi realizado por edição vetorial, um procedimento comumente utilizado para mapeamento de uso e cobertura da terra. Este procedimento permite ao pesquisador ajustar os resultados das classificações geradas por processos automáticos, que estão sujeitos a erros de classificação. Para a realização deste procedimento, faz-se necessário o conhecimento de campo do intérprete, uma vez que a edição é realizada por sua interpretação visual, realocando os códigos de identificação em suas classes correspondentes, executando o ajuste de linhas e poligonização.

Na fase inicial do refinamento, é realizada a eliminação de vetores que não correspondem a nenhuma das chaves de identificação de uso. Para o Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado, realizou-se a eliminação de vetores com área menor ou igual a 0.0010 Km² pela ferramenta *Eliminate* do ArcGis® versão 10.5 (Figura 3.6)

Figura 3.6 - Demonstrativo do processo de seleção dos polígonos eliminados na fase de refinamento da classificação supervisionada

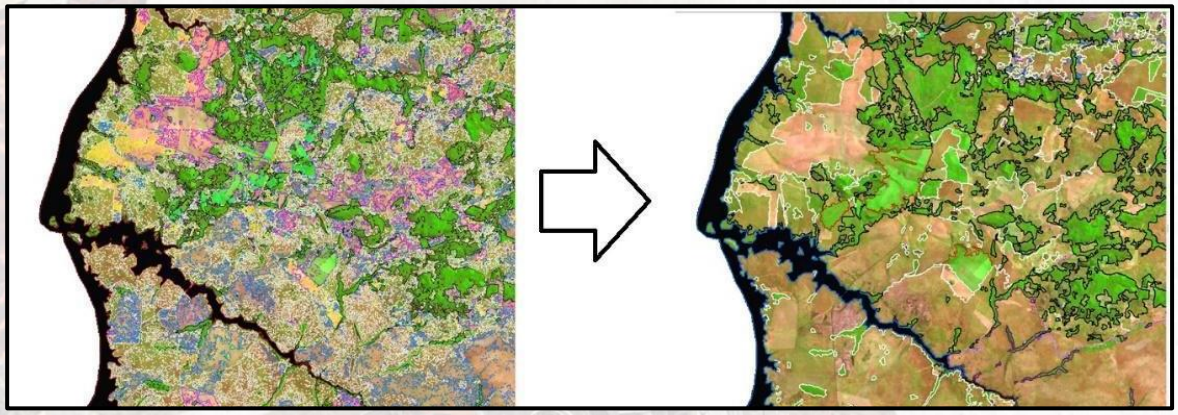


Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Vale ressaltar que a depender da área de estudo e escala de trabalho a quantidade de erros gerados no processamento pode variar, refletindo diretamente na dimensão areal dos vetores, gerando aumento ou diminuição de eliminação de polígonos. Após a primeira fase de refinamento, realizou-se o processo de identificação de áreas e agrupamento de classes que foram confundidos pelos classificadores. O código de identificação do vetor (*gridcode*) foi alterado no *software*, conforme a realidade das classes apresentadas nas imagens.

A última fase do processo de refinamento correspondeu ao agrupamento de classes de uso e cobertura da terra. A quantidade excessiva de polígonos com pequena representatividade areal é um erro comum nos processos de classificação supervisionada e não-supervisionada, e todos estes vetores devem ser eliminados e/ou aglutinados para que o mapeamento seja satisfatório. O agrupamento de classes foi realizado por meio da ferramenta *Merge*, sendo os polígonos menores aglutinados nas áreas de maior interesse, deixando as classes de uso e cobertura da terra bem definidas (Figura 3.7).

Figura 3.7 - Correção das classes de uso e cobertura da terra a partir do agrupamento de classes no *ArcGis® versão 10.5.*



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Após o refinamento das informações das classes de uso e cobertura da terra, obteve-se um produto satisfatório, com classes bem definidas conforme as tipologias de uso e cobertura da terra dispostas no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, na área adotada pelo Zoneamento Ecológico-Econômico do Maranhão, etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As iniciativas de levantamentos científicos acumulados sobre um determinado território não nos deixam dúvidas de que cada macrorregião apresenta singularidades díspares, cujas particularidades são agregadas por meio de potencialidades ambientais, presença ou ausência de recursos naturais, condições ambientais que determinam a fixação das populações, a presença da diversidade sociocultural e implantação de políticas econômicas que preconizam a modelação, a ordenação e a reordenação dos territórios.

Tomaluso (2015) enfatiza que a presença do homem potencializa as transformações das paisagens naturais em um misto de áreas antrópicas. Dependendo da intensidade da intervenção sobre uma região a presença humana mantém as características próximas a sua originalidade ou consolida a descaracterização desses ambientes naturais.

Esse pressuposto teórico ajuda a avançar em nosso conhecimento, uma vez que dimensiona para além dos processos formadores naturais que contribuem para a compartimentação das paisagens. A considerar os aspectos geomorfológicos, geológicos, hidrográficos, pedológicos, vegetacionais, climáticos e biogeográficos ele maximiza as análises para as concepções dos territórios como uma síntese da complexidade dos ecossistemas, formatação político-econômicas e impressões socioculturais.

Assim, a compreensão dos fatores diretos e indiretos que atuam no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão traz prerrogativas em diferentes níveis para definição de estratégias de curto, médio e longo prazo em termos de conservação de ambientes naturais, atenuação de efeitos de vulnerabilidade sociais e ampliação de estruturas socioeconômicas em consenso com as políticas ambientais efetivas.

Cresce, portanto, a importância de delimitar e discutir as tipologias de pressões de uso atuantes no território, uma vez que elas contemplam a síntese da dimensão dos impactos socioambientais desse bioma e sistema, buscando o equilíbrio e conservação ambiental. Desta feita, apresenta-se, nas Figuras 3.8 e 3.9, as diversas categorias de zonas de pressões de uso no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado e suas respectivas dimensões (Tabela 3.6), as quais serão discutidas posteriormente. A legenda dos mapas dispostos nas Figuras 3.8 e 3.9 está melhor descrita na Tabela 3.7 e Tabela 3.8.

Tabela 3.6 - Áreas e percentuais das classes de uso e cobertura da terra do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Maranhão

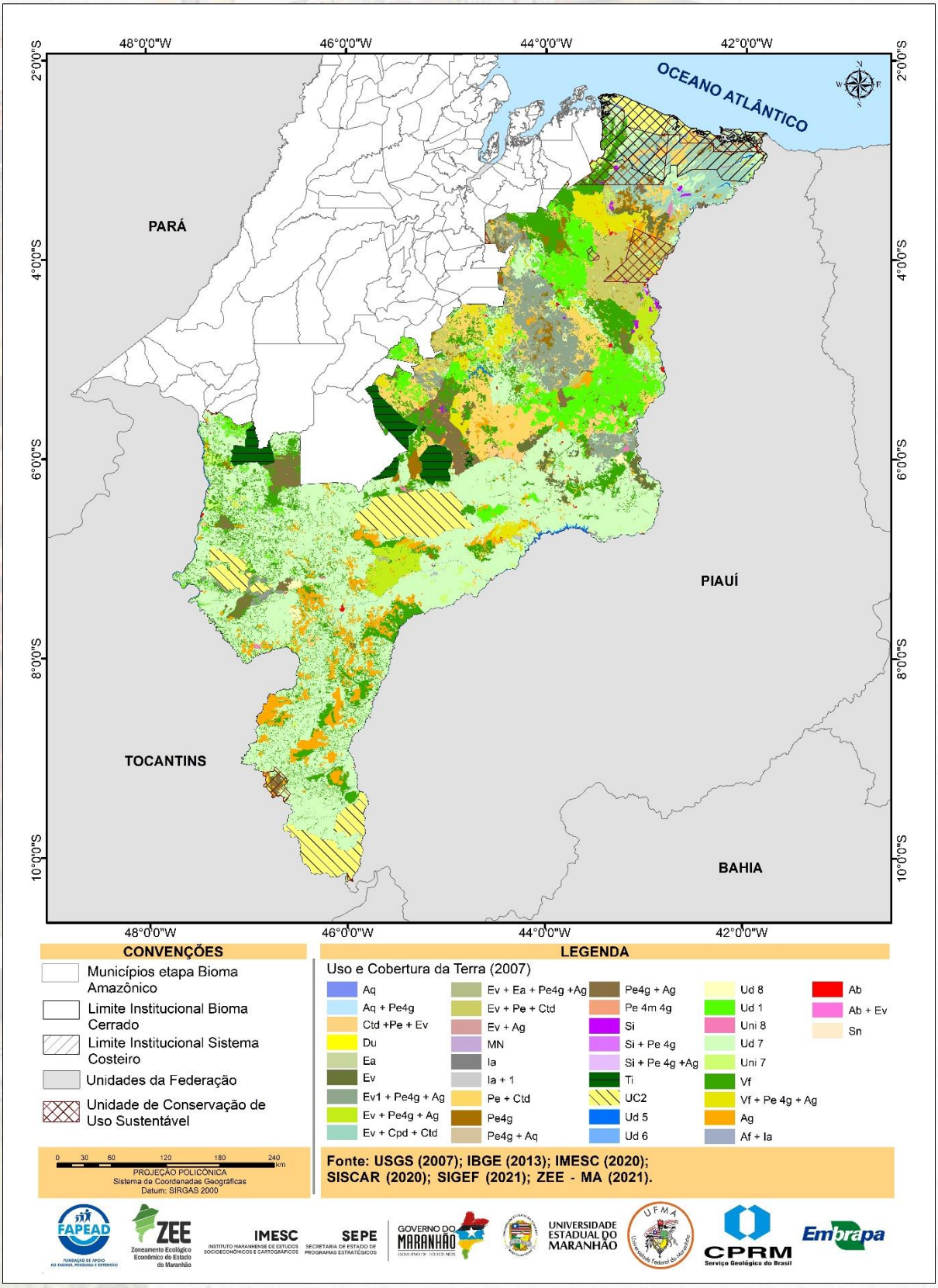
N.º	LEGENDA	ÁREA (KM²) 2007	ÁREA (KM²) 2020	VARIAÇÃO DE ÁREA (KM²)	PERCENTUAL (%) 2007	PERCENTUAL (%) 2020	VARIAÇÃO (%)	VARIAÇÃO ANUAL (%)
1	Aquicultura	3,70	13,61	9,92	0,00	0,00	2,68	0,11
2	Aquicultura + Pecuária de Animais de Grande Porte	2,46	11,34	8,88	0,00	0,00	3,61	0,12
3	Área Agrícola	8.622,93	18.812,54	10.189,61	0,05	0,10	1,18	0,06
4	Área de Segurança Nacional	2,28	25,20	22,92	0,00	0,00	10,06	0,20
5	Área Florestal + Núcleo Inicial de Arenização	19,01	333,50	314,49	0,00	0,00	16,54	0,25
6	Área Urbanizada	335,38	623,17	287,79	0,00	0,00	0,86	0,05
7	Área Urbanizada + Extrativismo Vegetal	140,61	336,09	195,48	0,00	0,00	1,39	0,07
8	Complexo Industrial	-	2,08	2,08	-	0,00	-	-
9	Cultivos Permanentes Diversificados	-	40,27	40,27	-	0,00	-	-
10	Cultivos Temporários Diversificados + Pecuária + Extrativismo Vegetal	1.782,35	5.486,00	3.703,65	0,01	0,03	2,08	0,09
11	Dunas, Praias ou Banco de Areia	221,82	385,68	163,87	0,00	0,00	0,74	0,04
12	Extrativismo Animal em Área Florestal	570,67	806,22	235,55	0,00	0,00	0,41	0,03
13	Extrativismo Vegetal em Área Florestal	1.566,40	3.723,29	2.156,89	0,01	0,02	1,38	0,07
14	Extrativismo Vegetal em Área Florestal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola	8.097,11	2.303,93	-5.793,18	0,04	0,01	- 0,72	- 0,09
15	Extrativismo Vegetal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola	3.348,77	3.654,99	306,22	0,02	0,02	0,09	0,01
16	Extrativismo Vegetal + Área Agrícola	3,78	293,81	290,03	0,00	0,00	76,75	0,40
17	Extrativismo Vegetal + Cultivos Permanentes e Temporários Diversificados	6.432,33	6.506,85	74,52	0,03	0,03	0,01	0,00

N.º	LEGENDA	ÁREA (KM²) 2007	ÁREA (KM²) 2020	VARIAÇÃO DE ÁREA (KM²)	PERCENTUAL (%) 2007	PERCENTUAL (%) 2020	VARIAÇÃO (%)	VARIAÇÃO ANUAL (%)
18	Extrativismo Vegetal + Extrativismo Animal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola	205,98	49,28	- 156,70	0,00	0,00	- 0,76	- 0,10
19	Extrativismo Vegetal + Pecuária + Cultivos Temporários Diversificados	6.563,46	5.620,56	- 942,90	0,03	0,03	- 0,14	- 0,01
20	Minerais Não metálicos	2,27	2,39	0,12	0,00	0,00	0,05	0,00
21	Núcleo Inicial de Arenização	527,51	500,10	- 27,41	0,00	0,00	- 0,05	- 0,00
22	Núcleo Inicial de Arenização + Área Florestal	99,34	334,12	234,78	0,00	0,00	2,36	0,10
23	Pecuária + Cultivos Temporários Diversificados	13.209,52	13.053,20	- 156,32	0,07	0,07	- 0,01	- 0,00
24	Pecuária de Animais de Grande Porte	2.820,41	1.908,47	- 911,94	0,01	0,01	- 0,32	- 0,03
25	Pecuária de Animais de Grande Porte + Aquicultura	15,48	2,14	- 13,34	0,00	0,00	- 0,86	- 0,14
26	Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola	5.160,09	14.124,75	8.964,66	0,03	0,07	1,74	0,08
27	Pecuária de Animais de Médio e Grande Porte	61,45	204,65	143,20	0,00	0,00	2,33	0,10
28	Pecuária de Animais de Pequeno e Médio Porte	-	9,48	9,48	-	0,00	-	-
29	Pecuária de Animais de Pequeno Porte	-	6,23	6,23	-	0,00	-	-
30	Silvicultura	324,69	1.224,16	899,47	0,00	0,01	2,77	0,11
31	Silvicultura + Pecuária de Animais de Grande Porte	67,49	24,55	- 42,94	0,00	0,00	- 0,64	- 0,07
32	Silvicultura + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola	41,41	175,31	133,91	0,00	0,00	3,23	0,12
33	Terra Indígena	4.200,60	4.200,60	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00
34	Unidade de Conservação de Proteção Integral	11.649,62	11.649,62	- 0,00	0,06	0,06	- 0,00	- 0,00
35	Uso diversificado em Área Campestre	71.540,84	42.747,95	- 28.792,89	0,37	0,22	- 0,40	- 0,04

N.º	LEGENDA	ÁREA (KM²) 2007	ÁREA (KM²) 2020	VARIAÇÃO DE ÁREA (KM²)	PERCENTUAL (%) 2007	PERCENTUAL (%) 2020	VARIAÇÃO (%)	VARIAÇÃO ANUAL (%)
36	Uso Diversificado em Área Descoberta	623,39	189,27	- 434,13	0,00	0,00	- 0,70	- 0,09
37	Uso Diversificado em Área Florestal	13.012,09	21.966,11	8.954,01	0,07	0,11	0,69	0,04
38	Uso Diversificado em Corpo D'água Continental	944,19	1.024,34	80,16	0,00	0,01	0,08	0,01
39	Uso Diversificado em Corpo D'água Costeiro	201,52	116,08	- 85,44	0,00	0,00	- 0,42	- 0,04
40	Uso não Identificado em Área Campestre	1.419,36	1.364,89	- 54,47	0,01	0,01	- 0,04	- 0,00
41	Uso Não Identificado em Área Descoberta	218,23	135,37	- 82,86	0,00	0,00	- 0,38	- 0,04
42	Vegetação Florestal	22.467,83	21.131,55	- 1.336,28	0,12	0,11	- 0,06	- 0,00
43	Vegetação Florestal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola	4.702,99	6.105,60	1.402,61	0,02	0,03	0,30	0,02
	TOTAL (km2)	**191.229,38**	**191.229,38**					

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Figura 3.8 - Mapa de pressões de uso da terra no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, ano de 2007



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

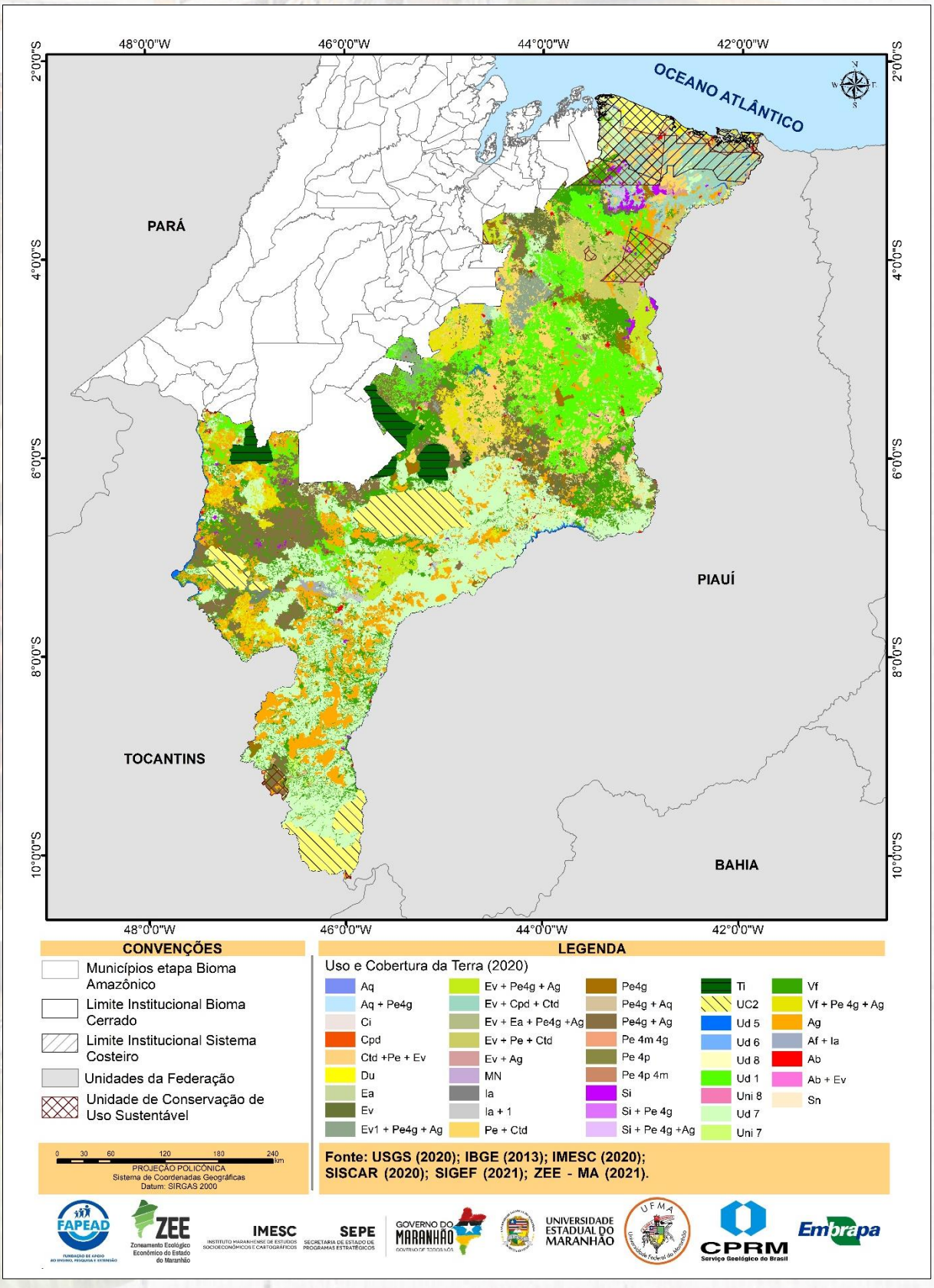
Tabela 3.7 - Legenda de padrões de pressão de uso da terra do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Maranhão adotada para os mapas do ano de 2007

Nº	COR	SIGLA	LEGENDA
1		Aq	Aquicultura
2		Aq + Pe4g	Aquicultura + Pecuária de Animais de Grande Porte
3		Ag	Área Agrícola
4		Sn	Área de Segurança Nacional
5		Af + Ia	Área Florestal + Núcleo Inicial de Arenização
6		Ab	Área Urbanizada
7		Ab + Ev	Área Urbanizada + Extrativismo Vegetal
8		Ctd +Pe + Ev	Cultivos Temporários Diversificados + Pecuária + Extrativismo Vegetal
9		Du	Dunas, Praias ou Banco de Areia
10		Ea	Extrativismo Animal em Área Florestal
11		Ev	Extrativismo Vegetal em Área Florestal
12		Ev1 + Pe4g + Ag	Extrativismo Vegetal em Área Florestal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola
13		Ev + Pe4g + Ag	Extrativismo Vegetal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola
14		Ev + Ag	Extrativismo Vegetal + Área Agrícola
15		Ev + Cpd + Ctd	Extrativismo Vegetal + Cultivos Permanentes e Temporários Diversificados
16		Ev + Ea + Pe4g +Ag	Extrativismo Vegetal + Extrativismo Animal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola
17		Ev + Pe + Ctd	Extrativismo Vegetal + Pecuária + Cultivos Temporários Diversificados
18		MN	Minerais Não metálicos
19		Ia	Núcleo Inicial de Arenização
20		Ia + 1	Núcleo Inicial de Arenização + Área Florestal
21		Pe + Ctd	Pecuária + Cultivos Temporários Diversificados
22		Pe4g	Pecuária de Animais de Grande Porte
23		Pe4g + Aq	Pecuária de Animais de Grande Porte + Aquicultura
24		Pe4g + Ag	Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola
25		Pe 4m 4g	Pecuária de Animais de Médio e Grande Porte
26		Si	Silvicultura
27		Si + Pe 4g	Silvicultura + Pecuária de Animais de Grande Porte
28		Si + Pe 4g +Ag	Silvicultura + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola
29		Ti	Terra Indígena
30		UC2	Unidade de Conservação de Proteção Integral
31		Ud 7	Uso diversificado em Área Campestre
32		Ud 8	Uso Diversificado em Área Descoberta
33		Ud 1	Uso Diversificado em Área Florestal
34		Ud 5	Uso Diversificado em Corpo D'água Continental
35		Ud 6	Uso Diversificado em Corpo D'água Costeiro

Nº	COR	SIGLA	LEGENDA
36		Uni 7	Uso não Identificado em Área Campestre
37		Uni 8	Uso Não Identificado em Área Descoberta
38		Vf	Vegetação Florestal
39		Vf + Pe 4g + Ag	Vegetação Florestal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Figura 3.9 - Mapa de pressões de uso da terra no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, ano de 2020



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Tabela 3.8 - Legenda de padrões de pressão de uso da terra do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Maranhão adotada para o mapa do ano de 2020

N.º	COR	SIGLA	LEGENDA
1		Aq	Aquicultura
2		Aq + Pe4g	Aquicultura + Pecuária de Animais de Grande Porte
3		Ag	Área Agrícola
4		Sn	Área de Segurança Nacional
5		Af + Ia	Área Florestal + Núcleo Inicial de Arenização
6		Ab	Área Urbanizada
7		Ab + Ev	Área Urbanizada + Extrativismo Vegetal
8		Ci	Complexo Industrial
9		Cpd	Cultivos Permanentes Diversificados
10		Ctd +Pe + Ev	Cultivos Temporários Diversificados + Pecuária + Extrativismo Vegetal
11		Du	Dunas, Praias ou Banco de Areia
12		Ea	Extrativismo Animal em Área Florestal
13		Ev	Extrativismo Vegetal em Área Florestal
14		Ev1 + Pe4g + Ag	Extrativismo Vegetal em Área Florestal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola
15		Ev + Pe4g + Ag	Extrativismo Vegetal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola
16		Ev + Ag	Extrativismo Vegetal + Área Agrícola
17		Ev + Cpd + Ctd	Extrativismo Vegetal + Cultivos Permanentes e Temporários Diversificados
18		Ev + Ea + Pe4g +Ag	Extrativismo Vegetal + Extrativismo Animal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola
19		Ev + Pe + Ctd	Extrativismo Vegetal + Pecuária + Cultivos Temporários Diversificados
20		MN	Minerais Não metálicos
21		Ia	Núcleo Inicial de Arenização
22		Ia + 1	Núcleo Inicial de Arenização + Área Florestal
23		Pe + Ctd	Pecuária + Cultivos Temporários Diversificados
24		Pe4g	Pecuária de Animais de Grande Porte
25		Pe4g + Aq	Pecuária de Animais de Grande Porte + Aquicultura
26		Pe4g + Ag	Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola
27		Pe 4m 4g	Pecuária de Animais de Médio e Grande Porte
28		Pe 4p 4m	Pecuária de Animais de Pequeno e Médio Porte
29		Pe 4p	Pecuária de Animais de Pequeno Porte
30		Si	Silvicultura
31		Si + Pe 4g	Silvicultura + Pecuária de Animais de Grande Porte
32		Si + Pe 4g +Ag	Silvicultura + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola
33		Tita	Terra Indígena

N.º	COR	SIGLA	LEGENDA
34		UC2	Unidade de Conservação de Proteção Integral
35		Ud 7	Uso diversificado em Área Campestre
36		Ud 8	Uso Diversificado em Área Descoberta
37		Ud 1	Uso Diversificado em Área Florestal
38		Ud 5	Uso Diversificado em Corpo D'água Continental
39		Ud 6	Uso Diversificado em Corpo D'água Costeiro
40		Uni 7	Uso não Identificado em Área Campestre
41		Uni 8	Uso Não Identificado em Área Descoberta
42		Vf	Vegetação Florestal
43		Vf + Pe 4g + Ag	Vegetação Florestal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

3.1 Área Urbana

De forma a detalhar a situação das áreas urbanas como pressão de uso materializada no espaço total do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, para fins do ZEE-MA, foi considerado indispensável o reconhecimento de que, embora represente áreas pequenas em relação ao cômputo territorial da macroárea de pesquisas, são nos fatos urbanos que se evidenciam as máximas concentrações populacionais. Por conseguinte, nos tópicos a seguir serão discutidos os processos evolutivos das tipologias de uso e pressões urbanas no contexto do atual estudo.

3.1.1 Área urbanizada

As áreas urbanas no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, no período de 2007 a 2020, obtiveram significativa expansão, uma vez que houve aumento de aproximadamente o dobro da área no período analisado. Em números, as áreas urbanizadas apresentavam uma área de 335,38km² em 2007, posteriormente, em 2020, resultam numa área de 623,17km².

Desse modo, o aumento de 0,17% em 2007 para 0,32% em 2020 quanto ao tamanho real do território do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, registra uma variação média anual de crescimento de 4,9%, o que corrobora para a lógica estabelecida do processo de urbanização do final da década de 1990 e início dos anos 2000, no Estado. Para este processo, Ferreira (2017) aponta elementos cruciais como o incremento do número de pontos de concentração de pessoas e de serviços, do crescimento populacional e da gradativa distribuição espacial dos

assentamentos próximos aos núcleos urbanos originais. Em outros termos, é na ampliação das manchas urbanas municipais que se encontra a incorporação de áreas rurais proximais ou periurbanas em uma nova lógica geográfica de reprodução espacial, o que é traduzido na ampliação das relações de dependência entre as cidades e entre as zonas rurais e estes tipos de territórios mais especializados.

Ademais, nos comparativos das estimativas populacionais do IBGE (2021) para os anos de 2007 e 2020, 96 municípios do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado apresentaram aumento populacional. Destes: 26 obtiveram acréscimo de 1.000hab., 64 entre 1.000hab. a 10.000hab. e 10 com acréscimo de mais de 10.000hab. Para este último, podemos destacar alguns municípios como: Timon, Balsas, Barreirinhas, Caxias, Chapadinha, Codó, Estreito e Tutóia.

3.1.2 Área Urbanizada + Extrativismo Vegetal

Seguindo a lógica dos números de crescimento das áreas urbanas no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado, as áreas urbanizadas + extrativismo vegetal também apresentaram, em 2020, um pouco mais do dobro da área apresentada no ano de 2007. Detalhadamente, em 2007, as áreas urbanizadas + extrativismo vegetal apresentaram uma área total de 140,61km² (0,07%) e no ano de 2020, a área aumenta para o total de 336,09km² (0,17%), ou seja, um acréscimo de aproximadamente 196km², correspondendo a variação anual de 6,9%.

Vale destacar que as áreas urbanizadas + extrativismo vegetal referem-se às áreas de assentamentos rurais, povoados, comunidades rurais e quilombolas. Desse modo, o aumento dessas áreas está relacionado à criação de novos assentamentos rurais e comunidades quilombolas, segundo os dados do acervo fundiário do INCRA (2021). Cabe também nesta configuração ponderar que o Maranhão prosseguiu com a política de regularização fundiária baseada em desapropriações, reconhecimentos e transferências de terra (MATTOS JUNIOR; HESPANHOL, 2010).

Assim, durante o período compreendido entre 2007 e 2020, foram criados 37 assentamentos rurais e quatro comunidades quilombolas no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado para aproximadamente 4.000 famílias (INCRA, 2021) – que em grande parte valem-se do extrativismo vegetal do babaçu, carnaúba, pequi, entre outros – em municípios como Belágua, São Benedito do Rio Preto, Nina Rodrigues, Codó, Porto Franco, Riachão, entre outros. Vale realçar, também, a manutenção dos programas sociais para a agricultura familiar, como PAA, PNAE e PRONAF, programas que fortificaram o aumento das áreas desta subclasse.

3.1.3 Área de Segurança Nacional

Como parte das modificações do urbano e do rural, as áreas de segurança nacional, compreendidas em aeroportos públicos ou privados, expandiram-se significativamente, uma vez que em 2007 apresentaram o total de 2,28km² e em 2020 somam 25,20km². Dessa forma, é importante ressaltar o aumento desta subclasse de 0,001% em 2007 para 0,013% no ano de 2020, o que corresponde à variação anual de 20,3%.

Conforme os dados da EMBRAPA (2013), os municípios do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado contavam com 26 aeroportos, sendo 8 de natureza pública e 18 privados. Por outro lado, o ano de 2020 apresenta um acréscimo de 13 aeroportos, sendo 11 públicos e 28 privados, segundo a ANAC (2021).

Os números são corroborados pelo aumento de investimentos estratégicos nos setores agrícolas, turísticos e outros serviços que influem na densidade populacional. Não obstante, destacam-se os municípios de Barreirinhas, Balsas, Carolina, Riachão, Caxias, Codó, Timon, Loreto e Parnarama.

3.1.4. Complexos Industriais

Os complexos industriais no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado passaram a receber fomentos de investimentos e criação de complexos, a partir do ano de 2014, o que justifica a não identificação das áreas para o ano de 2007. Entretanto, no ano de 2020, os complexos industriais representam uma área de aproximadamente 2km², ocupando 0,0001% do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado.

Segundo Ferreira (2017), os municípios de Estreito, Codó, Caxias, Timon e Governador Edison Lobão beneficiaram-se, respectivamente, pela presença de Usina Hidroelétrica, Fábrica de Cimento, Fábricas de Cervejas e Chopes, Indústria da Construção Civil e Transformação (Frigorífico) e da Indústria de Transformação (Produtos Têxteis, Artigos de Vestuário, Calçados, Curtimento). Cabe ressaltar que os municípios de Santo Antônio dos Lopes, Porto Franco e Balsas também comportam os complexos industriais.

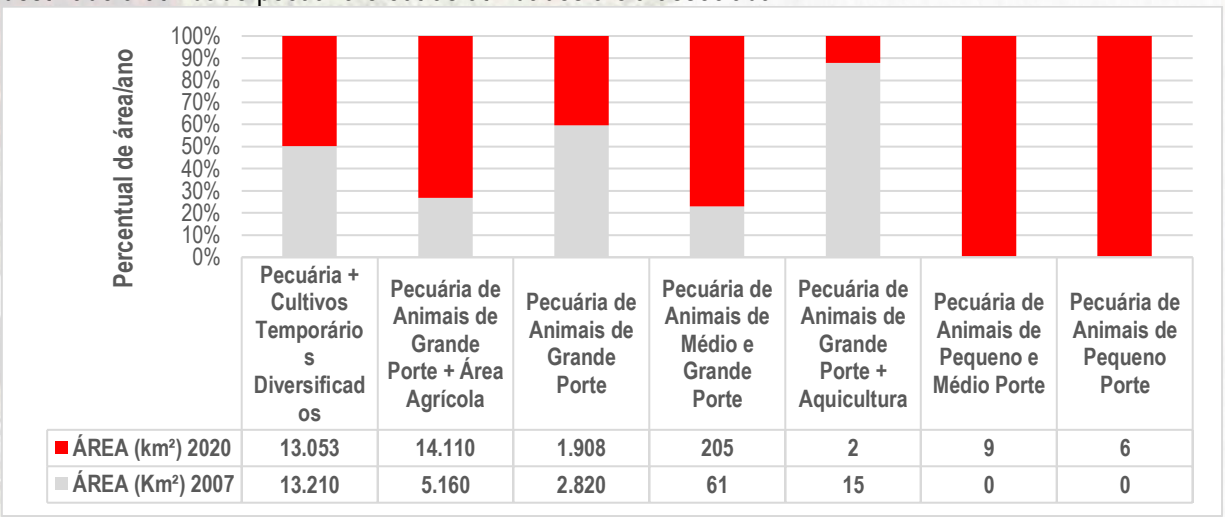
No caso de Santo Antônio dos Lopes, a indústria extrativa (extração de gás natural) e a operação de termoelétrica movida a gás fazem parte desta relevância industrial (IMESC, 2010a; 2015b; FERREIRA, 2017). Por outro lado, os municípios de Porto Franco e Balsas vinculam-se à Indústria de Transformação tendo como principal produto a soja. Esta configuração concentrada na monocultura foi fortalecida pela passagem do complexo rural para o agroindustrial (FERREIRA, 2017; MATTOS JUNIOR; HESPANHOL, 2012; IMESC, 2020c).

3.2. Áreas Campestres

O panorama da pecuária no Bioma de Cerrado no Estado do Maranhão entre os anos de 2007 e 2020 nos permite identificar a contribuição da atividade na transformação deste território maranhense. A evolução dos rebanhos e os sistemas de produção a eles associados são capazes de auxiliar no dimensionamento das áreas de uso e ocupação, deste setor primário tão importante que compõe junto com a agricultura um dos principais padrões de uso no Bioma do Cerrado Maranhense.

Entre 2007 e 2020 o Cerrado Maranhense apresentou moderado aumento de 4,2% de área destinada à atividade pecuária, principalmente no que diz respeito à implantação de pastagem, evidenciada no gráfico a seguir, pela pecuária de animais de grande porte associada a área agrícola, que apresentou um aumento exponencial de 8.964km² de uso em relação à mesma área ocupada em 2007. A bovinocultura, em sua maioria extensiva, se destaca pelo segundo maior efetivo de rebanho pecuário do cerrado maranhense, com 3.489,856 cabeças (IBGE, 2019), e se destina em sua quase totalidade ao corte. O Gráfico 3.1 apresenta um demonstrativo das pressões comparativas de uso em áreas campestres no Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão para o período em questão.

Gráfico 3.1 - Demonstrativo de área e percentual de área de uso do território do cerrado maranhense destinado à atividade pecuária e outras atividades a ela associada



	Pecuária + Cultivos Temporários Diversificados	Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola	Pecuária de Animais de Grande Porte	Pecuária de Animais de Médio e Grande Porte	Pecuária de Animais de Grande Porte + Aquicultura	Pecuária de Animais de Pequeno e Médio Porte	Pecuária de Animais de Pequeno Porte
ÁREA (km²) 2020	13.053	14.110	1.908	205	2	9	6
ÁREA (Km²) 2007	13.210	5.160	2.820	61	15	0	0

Fonte: IMESC (2020).

Cabe ressaltar que as áreas de pastagens (tanto as naturais, quanto as plantadas) apresentaram no período intercensitário (IBGE, 2006/2017) para todo o Estado do Maranhão uma considerável variação de aumento em 93% se comparado a 2006. A pecuária associada a cultivos temporários diversificados, assim como a pecuária de animais de grande porte, associada a área agrícola, vem expressando uma

tendência à dinamização da produção agropecuária, sendo este último, aspecto do uso da terra, a apresentar maior variação entre 2007 e 2020, equivalente a 4,68%.

Evidenciam-se tais aspectos principalmente nas regiões de planejamento do Médio Mearim (Igarapé Grande, Poção de Pedras, Lago dos Rodrigues), Cocais (Codó, Coroatá, Alto Alegre, Peritoró) e Guajajara (Tuntum, Santa Filomena, Presidente Dutra), e ainda as regiões das Serras (Formosa da Serra Negra, Sítio Novo, São Pedro dos Crentes) e Tocantins Maranhenses (Estreito, São João do Paraíso).

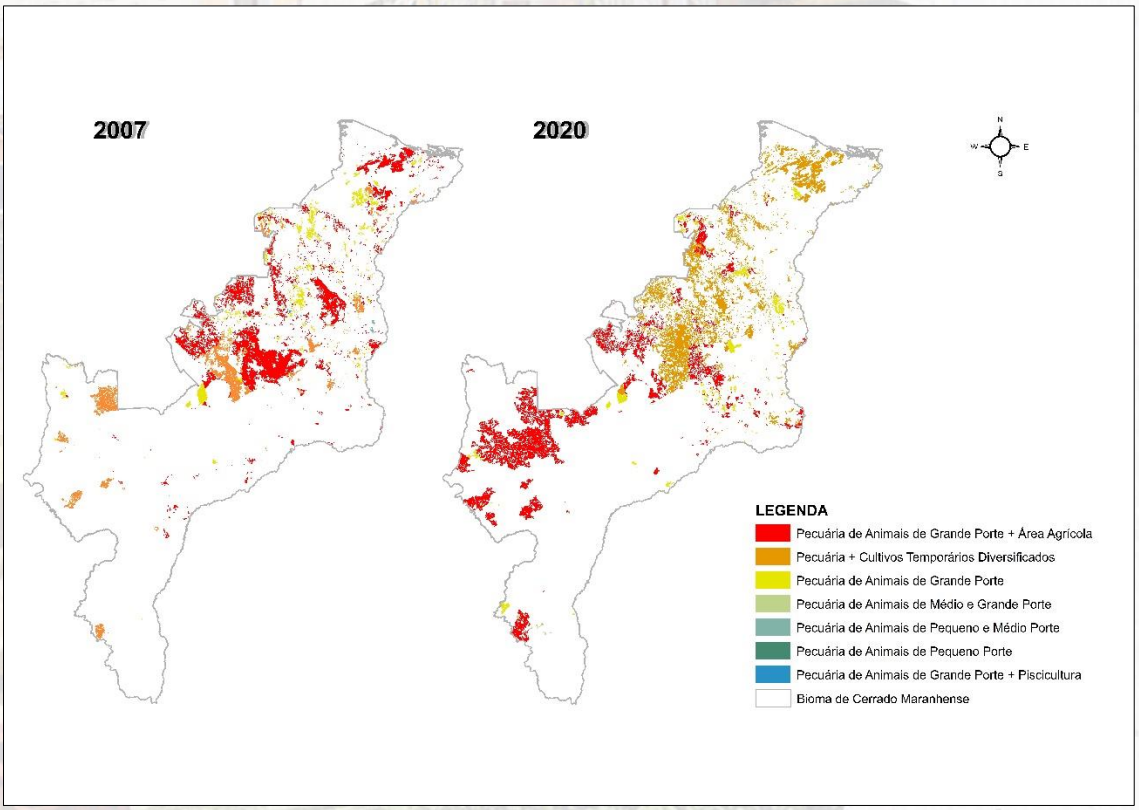
As pressões de uso da terra para a pecuária de animais de grande porte, agregadas à aquicultura – conforme se observa no Gráfico 3.1, há redução de 0,01% do uso da área do Bioma de Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado – podem vir a ser reflexo da especialização/evolução da atividade aquícola, com destaque para a piscicultura na região do Tocantins Maranhense, que, em paralelo, teve aumento de uso de área para o mesmo período em 0,005% do mesmo território.

Nas demais categorias de uso da terra, chama atenção a pecuária de animais de pequeno e médio porte, com crescimento de 0,003% e 0,005%, respectivamente, em evidência nas regiões de Gerais de Balsas, com destaque para a avicultura (galináceos) no município de Balsas e no Sertão Maranhense, com destaque para a criação de ovinos e caprinos, nos municípios de Caxias e São Francisco do Maranhão.

Um exame dos dados do Gráfico 3.1 permite verificar valores crescentes de expansão das pressões de uso em áreas campestres. Essa característica de expansão pode ser explicada principalmente por fatores como o aumento da tecnificação rural, a presença de novos instrumentos de financiamento e o acesso ao crédito rural. Somam-se a isso a melhoria genética dos rebanhos e a própria dinâmica territorial formada nos últimos anos no espaço total regional, sobretudo.

Pode-se observar, na Figura 3.10, a dinâmica das mudanças no regime de uso para a atividade pecuária e outras atividades a ela associada. Apesar do baixo nível tecnológico que caracteriza o setor agropecuário maranhense, registrou-se no último censo uma melhora no uso de tecnologias agrícolas quanto ao uso de máquinas e equipamentos, principalmente no que diz respeito à utilização de máquinas e implementos, na aplicação de técnicas de cultivo e preparo do solo e ainda na melhoria das condições de acesso à energia elétrica e estruturas no campo. A Figura 3.11 apresenta imagem de área campestre com pressões de uso para a configuração de pastagens.

Figura 3.10 - Comparação de uso de área destinada à exploração pecuária e outras atividades a ela associadas aos Cerrado Maranhenses



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Figura 3.11 - Pastagens naturais e antropogênicas configurando área campestre em Mirador (MA)

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

3.3. Solo Exposto

A classe Solo Exposto é composta por 5 (cinco) subclasses, as quais apresentam características específicas de uso no Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro a ele associado. Verificou-se que entre 2007 e 2020 houve uma diminuição das subclasses que compõe tal classe em 309,51 km². A diminuição maior entre as subclasses se deu na subclasse Uso diversificado em Área Descoberta passando de 623,39km² para 189km². Essa diminuição pode ter sido ocasionada pelo uso definido e/ou até recomposição da vegetação desses locais, posterior ao ano de 2007.

Já a subclasse Uso Não Identificado em Área Descoberta teve uma redução em sua área em quase 50%. Pode-se perceber também que a subclasse Núcleo de Arenização teve diminuição de área em 27,41km². Entretanto, a subclasse Núcleo Inicial de Arenização + Área Florestal teve um aumento significativo. Em outros termos, os núcleos já existentes em 2007 no Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro a ele associado apresentaram aumento devido à transformação de áreas de cerrados de porte florestal transicionais para o Domínio das Caatingas (carrascos, como geralmente são conhecidos no Sertão Maranhense) em ambientes com predomínio de areias finas e silte. Isso dada a exposição do solo, transição climática de ambientes sob influência de regimes subúmidos secos para semiáridos, aumento da evapotranspiração potencial e ampliação dos focos ativos de calor, com a subsequente gênese de cicatrizes de queimadas que, em função do ambiente edáfico, não conseguem predispor a uma resiliência ecológica local.

Dessa feita, em núcleo de arenização e com caracterização mista desses dois usos já identificados, houve acréscimo em 2020 em 234,78 km² (236,33%). Esse dado mostra claramente que os processos de perda de produtividade do solo em locais específicos que o levam a ficarem totalmente descobertos e sem capacidade de regeneração de sua cobertura de vegetação têm um crescente ao longo dos anos. Outro dado importante que pode ser registrado é que a subclasse Minerais Não-Metálicos, representado principalmente por lavra a céu aberto, teve um crescimento somente de 0,12km², ou seja, ficou estável esse uso no ambiente estudado.

3.4 Usos Diversificados em Corpos d'Água

As formas de uso diversificado em corpo d'água continental são basicamente voltadas para abastecimento humano, sobretudo em áreas urbanas. Em 2007, as áreas de uso diversificado em corpo d'água continental registraram 944,19km², enquanto 2020 corresponde a 1.024,34km², com variação anual de 0,6%, dentre outras formas de uso caracterizada em corpo d'água continental. De acordo com dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA (2021), são as de irrigação, como a

cana irrigada em Caxias, Codó, Aldeias Altas, Buriti, Mirador e Tuntum; culturas anuais de pivô central, por exemplo nos municípios de Balsas, Riachão e Barra do Corda, além de outras culturas e sistemas em grande parte do território do bioma.

Além disso, foram identificadas áreas de uso para geração de energia elétrica, como se pode verificar nos municípios de Estreito e São João dos Patos. Já o uso da água para fins industriais ocorre em maiores proporções nos municípios de Coelho Neto, Aldeias Altas e São Raimundo das Mangabeiras (ANA, 2015). Por outro lado, o uso diversificado em corpo d'água costeiro apresentou uma diminuição de áreas, entre 2007 e 2020, de aproximadamente 85km². Desse modo, a variação percentual na área do Sistema Costeiro a ele associado deu-se em 2007, de 0,105% (201,52km²) para 0,061% (116,08km²), com variação anual de -4,2%. Essa diminuição justifica-se pela ocupação das atividades de extrativismo animal nas áreas florestais, os cultivos temporários diversificados combinados à pecuária e ao extrativismo vegetal, além da expansão das áreas de assentamentos rurais.

O transporte hidroviário possui expressão pequena no Bioma Berrado e Sistema Costeiro a ele associado, ainda assim o transporte fluvial, com o uso de balsas e barcos de pequeno e médio porte, é utilizado para o transporte de mercadorias e pessoas.

Dentre as formas de uso em corpo d'água continental e costeiro destaca-se a pesca artesanal, como fonte de subsistência para as populações ribeirinhas. Ela pode ser associada à prática econômica aliando-se ao potencial turístico em corpos d'água, como lagos, rios e mares. No Bioma cerrado, essas atividades podem ser identificadas nos municípios de Caxias, Carolina, Riachão, já no sistema costeiro a ele associado, nos municípios de Barreirinhas, Primeira Cruz, Santo Amaro e Tutóia.

Em 2007, a cadeia produtiva de aquicultura apresentou área de 3,70km²; em 2020, registrou 13,61km², com variação anual de 10,5%. A aquicultura tem se expandido face ao desempenho de fatores econômicos, sobretudo ao aumento da demanda e oferta de alimentos. No Bioma Cerrado, de acordo com dados do Censo Agropecuário do IBGE (2006; 2017), os municípios de Caxias, Balsas e Timon obtiveram maior representatividade em termos de utilização de áreas para o desenvolvimento dessa atividade, enquanto no sistema costeiro a ele associado o município de Água Doce do Maranhão obteve maior expressão.

O Estado do Maranhão apresenta um grande potencial na produção pesqueira, haja vista sua disponibilidade hídrica e grandes extensões de áreas. Apresenta também políticas e estratégias, em âmbito municipal, estadual e federal, com vistas a potencializar e regulamentar a criação e comercialização de animais aquáticos, como peixes, camarões, crustáceos, ostras, mexilhões, dentre outros.

A aquicultura no Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro a ele associado é praticada por segmentos produtivos de todos os tamanhos e portes, com tecnologias que vão das tradicionais às

altamente inovadoras, com manejo de lugares, de genética e de aparatos de pesca. Assim, faz-se imperativo indicar que, embora deva ser fomentada a ampliação dessa pressão de uso (conforme já se assiste no território ora analisado), é necessário que haja controle e monitoramento a fim de regulamentar esse uso e as pressões dele derivadas nos corpos hídricos.

Em virtude das mudanças climáticas em curso e da situação de fomento à gestão de águas de superfície e de manutenção da segurança alimentar, é imperativo que sejam fomentadas construções de açudes de até 10 hectares para o abastecimento humano, dessedentarização animal e criação de peixes em ambientes controlados. Essa é uma premissa que deve ser executada pelos Poderes Públicos Municipal, Estadual e Federal ainda na década de 2020.

O Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado apesenta grande potencial para o desenvolvimento da prática de pesca esportiva, pois possui atributos específicos como grande rede hidrográfica, extensa região costeira, grande diversidade de espécies de peixes nativos e introduzidos, em muitas áreas naturais ou alteradas pelo homem, como represas e lagos artificiais (Figuras 3.12, 3.13), todos propícios a sua prática (MARANHÃO, 2019).

Figura 3.12 - Mosaico representativo da barragem do rio Flores, bacia do Mearim, localizado no município de Joselândia

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Figura 3.13 - Reservatório artificial da Usina Hidrelétrica de Estreito, Médio Tocantins maranhense

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

No Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, as observações *in loco* dessa potencialidade permitem afirmar que o "turismo de pesca" vem se destacando como opção de desenvolvimento para determinadas regiões (Tabela 3.9), especialmente pela capacidade de promover uma alternativa de renda para a população local, incrementando o potencial turístico nos municípios. Para tanto, o planejamento e a operacionalização desse segmento precisam e devem ocorrer de forma integrada entre gestores públicos de turismo, órgãos oficiais de meio ambiente, comunidades locais, prestadores de serviços turísticos e vários outros parceiros do meio privado.

A pesca esportiva pode se tornar uma fonte significativa de renda para o Estado por meio dos impostos, uma vez que incentiva o desenvolvimento dos chamados "ranchos ou comunidades ribeirinhas", lugares projetados para esse tipo de atividade em que centenas de pessoas costumam passar horas de lazer, gerando emprego e renda para esses locais. A pesca esportiva deve ainda ser aproveitada como uma das atividades de suporte ao desenvolvimento sustentável, pois está diretamente ligada à necessidade de preservação de rios, lagos, açudes e represas, das espécies de peixes.

O desenvolvimento do turismo de pesca esportiva, no Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro a ele associado, é capaz de movimentar não só uma cadeia produtiva de comerciantes de produtos específicos para sua prática, como também bares e restaurantes, empresas de turismo, redes de hotéis e pousadas, guias de pesca, entre outros colaboradores. Entretanto, a falta de estrutura adequada onde essa atividade é desenvolvida e a falta de uma rede de colaboradores que atuam direta ou indiretamente na prática dessa atividade precisam ser sanadas pelo Governo do Estado do Maranhão, a fim de tornar essa prática mais atrativa e impulsionar o turismo nessa região.

Tabela 3.9 - Quadro de locais e principais espécies utilizadas na pesca esportiva no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão

LOCALIDADE	CORPO HÍDRICO	PRINCIPAIS PEIXES DA PESCA ESPORTIVA
Barragem do Rio Flores. Municípios: Joselândia e Tuntum	Rio Flores, Bacia do Mearim.	Tucunaré (*Cichla* spp.) Traíra (*Hoplias* spp.) Jeju (*Erythrinus erythrinus*) Cará (*Geophagus parnaibae*) Tambaqui (*Colossoma macropomum*) Raia (*Potamotrygon* spp.)
Usina Hidrelétrica Estreito. Municípios: Carolina e Estreito	Rio Tocantins, Bacia do Tocantins	Tucunaré (*Cichla* spp.)
Barragem de Boa Esperança. Municípios: São João dos Patos	Rio Parnaíba	Tucunarés (*Cichla* spp.)
Lagoa Buriti. Municípios: Magalhães de Almeida	Rio Parnaíba	Tucunarés (*Cichla* spp.)
Lagoa Melancias. Município: Araioses	Rio Parnaíba	Tucunarés (*Cichla* spp.)
Rio Preguiças. Municípios: Barreirinhas e Santo Amaro	Rio Preguiças	Tucunarés (*Cichla* spp.), Robalos (*Centropomus* spp.), Camurupim (*Megalops atlanticus*)
Paulino Neves	Oceano Atlântico	Robalos (*Centropomus* spp.), Camurupim (*Megalops atlanticus*), Ubarana (*Elops saurus*) Pampo (*Trachinotus* spp.) Xaréu (*Caranx hippos*) Carapeba (*Eugerres brasiliensis*) Pescada-amarela (*Cynoscion acoupa*)
Delta Parnaíba	Bacia do rio Parnaíba/Oceano Atlântico	Robalos (*Centropomus* spp.), Camurupim (*Megalops atlanticus*), Pescada-amarela (*Cynoscion acoupa*), Peixe-pedra (*Genyatremus luteus*).
Primeira Cruz	Bacia do rio Grande/Oceano Atlântico	Robalos *(Centropomus spp.), Camurupim (Megalops atlanticus), Pescada-amarela (Cynoscion acoupa)*
Rio Magu. Municípios: Água Doce do Maranhão e Santana do Maranhão	Bacia do Rio Parnaíba	Tucunarés (*Cichla* spp.)
Rio Santa Rosa. Município: Araioses	Bacia do Rio Parnaíba	Robalos (*Centropomus* spp.), Camurupim (*Megalops atlanticus*), Tucunarés (*Cichla* spp.)

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Quando são seguidas as regras da sustentabilidade, em seus vários aspectos (econômico, ecológico, social, cultural, político e ético), ou seja, quando são praticadas as normas de manejo, sem degradação ambiental, com a introdução de espécies exóticas, o resultado é geração de emprego e renda, manutenção de culturas e cadeias ecológicas e, consequentemente, desenvolvimento sustentável regional.

3.5 Áreas de Plantios

No decorrer da formação socioeconômica do Estado do Maranhão, a agricultura destacou-se nos arranjos produtivos por ser uma das mais antigas e consolidadas formas de pressão de uso do território. Partindo-se de uma análise do cenário atual, verifica-se a consolidação e um avanço cada vez crescente do setor agrícola, sobretudo no Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro a ele associado. Ao atentar as variáveis, a exemplo das áreas de plantio, por meio das áreas agrícolas e cultivos temporários e permanentes, bem como pecuária e extrativismo vegetal, estas se relacionam com questões culturais, históricas e políticas.

Considerando a classificação supervisionada das pressões de uso da terra no Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro a ele associado para os anos de 2007 e 2020, o setor agropecuário configura-se como uma das principais formas de uso territorial. As áreas agrícolas apresentaram variação anual de 6,2%, registrando em 2007 uma área de 8.622,93km² (4,5%), e em 2020 um aumento para 18.812,54km² (9,8%). Em relação aos cultivos temporários diversificados + pecuária+ extrativismo vegetal, em 2007 apresentou uma área de 1.782,35km² (0,93%), já em 2020 registrou 5.486km² (2,86%) obtendo variação anual de 9%.

Esse aumento das áreas de cultivos temporários e permanentes diversificados pode ser compreendido pela incorporação de novos espaços, sobretudo nas regiões de ocupação mais antiga (Norte e Centro), com a criação e expansão de povoados, assentamentos rurais e consolidação de áreas para povos e comunidades tradicionais. Somam-se a isso as novas modalidades de acesso ao crédito agrícola, por meio de programas de incentivo à produção da agricultura familiar, implantados a partir da década de 1990, com ampliação na década de 2000, permitindo o crescimento de outras atividades econômicas como a pecuária (suinocultura, caprinocultura, avicultura e bovinocultura) e extrativismo vegetal (coco babaçu e produção do carvão vegetal).

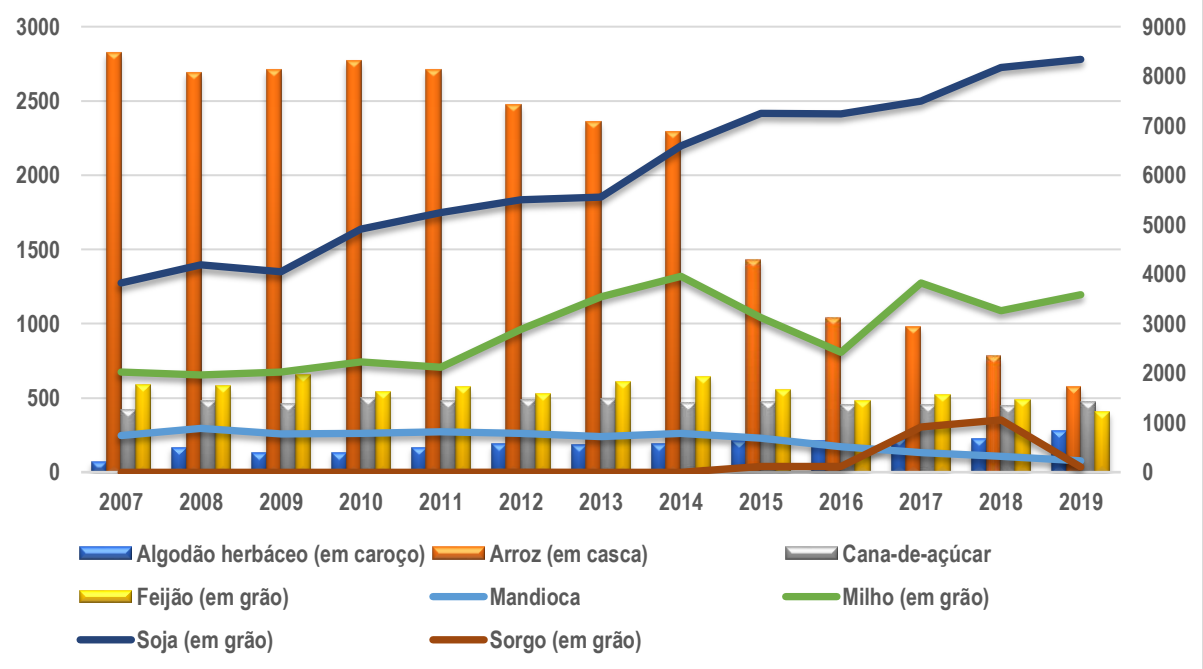
A partir das intervenções governamentais, foram implantados grandes projetos agropecuários e posteriormente minero-metalúrgicos, a partir da década de 1970. Ao longo desse período, o espaço agrário maranhense, sobretudo Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado, passa a ser modelado pela implantação e expansão de atividades de monocultura, a exemplo do cultivo da soja, inicialmente cultivado na região sul maranhense, expandindo para a região central e leste, tornando-se um dos principais produtos de exportação do estado, em meados da década de 1990, diante do crescimento da demanda global por *commodities* agrícolas.

Tendo em vista a dinâmica agrícola no Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, ficou evidenciado o aumento das áreas de plantio. Outrossim, a área em estudo foi inserida na região do MATOPIBA, criada em 6 de maio de 2015 pelo Decreto 8.447, estabelecido no

Plano de Desenvolvimento Agropecuário do MATOPIBA, considerando a expansão agrícola do cultivo de grãos voltados para o mercado nacional e internacional (SODRÉ, 2017; BRASIL, 2015). A região é formada pelos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia.

Conforme Sodré (2017), em grande parte do território maranhense predominam áreas de lavouras e pastagens, que podem estar associadas à predominância da agricultura familiar e/ou agronegócio. O Gráfico 3.2 demonstra os principais produtos das lavouras temporárias do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado, como o plantio de arroz, feijão e mandioca com uma produção inferior cultivados nas comunidades rurais, enquanto a soja, milho, cana-de-açúcar e algodão estão ligadas ao agronegócio. A cultura do milho, que sempre esteve associada à produção familiar, nos últimos anos passou a ser produzida pela agricultura de grande escala. Também volta a ser cultivada a cana-de-açúcar, devido à demanda do consumo do álcool como combustível, conforme disposto no Gráfico 3.2.

Gráfico 3.2 - Área Plantada (km²) da Produção das Lavouras Temporárias no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado - 2007 a 2019



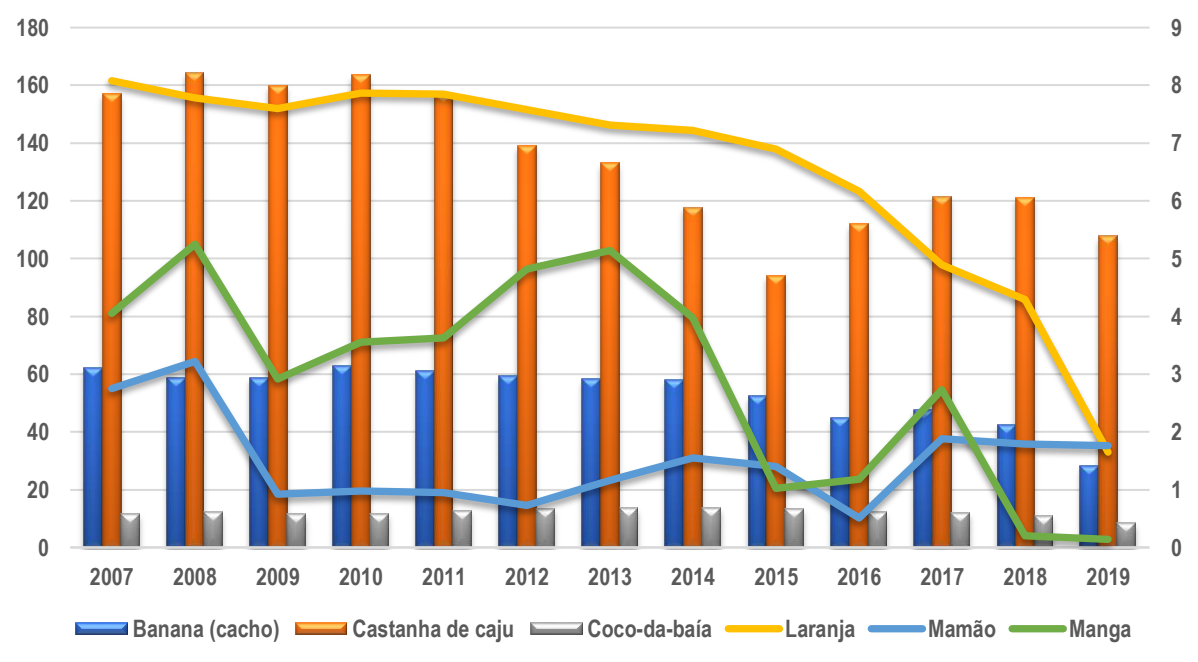
Fonte: IBGE (2021).

Essa dinâmica das pressões territoriais de uso em áreas agrícolas no Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro a ele associado também pode ser caracterizada pelo padrão técnico utilizado no manejo da produção. De um lado, tem-se a modalidade tradicional (sem alteração do padrão produtivo artesanal vigente e falta de acesso ao conhecimento técnico) que proporciona exaustão e esgotamento das áreas agricultáveis e, consequentemente, induz à procura de novas porções de terras férteis para o

cultivo. De outro lado, tem-se uma agricultura moderna em áreas específicas, com produção de base tecnológica intensiva e uso, que ocasiona rápidas transformações nas áreas de expansão (MESQUITA, 2011).

Em relação aos cultivos permanentes nas áreas em estudo representados no Gráfico 3.3, Sodré (2017) afirma que são resultantes da distribuição de mudas e sementes de culturas como banana, coco-da-baía e laranja na década de 1990, por meio da Secretaria de Agricultura (SAGRIMA). O cultivo de banana, embora praticado em todo o Estado, apresenta maior concentração na região do Médio-Mearim, a exemplo dos municípios de Joselândia, Pedreiras, Trizidela do Vale e Santo Antônio dos Lopes, enquanto o cultivo do coco-da-baía e caju apresenta maiores proporções na região Norte. Já o cultivo de laranja, também praticado em todo o território maranhense, apresenta maior quantidade na região do Médio Mearim e Baixo Parnaíba.

Gráfico 3.3 - Área Plantada (km²) da Produção das Lavouras Permanentes no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado - 2007 a 2019



Fonte: IBGE (2021).

Dessa forma, as áreas de plantio no Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro a ele associado caracterizam-se pela presença da agricultura familiar e comunidades tradicionais, além do agronegócio, cuja dinâmica reflete em intensas pressões de uso na terra pelos diversos segmentos do campo maranhense. Diante da expansão das áreas agrícolas do território analisado nesta etapa do Programa ZEE-MA, são vários os desafios impostos para a gestão, sem perder de vista a manutenção das

potencialidades socioeconômicas dos municípios, ponderando as fragilidades do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado.

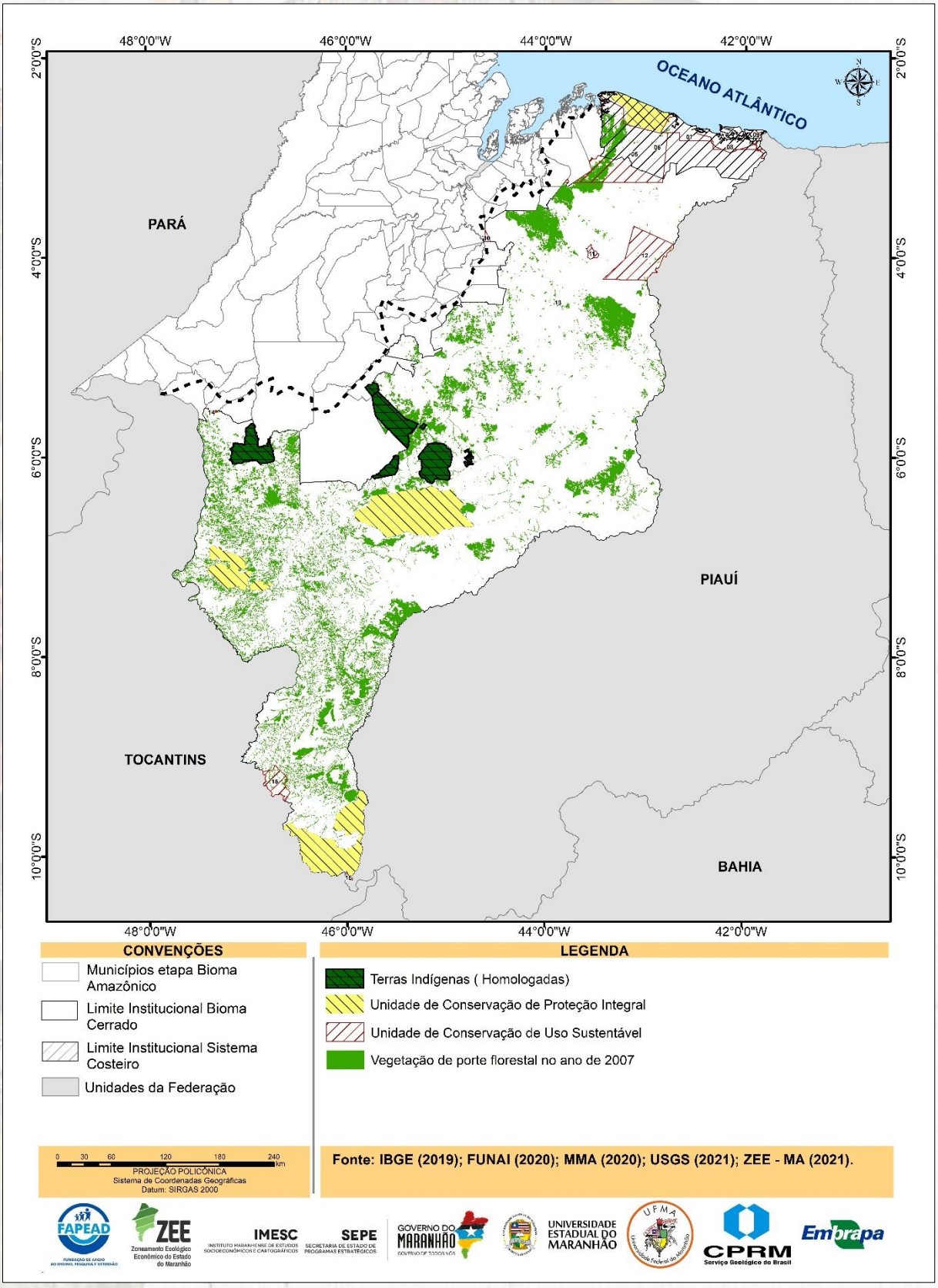
3.6. Área Florestal

A Área Florestal (e seus diversos usos associados aos tipos de formações florestais que compõem essa classe no Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro a ele associado) teve uma significativa mudança no padrão de usos quando comparada em uma escala de tempo entre os anos de 2007 a 2020. A análise comparativa dos mapas de uso e ocupação desse período mostra a substituição de atividades desenvolvidas em áreas florestais. A região Centro-Leste do território analisado merece destaque por apresentar aumento sensível da subclasse "Uso diversificado em Área Florestal" no ano de 2020 quando comparado a 2007, substituindo outras subclasses e mudando o padrão de uso e ocupação naquela região.

As subclasses que tratam do extrativismo em área florestal como Extrativismo Vegetal + Extrativismo Animal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola, Extrativismo Vegetal + Área Agrícola, Extrativismo Vegetal em Área Florestal, Extrativismo Vegetal em Área Florestal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola, Extrativismo Vegetal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola, e Extrativismo Vegetal + Pecuária + Cultivos Temporários Diversificados foram em sua grande maioria convertidos ao longo do intervalo temporal analisado em Uso Diversificado em Área Florestal. Essa subclasse teve um aumento de 13.012,09 km^2, em 2007, para 21.966,11km^2, em 2020, e ocorre principalmente na região central e leste do Estado do Maranhão de forma espacialmente descentralizada, passando a corresponder a 11,49% da área total do Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro a ele associado.

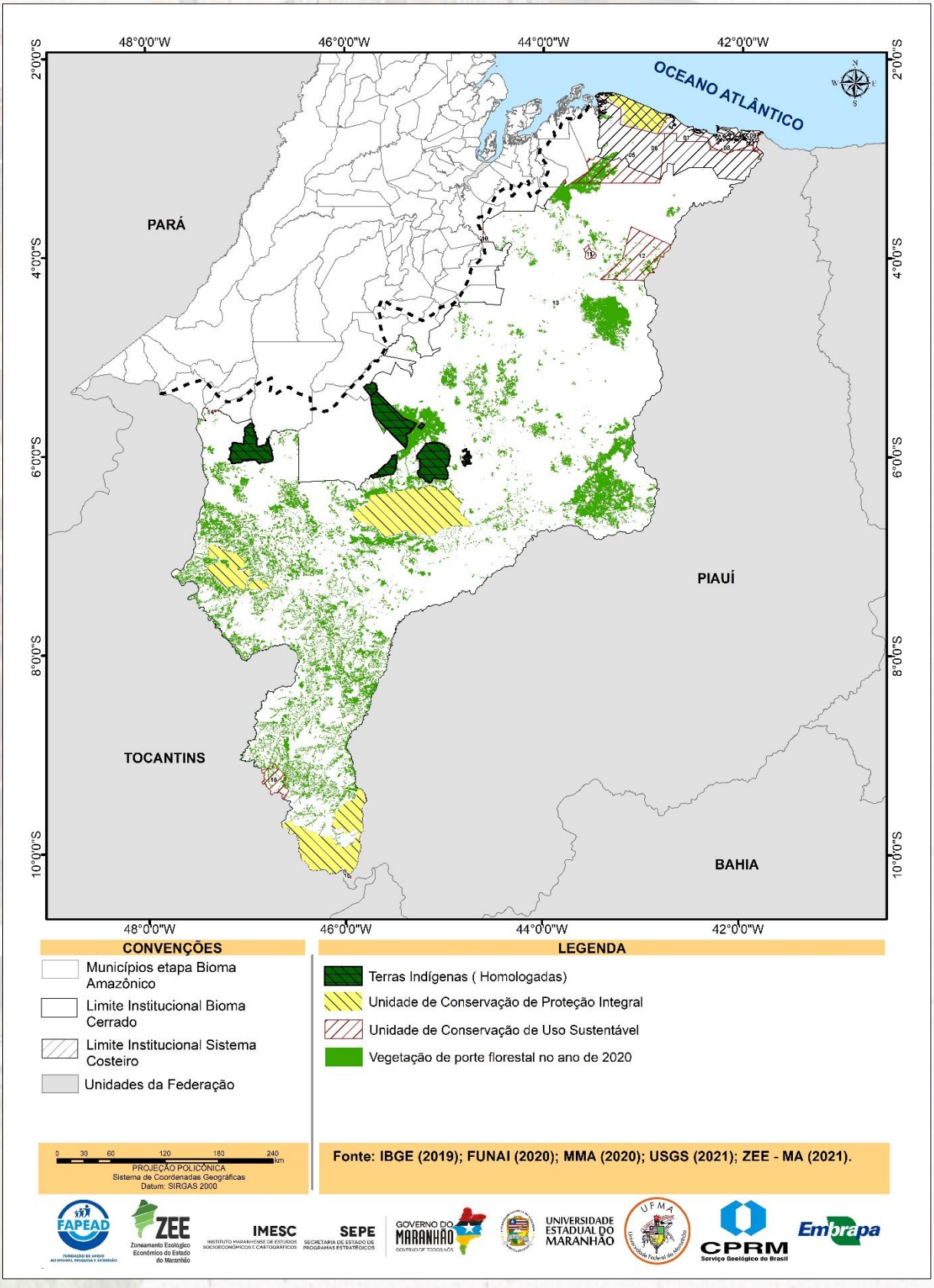
É importante também ressaltar que as características do território associado ao clima inerente a este, favoreceu que em 2020 houvesse um aumento da cobertura vegetal com usos tradicionais direcionados principalmente pela agricultura familiar existente nas comunidades rurais dos municípios, assim como os Assentamentos Rurais da região de estudo. No tocante à subclasse Vegetação Florestal, a maior em termos de área dessa categoria com 22.467,83Km^2 em 2007 e 21.131,55 Km^2 em 2020, a dinâmica de alterações por pressões de uso é mantida (Figuras 3.14 e 3.15).

Figura 3.14 - Distribuição das formações florestais em 2007 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão



Fonte: ZEE-MA (2021).

Figura 3.15 - Distribuição das formações florestais em 2020 no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão



Fonte: ZEE-MA (2021).

Nesse caso é uma mudança de aporte maior ou menor de florestas para algumas regiões do Estado, o que possivelmente está relacionada ao fogo, em parte, bem como a supressão vegetal e mesmo a resiliência das formações florestais, em alguns pontos (Figura 3.16).

Figura 3.16 - Área de porte florestal em Colinas, às margens do Rio Alpercatas, cuja resiliência ao fogo é ainda presente

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Em números absolutos, para toda Área Florestal no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, tem-se um acréscimo de 5.430,76Km^2 em 2020 quando comparado a 2007. Por outro lado, a subclasse "Vegetação Florestal" teve uma perda real de 1.336,28km^2 em 2020 em relação a 2007. Essas diferenças em termos de área podem estar relacionadas a vários fatores, tais como: regime de chuvas, expansão de áreas agrícolas, abandono de áreas não produtivas que podem proporcionar condições para recomposição da vegetação e a própria mudança de uso da terra pelas comunidades locais.

Quando é analisado o regime de chuvas para o período de 2007 a 2020, percebe-se que foram períodos bem distintos. Entre os anos de 2003 e 2007 o regime de chuvas foi abaixo do normal para a região, o que explica a grande incidência de focos de queimadas no Estado e consequentemente grandes perdas de áreas de florestas, principalmente em 2007, ano que atingiu o pico máximo de foco de

queimadas. Neste volume são apresentados panoramas de comportamento das queimadas no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associados que comprovam essa situação.

Já entre os anos de 2017 e 2020, o regime de chuvas tem médias acima das normais climatológicas para o território analisado por esta etapa do Programa ZEE-MA e, consequentemente, a resiliência da vegetação florestal para o cerrado é maior, permitindo que houvesse alguma reposição natural das áreas de porte florestal. Se for considerado que, para o Sul e Sudeste do espaço total regional, grande parte da vegetação florestal é oriunda de Áreas de Preservação Permanente, vê-se notadamente no mapa de uso e ocupação um aporte maior de vegetação nas formações vegetais ribeirinhas.

Tal acréscimo na área total da vegetação florestal está associado à conversão de outras classes de uso, como pode ser registrado na região Leste dos Cerrados Maranhenses, onde há uma importante retomada da área florestal em 2020 em municípios que estão em espaços próximos ao contato com a Caatinga, como Sucupira do Norte, Passagem Franca, São João dos Patos e Barão de Grajaú. Nas demais regiões do Estado, a vegetação florestal se mantém sem grandes modificações em termos de área. O adensamento das Áreas de Preservação Permanente, somado à recomposição da vegetação em áreas próximas a Caatinga, podem explicar o aumento no total de Área Florestal para o ano de 2020.

Por outro lado, apesar da grande resiliência que notadamente o Bioma Cerrado apresenta em face da recomposição de sua vegetação após exposição ao fogo (COUTINHO, 1977; 2016), o prolongamento do período seco proporciona a este bioma um ambiente favorável a queimadas e consequentemente menor capacidade de recomposição da vegetação. Assim, pode-se inferir que o número recorde de focos de queimadas em 2007 seria um dos fatores responsáveis pela redução da área florestal e da diferença em relação a 2020.

A subclasse representada pelas pressões de uso denominadas Extrativismo Vegetal + Pecuária + Cultivos Temporários Diversificados, que ocorre sobretudo no Sistema Costeiro associado ao Bioma Cerrado no Estado do Maranhão, manteve-se ao longo do tempo de estudo com área de uso estática, não havendo aumento significativo, muito menos perda de área. Esse dado mostra que o uso nesta região, apesar de ter espacialmente uma pequena diferença, ainda é presente, representado principalmente pelo extrativismo vegetal e animal característicos do ambiente costeiro, especialmente pela coleta de crustáceos, assim como de vegetais como buriti (*Mauritia flexuosae*) juçara (*Euterpe oleracea*) muito presente nesses ambientes. Ela corresponde a 6.506,85km^2, ou seja, 3,403% da área total.

Relativo às subclasses Extrativismo animal e vegetal em área florestal, estas tiveram um aumento de área e juntas correspondem a 9,6% da área total e estão localizadas, principalmente, na região do Sistema Costeiro. A área florestal também teve suas características primárias convertidas em

outras classes como a agricultura, sendo agricultura de grandes áreas na região Sul do Maranhão, principalmente a agricultura em minifúndios nas regiões Centro-Leste e Norte do território analisado.

Outra subclasse que merece atenção especial é a que trata do processo de arenização do solo em virtude da substituição da área florestal em solo exposto. Ambiente este praticamente sem vida e sem produtividade que cresceu entre 2007 e 2020, principalmente na região do Estado, passando de 99,34 km^2 para 334,12km^2.

3.7 Silvicultura

Em 2020, as áreas de silvicultura, associadas às florestas plantadas e sistemas agroflorestais, no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado, são reconhecidas como uma das principais atividades produtivas, sobretudo para os municípios como Urbano Santos, Anapurus, Coelho Neto, Santa Quitéria do Maranhão, Buriti, Belágua, Coelho Neto e Caxias, que estão inseridos nas regiões de desenvolvimento do Baixo Parnaíba e Timbiras. Além desses, tal segmento produtivo também avançou para os municípios de Estreito, Ribamar Fiquene, Riachão, Sítio Novo, São João dos Paraísos, São Pedro dos Crentes, Feira Nova do Maranhão, Carolina, Riachão e Balsas, isto é, para as regiões do Tocantins Maranhense, Serras e Gerais de Balsas, visto que são nessas regiões onde se concentram as maiores representatividades em termos de áreas consolidadas de florestas cultivadas do referido território.

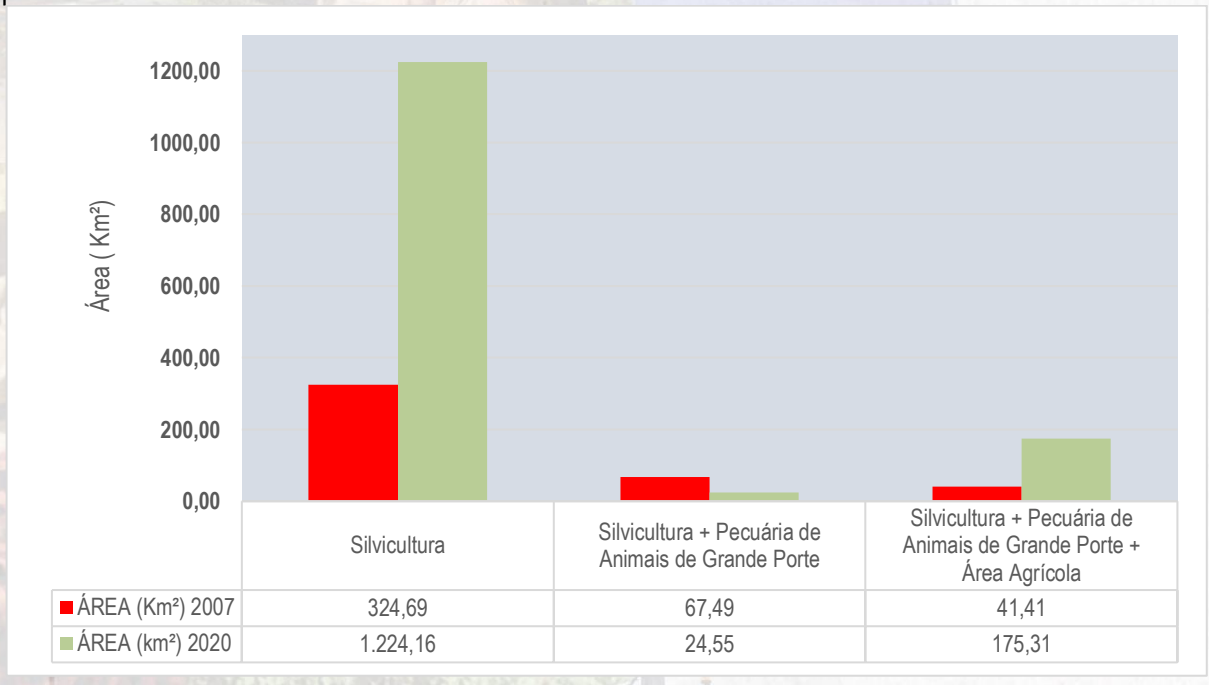
Por conseguinte, o período em análise (2007 e 2020) demonstra que nessa categoria de uso, de forma unitária ou consorciada com outras atividades agropecuárias, houve um incremento de aproximadamente 1033,40 km² comparando os anos de 2007 e 2020. Conforme o Gráfico 3.4, a partir de dados obtidos no mapeamento realizado de uso e cobertura da terra e considerando a escala adotada no estudo, a subclasse que teve maior crescimento foi a de *silvicultura*. Em termos percentuais aumentou 277,028% em relação ao ano de 2007. Isso porque em 2007 representava uma área de 324,69 km², e no ano de 2020 passa a ter uma área de aproximadamente 1.224,16 km².

Houve, também, um aumento nas áreas de usos consorciados Silvicultura + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola na margem de 323,367%, equivalente a 134 Km² de área, aproximadamente. Em contrapartida, a Silvicultura + Pecuária de Animais de Grande Porte teve uma redução de área de 42,94 km², o que corresponde a um decréscimo de 63,624% em termos percentuais em comparação de 2007 e 2020.

Diante do exposto, o aumento exponencial de áreas destinadas à silvicultura em 2020 pode ser explicado pelo excedente de políticas econômicas adotadas no início da década de 1980, denominado de Projeto Grande Carajás. Esse projeto permitiu a implantação de complexos siderúrgicos no sudoeste

do Estado do Maranhão, e, como consequência, desencadeou a demanda por insumos para suprir os fornos de indústrias de siderurgias. No entanto, a silvicultura ganhou impulso com a instalação da CELMAR - Companhia de Celulose do Maranhão, em 1992, para a produção de celulose, carvão vegetal e insumos para as guseiras (BOTELHO; ANDRADE, 2012).

Gráfico 3.4 - Variação da classe de Silvicultura (classe 7) entre os anos de 2007 e 2020, no mapeamento pressões de uso da terra no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão



	Silvicultura	Silvicultura + Pecuária de Animais de Grande Porte	Silvicultura + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola
ÁREA (Km²) 2007	324,69	67,49	41,41
ÁREA (km²) 2020	1.224,16	24,55	175,31

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Nessa mesma década (década de 1980), várias empresas agropecuárias nacionais se instalam no Cerrado maranhense, ou seja, parte Leste do Estado, iniciando, sobretudo, pelo município de Urbano Santos, com os cultivos de eucalipto, e no município de Coelho Neto com o plantio de bambu, ambos para a produção de celulose, carvão e insumos energéticos, e o último, também, para a produção de biodiesel (BOTELHO; ANDRADE, 2012).

No entanto, no que diz respeito ao Bioma Cerrado e ao Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, o mapeamento demonstra que o avanço da silvicultura somente se intensifica a partir do ano de 2007 com crescimento gradativo, sobretudo, no Sudoeste do território, na denominada Região Tocantina, já que está mais próxima dos polos industriais voltados para a fabricação de papel e celulose e insumos energéticos que estão inseridos no Bioma Amazônico, mas que geram pressões no contexto dos Cerrados.

Na região mais a Nor-Nordeste do território investigado, que compreende uma pequena parcela do município de Barreirinhas que está inserido no Sistema Costeiro e as regiões do Baixo Parnaíba e

Timbiras, essa pressão de uso estava em processo de inicialização e implementação no ano de 2007, com exceção das plantações de bambu em Coelho Neto que já mostrava expressividade no território desde 2004.

Nessa perspectiva, a dinâmica de pressões de uso dessa categoria foi dada, principalmente, pela conversão de áreas campestres com pecuária extensiva e cultivos temporários, No entanto, em algumas áreas avançou sobre a vegetação, por exemplo, nos municípios de São Benedito do Rio Preto, Belágua, Urbano Santos, Caxias e Ribamar Fiquene. Assim, a categoria de silvicultura em treze anos cresceu em média 10,7% por ano, enquanto Silvicultura + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola aumentou em média 11,7% anual. Contudo, os dados mostram que a região que mais cresceu em termos de silvicultura foram as regiões do Baixo Parnaíba e Timbiras, seguida da região do Tocantins Maranhense.

3.8 Dunas, Praias e Bancos de Areia

No contexto do Bioma Cerrado e do Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, as dunas, praias e bancos de areia representam ambientes deposicionais de três origens distintas: aqueles relacionados a processos oceanográficos e eólicos, cuja predominância nos ambientes costeiros lhes são características; os depósitos de areias de base de platôs do Sul e Sudoeste do território analisado, resultado de processos intempérico-erosivos de superfícies arenosas de cimeiras; e os conjuntos de coalescências arenosas relacionados aos processos de transporte fluvial, quer seja por trabalhos hidrogeográficos realizados por rios perenes, quer seja por aqueles de natureza efêmera.

Nesse sentido e, sobretudo, pela participação espacial maximizada no contexto territorial, são nos campos de dunas relacionados aos ambientes costeiros onde se encontram as maiores expansões das coberturas sedimentares arenosas, em que pese aquelas de natureza oceanográficas e eólicas. Isso dito, entre 2007 e 2020 houve um acréscimo de 163,87 km^2, sobretudo relacionado ao avanço dos Lençóis Maranhenses para áreas de vegetação campestre e de porte florestal por eles abrangidos. Embora haja algumas áreas com colonização de coberturas vegetais psamófilas por áreas de dunas, por exemplo, é recorrente uma diminuição deste tipo de formação fitofisionômica, o que caracteriza remobilização de dunas (Figura 3.17).

Figura 3.17 - Dunas fixas em processo de retomada de mobilização eólica em Barreirinhas (MA) por avanço das areias por sobre cobertura vegetal campestre

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Figura 3.18 - Bancos de areias às margens do Rio Munim em Nina Rodrigues

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Embora tenha havido períodos mais chuvosos entre 2017 e 2020 em relação às médias históricas no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, áreas com depósitos fluviais arenosos também foram mais detalhadas e visíveis, haja vista o assoreamento de

corpos hídricos, sobretudo os de grande porte (Figura 3.18). A resposta espectral vista em imagens de satélite é relacionada diretamente a impactos de pressões de uso de classes anteriormente citadas neste estudo e que, por isso mesmo, carecem de maiores compreensões e estratégias de contenção ou mitigação.

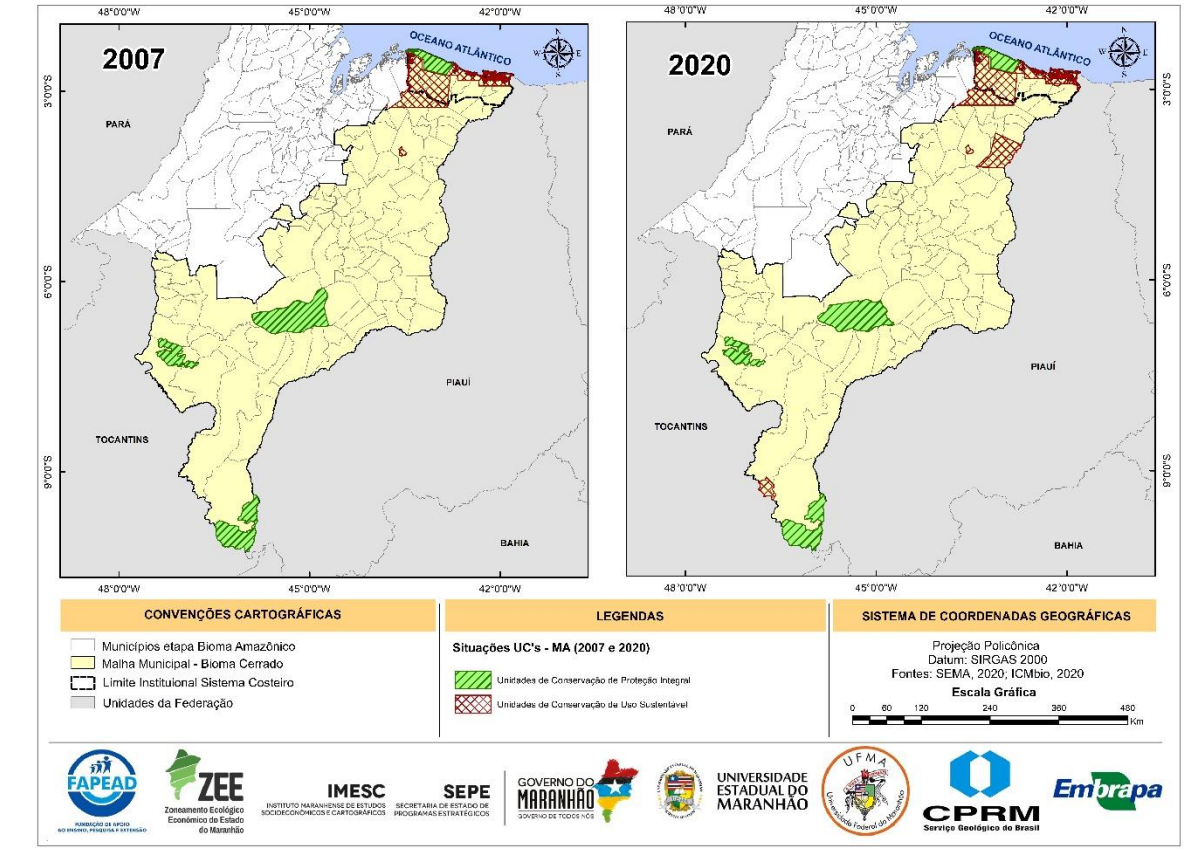
3.9 Unidades de Conservação

A nomenclatura Unidade de Conservação faz menção a regiões como áreas delimitadas no território às quais são atribuídos diversos graus de proteção, com a imposição de restrições à ocupação da terra e ao uso dos recursos naturais, visando à conservação da natureza, manutenção e melhoria da qualidade ambiental, bem como o controle e a manutenção de tais recursos, visando uma utilização futura. As Unidades de Conservação foram instituídas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, através da Lei n.° 9.985, de 18 de julho de 2000 (CASTRO JÚNIOR; COUTINHO; FREITAS, 2009; COSTA, 2016).

No contexto do Estado do Maranhão, deve-se levar em consideração de que forma integrada os instrumentos de proteção e preservação socioambiental. A partir deste ponto são focados no objeto de estudo as Unidades de Conservação do Maranhão áreas de suma importância para direcionar ações visando sua preservação e conservação. Mediante isso, foi estabelecido no Estado o Sistema Estadual de Unidades de Conservação por meio da Lei n.º 9.413, de 13 de julho de 2011 (COSTA, 2016), criando vários níveis de Unidades de Conservação, dentre elas as Unidades de Proteção integral e as de Uso Sustentável, que serão analisadas nos referidos anos já pesquisados (2007 e 2020) (Figura 3.19).

No que tange ao quantitativo de área ocupada pelo tipo de uso aqui abordado, tem-se que as Unidades de Conservação Integral que compõem o território do Bioma Cerrado e o Sistema Costeiro a ele associado, no ano de 2007, correspondiam a cerca de pouco mais de 12.040 km², o que equivalia a cerca de 6,29% de toda a área do Bioma abordado, enquanto as Unidades de Conservação de Uso Sustentável, juntas, somadas, atingiram um total de aproximadamente 7365 km², equivalente a aproximados 3,85% da áreas total do Bioma. Já no ano de 2020, houve algumas alterações nas áreas protegidas do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado, com a Inclusão da Área de Proteção Ambiental da Cabeceira do Rio das Balsas no SNUC, antes conhecida como a Reserva de Recursos Naturais da Nascente do Rio das Balsas, alterando sua categoria de conservação, a criação da APA dos Morros Garapenses e a alteração dos limites do Parque Estadual de Mirador. Com estas alterações, o total de área ocupada por UCs de proteção integral é de aproximadamente 11.387 km².

Figura 3.19 - Unidades de Conservação do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado os anos de 2007 e 2020



Fonte: ZEE-MA (2021).

Isto porque as alterações ocorridas nos limites relacionados ao Parque Estadual do Mirador sofreram mudança no ano de 2009, a partir das especificações da Lei Estadual n° 8.958, de 08 de maio de 2009, a qual altera o Decreto n.° 7.641, de 04 junho de 1980, que cria o Parque Estadual de Mirador e dá outras providências. A partir disto, foi realizada uma análise cartográfica da redação da legislação em vigência.

Com base nas instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional, dispostas no Decreto federal n.º 89.817, de 20 de junho de 1984, deve-se atender o respectivo Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) recomendado para detectar com exatidão de alocação os vértices limítrofes, que consolidam a poligonal referente à área territorial do Parque Estadual de Mirador (MA). De acordo com a legislação em vigência, as coordenadas dos vértices limítrofes foram inseridas no Sistema de Informação Geográfica (do acrónimo do inglês *GIS – Geographic Information System*) software GPS TrackMaker PRO (versão 4.8) e convertidas do Datum SAD-69 para o SIRGAS-2000, para sobrepor os dados em bases cartográficas e imagens de satélite para comprovação da localização em relação à área territorial municipal pertencente.

Posteriormente, os dados foram digitalizados em laboratório no Sistema de Informação Geográfica, do acrónimo do inglês (*GIS – Geographic Information System*) software ARCGIS, versão 10.5 (ENT-ES-0006-17 IMESC - 0117) para elaboração de cartas técnicas, com o intuito de auxiliar no esclarecimento e compreensão da análise, levando em consideração interpretações acerca do tema levantado.

Para a presente análise, as coordenadas utilizadas estão georreferenciadas ao Sistema Geodésico Brasileiro e encontram-se representadas na Projeção Policônica, referenciadas ao Meridiano Central de 45°, tendo como Datum Horizontal o SIRGAS-2000 (Elipsóide: GRS-80/ Sistema de Referência Geocêntrico das Américas).

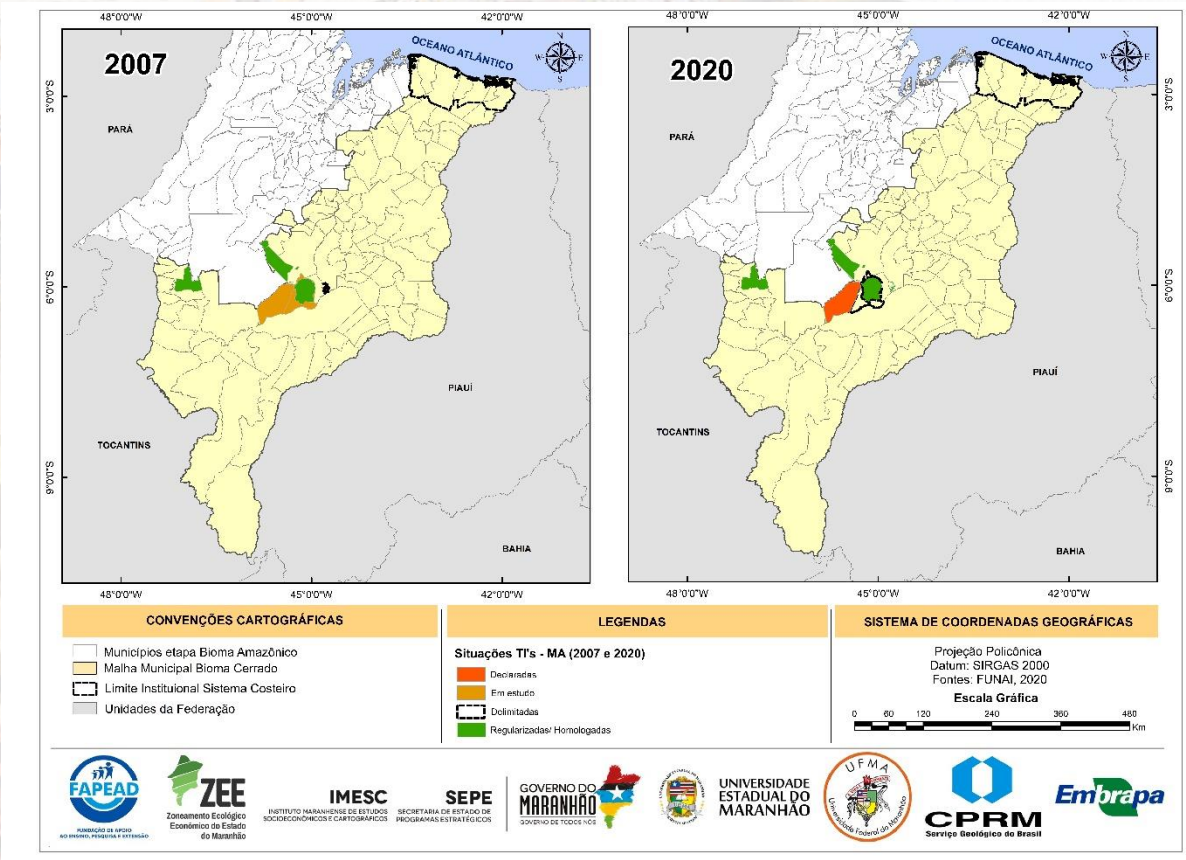
Para a consolidação da poligonal, referente a área territorial do parque estadual em análise, levamos em consideração a posição descrita das coordenadas geográficas mencionadas na legislação em vigência, tendo em vista que as métricas contidas na lei supracitada não concatenam com as distâncias reais cartografadas. Assim, mensuramos a área do Parque Estadual de Mirador com aproximadamente quatro mil novecentos quilômetros quadrados (4.900,3107km²).

3.10 Terras Indígenas

Conforme a Lei Federal n.º 6.001/1973, indígena é todo indivíduo de origem e ascendência pré-colombiana que se identifica e é identificado como pertencente a um grupo étnico cujas características culturais o distinguem da sociedade nacional. Por sua vez, Terra Indígena (TI) é uma porção do território nacional, de propriedade da União, habitada por um ou mais povos indígenas, por eles utilizada para suas atividades produtivas, imprescindível à preservação dos recursos ambientais necessários a seu bem-estar e à sua reprodução física e cultural, segundo seus usos, costumes e tradições. Trata-se de um tipo específico de posse, de natureza originária e coletiva, que não se confunde com o conceito civilista de propriedade privada (FUNAI, 2014).

Para análise relacionada às Terras Indígenas Inclusas no território do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado, levou-se em consideração a divisão estabelecida pela Fundação Nacional do Índio – FUNAI, que conforme dão seguimento às análises dividem em TI's: Declaradas, Delimitadas, em fase de estudo e regularizadas/Homologadas, fazendo-se desta forma, o cálculo de área de para cada ano correspondente (Figura 3.20).

Figura 3.20 - Terras Indígenas do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado nos anos de 2007 e 2020



Fonte: FUNAI, 2020.

Com base nas análises realizadas, foi possível observar que no ano de 2008 a área correspondente às Terras Indígenas no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado correspondia a aproximadamente 4.201 km², cerca de 3% da área total do Bioma. Já no ano de 2020, este valor apresentou um aumento, uma vez que a Terra Indígena Kanela-Memortumré teve sua área delimitada no ano de 2012, atingindo um total de 5203 km² no contexto do Bioma Cerrado e Costeiro de áreas ocupadas por povos indígenas.

4 AS ÁREAS PROTEGIDAS NO CONTEXTO DAS PRESSÕES DE USO E AS ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE

As áreas de preservação permanentes, ou simplesmente APPs, são territórios protegidos que, a despeito dos processos de pressão de uso materializados no território do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, devem ser considerados estratégicos corredores ecológicos e estoques de espécies nativas. Por conseguinte, aliadas às outras categorias protegidas, nomeadamente Terras Indígenas e Unidades de Conservação, as APPs auxiliam na formatação de mosaicos de paisagens e ambientes de potencialização de fluxos gênicos regionais, com o propósito de

manutenção da biodiversidade regional mediante a salvaguarda das espécies nativas nelas contidas, garantia de manutenção dos serviços ecossistêmicos, bem como complemento de estratégias biogeográficas de conservação da natureza. A isso soma-se o potencial de novos arranjos produtivos locais, notadamente potenciais para a bioprospecção e biotecnologia, bioeconomia com inserção de comunidades tradicionais com seus saberes associados e aproveitamento das essências nativas com potencial para restauração ecológica de áreas perturbadas antropogenicamente.

O inciso II, Art. III da Lei Federal n.º 12.651, de 25 de maio de 2012, define área de preservação permanente como "área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas" (BRASIL, 2012, s/p.).

Dessa feita, as APPs devem ser classificadas em diversas tipologias, obedecendo suas funções ecológicas e disposição paisagísticas, com o propósito de garantir o equilíbrio ambiental dos terrenos em que estão inseridas (AB'SÁBER, 2004). Usando a mesma fonte para caracterização cartográfica desse tipo de territórios protegidos no contexto do Bioma Cerrado e do Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, encontram-se nas seguintes formas:

> Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:
> I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:
> a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
> b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
> c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
> d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
> e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;
> II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:
> a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
> b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;
> III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais [...]
> IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;
> V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45º, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;
> VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
> VII - os manguezais, em toda a sua extensão;
> VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;
> [...]
> XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado (BRASIL, 2012, s/p).

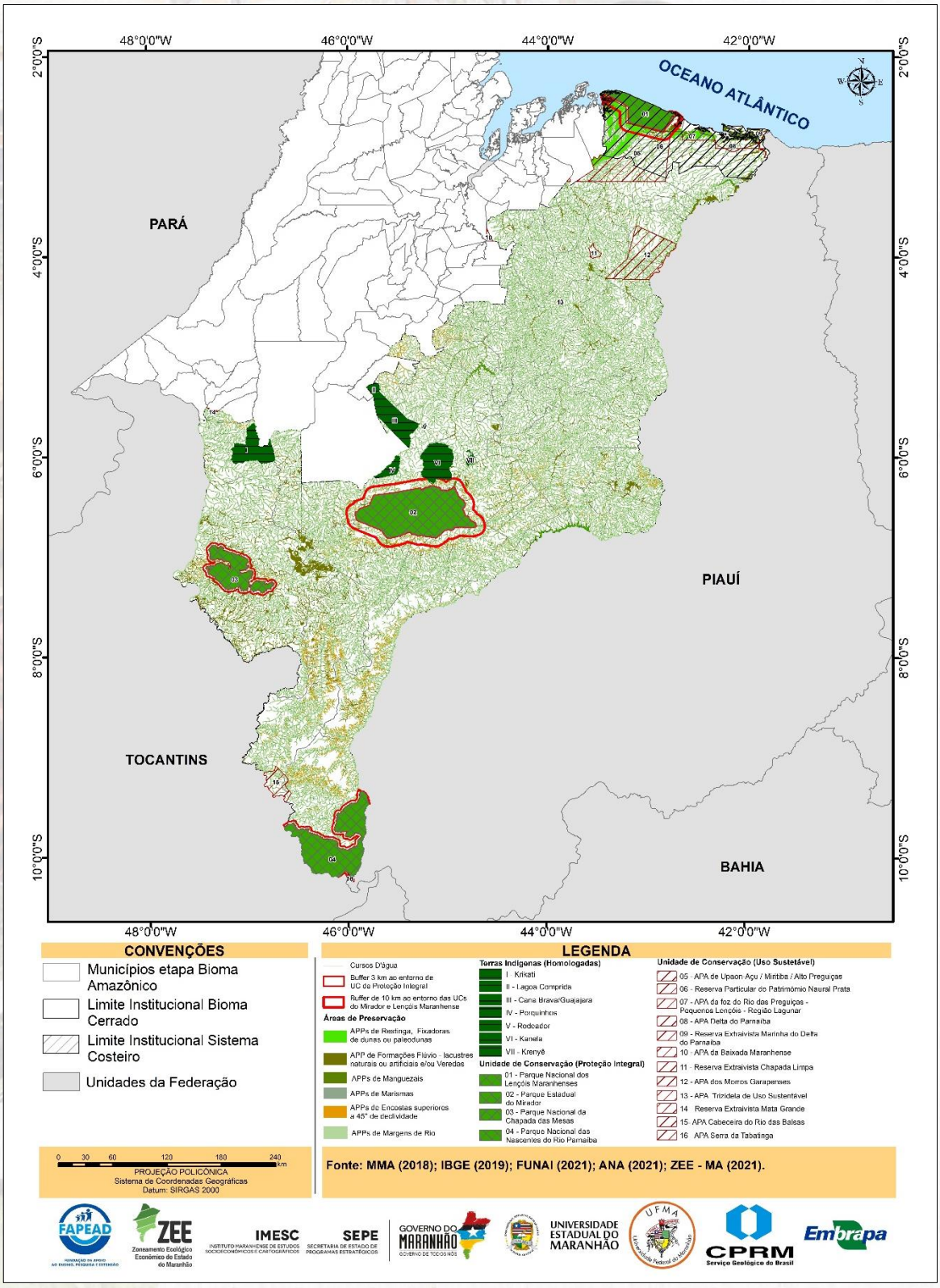
Assim, para efeitos do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão – Etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado, as APPs devem estar unidas em mosaicos e corredores ecológicos ligando as áreas protegidas em blocos maiores (Terras Indígenas e Unidades de Conservação, tanto as de Proteção Integral quanto as de Uso Sustentável). Ademais, para efeitos cartográficos, essa categoria de área protegida foi discriminada de forma a aglutinar todas as tipologias anteriormente citadas e presentes no Novo Código Florestal Brasileiro, em vigor desde 2012, nas seguintes unidades ambientais:

a) *APPs de Restingas ou Fixadoras de Dunas/Paleodunas*, estabilizadoras de sistemas deposicionais arenosos, configuram importantes áreas para a recarga de compartimentos hídricos subterrâneos e de superfície;
b) *APPs de Formações Flúvio-lacustres*, associadas a lagos, lagoas e lagunas naturais e/ou artificiais, bem como nascentes e veredas;
c) *APPs de Manguezais*, fixadoras de ambientes paludais costeiros e garantidora da manutenção da biodiversidade de contato continente – oceano;
d) *APPs de Marismas*, formada por ambientes de sucessão ecológica inicial em áreas de contato oceano-continente. Nesta também está inserida a categoria apicuns, já que, isoladamente, não se consegue enxergar na escala de trabalho adotada essas feições ecológicas protegidas;
e) *APPs de Encostas Superiores a 45º de inclinação*, caracterizada por bordas de chapadas, chapadões e "serras" existentes no contexto territorial ora abrangido;
f) *APPs de Margens de Rios*, a mais profusa categoria de APPs, que margeiam os cursos d'água perenes e intermitentes do território abrangido. Segundo a cartografia elaborada, podem ter de 75 a 500 metros de largura em cada margem do canal fluvial, dependendo da localização e setor em que se encontra.

Dispostas na Figura 3.21, todas essas APPs apresentam importante peça analítica para a fundamentação dos corredores ecológicos preferenciais para a conexão de paisagens lineares àquelas areolares, como as TIs e UCs. A Tabela 3.10 apresenta a composição de todas as áreas protegidas contidas no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Maranhão, por tipologia.

Importante destacar a importância em área total de territórios protegidos, que alcança, em tese, o quantitativo de 59.846,46 km^2, ou seja, 31,30% de todo o espaço total analisado, que é de 191.229,38 km^2. O Gráfico 3.5, por sua vez, apresenta a participação percentual de cada um desses conjuntos de espaços geograficamente protegidos e sua consolidação areal no contexto do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado.

Figura 3.21 - Mapa de áreas protegidas do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado



Fonte: ZEE-MA (2021).

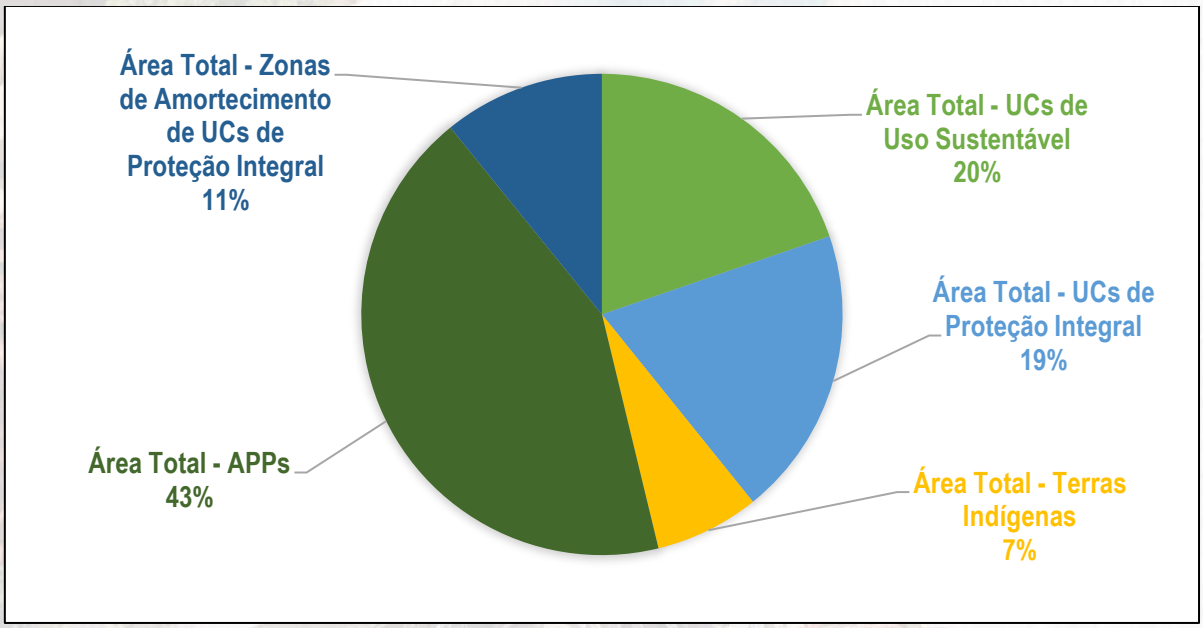
Tabela 3.10 - Área de todos os espaços protegidos no contexto do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DE USO SUSTENTÁVEL		
NOME	**Simbologia**	**Área Km²**
Área de Proteção Ambiental Trizidela de Uso Sustentável	13	0,26
Reserva Extrativista Mata Grande	14	6,18
Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense	10	45,65
Área de Proteção Ambiental dos Morros Garapenses	12	2.341,55
Reserva Particular do Patrimônio Natural Prata	06	0,90
Reserva Extrativista Chapada Limpa	11	119,71
Área de Proteção Ambiental Serra da Tabatinga	16	20,92
Área de Proteção Ambiental Cabeceira do Rio das Balsas	15	636,49
Área de Proteção Ambiental de Upaon-Açu / Miritiba / Alto Preguiças	05	5.336,94
Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba	08	1.182,59
Área de Proteção Ambiental da Foz do Rio Preguiças - Pequenos Lençóis - Região Lagunar Adjacente	07	1.902,36
Reserva Extrativista Marinha do Delta do Parnaíba	09	218,54
Área Total - UCs de Uso Sustentável (km²)		**11.812,09**
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DE PROTEÇÃO INTEGRAL		
NOME	**Simbologia**	**Área Km²**
Parque Nacional da Chapada das Mesas	03	1.600,46
Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba	04	3.610,59
Parque Estadual do Mirador	02	4.993,75
Parque nacional dos Lençóis Maranhenses	01	1.444,82
Área Total - UCs de Proteção Integral (km²)		**11.649,62**
ZONAS DE AMORTECIMENTO DE UCS DE PROTEÇÃO INTEGRAL		
NOME	**Simbologia**	**Área Km²**
Parque Nacional da Chapada das Mesas	-	955,31
Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba	-	715,17
Parque Estadual do Mirador	-	3.654,26
Parque nacional dos Lençóis Maranhenses	-	1.164,64
Área Total - Zonas de Amortecimento de UCs de Proteção Integral (km²)		**6.489,38**
APPS		
NOME	**Simbologia**	**Área Km²**
APPS de Margens de Rios	-	16.265,90
APPs de Manguezais	-	648,77
APPs de Formações Flúvio-Lacustres naturais ou artificiais e/ou veredas	-	5.370,40
APPs Restinga, Fixadoras de dunas ou paleodunas	-	1.646,69
APPs de Marismas	-	2,51
APPs de Formações Flúvio-Lacustres naturais ou artificiais e/ou nascentes ou veredas	-	130,75
APPs de Encostas superiores a 45° de declividade	-	1.629,74
Área Total – APPs (km²)		**25.694,77**
TERRAS INDÍGENAS		

NOME	Simbologia	Área Km²
Krikati	I	1.159,70
Cana Brava/Guajajara	III	1.249,62
Lagoa Comprida	II	132,30
Porquinhos	IV	300,70
Kanela	VI	1.254,77
Krenyê	VII	80,29
Rodeador	V	23,22
Área Total - Terras Indígenas (km²)		**4.200,60**
TOTAL DAS ÁREAS PROTEGIDAS (km²)		**59.846,46**

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

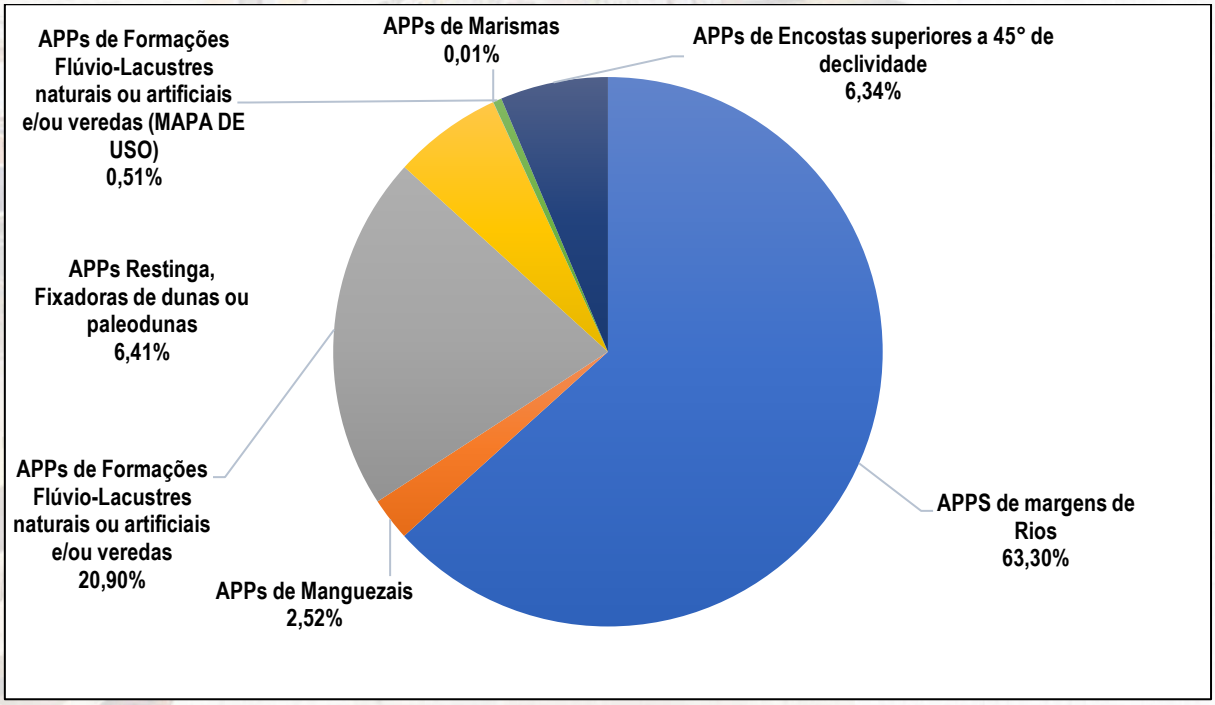
Gráfico 3.5 - Distribuição percentual das categorias de espaços protegidos no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Destaca-se que as APPs, *de per si*, compõem o maior conjunto de áreas protegidas no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão. Com um espaço total delimitado na ordem de 25.694,77 km², o que equivale a 43% do território analisado, representam espacialmente a maior distribuição de formações vegetais que, em tese, deveriam estar protegidas. O Gráfico 3.6 demonstra a distribuição de cada uma das categorias de APPs adotadas para fins desta etapa de construção do ZEE-MA. Ademais, não estão aqui computadas as APPs inseridas nas Terras Indígenas, nem em Unidades de Conservação de Proteção Integral, haja vista ambas as categorias já disporem de proteção efetiva por marcos legais federais, no primeiro caso, e federais e estaduais, no segundo.

Gráfico 3.6 - Composição percentual das categorias de APPs no contexto territorial do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão



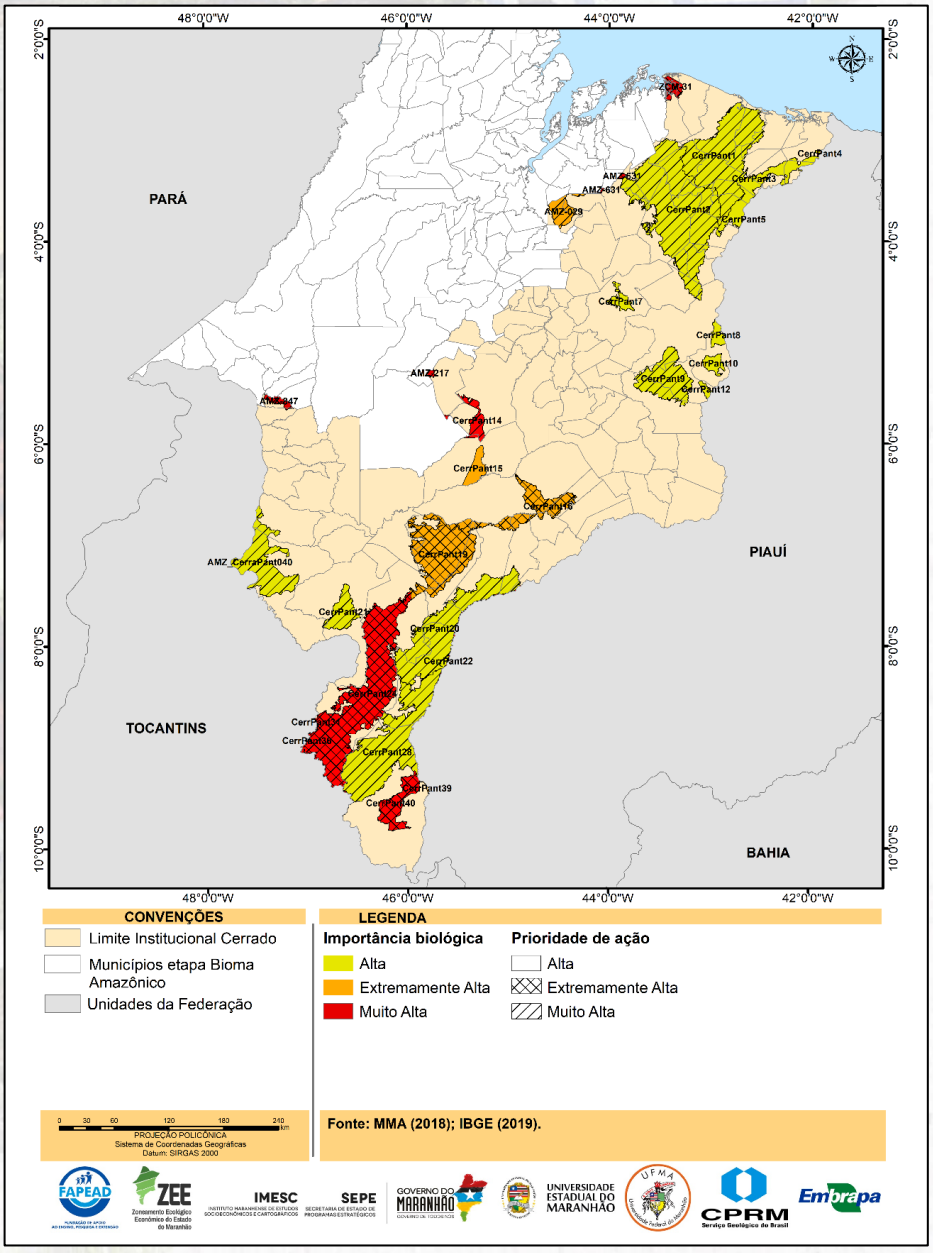
Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Outrossim, as áreas com buffers de zonas de amortecimento (de 10 km para o Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses e para o Parque Estadual do Mirador, conforme seus respectivos Planos de Manejo; e de 3km para os Parques Nacionais da Chapada das Mesas e das Nascentes do Parnaíba) representam um importante ganho de 11% de efetividade de proteção frente ao somatório de todas as classes, o que deve passar por monitoramento sistemático e controle de atividades por parte de seus órgãos gestores para fazer cumprir a função precípua de conservação e mitigação de danos às Unidades de Conservação de Uso Sustentável.

Frisa-se que as tipologias de áreas de preservação permanentes são deveras impactadas pelos diversos tipos de pressão de uso, pois estão dispostas em pequenos blocos ou mesmo composições lineares, porém não necessariamente contínuas, de coberturas vegetais nativas, como já demonstrado anteriormente neste texto. Destacam-se, sobretudo, as de margens de rios e de formações flúvio-lacustres naturais ou artificiais ou veredas. Todavia, são os caminhos preferenciais para a conexão de paisagens e manutenção de fluxos gênicos, pois agregam condições para a manutenção da resiliência ecológica frente a impactos, sobretudo relacionados ao fogo, bem como garantem a produção de águas de superfície, por exemplo. A estabilidade geológico-geomorfológica regional, bem como a garantia de permanência de recursos hídricos superficiais e subterrâneos depende, *pró-parte*, da estabilidade das APPs. Aliás, elas devem ser preferencialmente revegetadas com essências nativas durante a década de 2020.

Com o panorama ora descrito e frente às pressões de uso da terra no Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro a ele associado, requer-se a indicação de áreas prioritárias para a conservação, em consonância com os dispositivos presentes nas diretrizes do Ministério do Meio Ambiente (Figura 3.22).

Figura 3.22 - Áreas Prioritárias para a Conservação no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão



Fonte: Adaptado de MMA (2018).

Não se propõe, contudo, à criação de Unidades de Conservação no contexto do ZEE-MA do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado, mas, sim, a gestão efetiva das já existentes, bem como definição das áreas onde preferencialmente deve-se projetar, consensuar e aplicar estratégias que garantam a proteção ambiental com a manutenção do equilíbrio produtivo regional. Por consequência, destaca-se a necessidade de avaliação dos dispositivos presentes na legislação em vigor para a manutenção das atividades econômicas no território, mas com ganho de serviços ecossistêmicos e inserção dos saberes tradicionais. A biotecnologia é um dos contextos de novos arranjos produtivos que podem ser somados aos já existentes. Para tal, objetiva-se propor ações de reconfiguração dos corredores associados às APPs, sobretudo na Bacia do Rio Balsas, no Alto Itapecuru, no Centro-Leste do Estado e no Nordeste do território, onde ainda remanescem coberturas vegetais nativas com fauna silvestre associada.

Tal pacto de consenso deve ser promovido pelos órgãos ambientais, órgãos de planejamento territorial e de gestão produtiva, produtores rurais, entidades de proteção aos direitos humanos, conselhos ou representações de classes, dentre outros atores que desenvolvem suas atividades no território, buscando um desenvolvimento amplo e durável. Isso pode ser feito pela disposição propositiva, em licenciamentos ambientais, de corredores de reservas legais, conforme dispuser a legislação, e de conexão com APPs e outros mosaicos de áreas protegidas. Cabe ressaltar o fato de que as áreas prioritárias para conservação são garantidoras de serviços ecossistêmicos que, aliados às atividades econômicas em curso, podem gerar maior eficiência e eficácia da produção.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises dos padrões de uso no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado para os anos de 2007 e 2020 compreende-se que as alterações representadas por 42.229,78km² de uso de seu território, provocadas pela ação de diferentes agentes de mudança e sob uma gama de escalas no tempo e no espaço, compõem importantes informações sobre a dinâmica no uso da terra.

As evidências dessa pesquisa confirmaram a potencialidade do uso das imagens de satélite, no resultado sobre o apontamento de que a área de estudo apresentou mudanças em 80% dos padrões de uso elencados (Área Campestre, Área Florestal, Área de Plantio, Atividade, Corpos d'água de Silvicultura, Solo Exposto, Área Urbana, Dunas Praias e Bancos de Areia) num período de 13 anos, e que as principais alterações estão relacionadas à conversão das áreas florestais em áreas destinadas à agricultura e pecuária. Contudo, a Área Florestal está mantida numa proporção de 3,95% do território como um todo, indicando a disponibilidade de áreas destinadas a Reservas Legais e às APPs.

As atividades agropecuárias correspondem a uma das principais formas de uso e ocupação da terra da área em estudo, verificado na expansão destas atividades, diante da conversão das áreas de pastos sobretudo na região sul e centro-oeste do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro. Um aspecto relevante desta classe de uso é que as paisagens rurais, de um modo geral, são qualificadas pelos usos agrícolas, pecuários e florestais do território. Desta feita, as áreas de plantio caracterizam-se pela presença da agricultura familiar praticada por comunidades tradicionais, além do agronegócio, cuja dinâmica reflete em intensas pressões de uso na terra pelos diversos segmentos do campo maranhense. Diante da expansão das áreas agrícolas no bioma Cerrado e no Sistema Costeiro a ele associado, são vários os desafios impostos para a gestão do território, sem perder de vista a manutenção das potencialidades socioeconômicas dos municípios, ponderando as fragilidades dessas áreas.

Em paralelo a isto, as áreas urbanas também apresentaram um aumento significativo em área. Uma variação total equivalente a 12,31%. É importante ressaltar que o segundo maior percentual de transformação da paisagem ocorre na cidade e/ou núcleos urbanos.

Com relação às Unidades de Conservação de Proteção Integral e Terras Indígenas, estas áreas apresentaram maiores valores referentes à conservação da biodiversidade do bioma e sem alterações no que diz respeito à expansão ou redução de área de uso e ocupação. São áreas de uso restrito que servem de manutenção à vida de povos e comunidades tradicionais, além de ser refúgio da vida silvestre e espécies florestais. Diante do crescimento das atividades antrópicas, que em sua maioria, requerem uso intensificado do solo, torna-se necessária a proteção das áreas prioritárias passíveis de conservação, conforme regulamenta a legislação ambiental.

As análises estatísticas para a classe de Atividade de Silvicultura demonstraram que nos períodos analisados foi possível observar alterações paisagísticas contínuas ao longo do tempo, num total de aproximadamente 1.033,40 km², equivalente ao percentual de variação total em 5,37%. A dinâmica de uso dessa categoria foi dada, principalmente, pela conversão de áreas campestres com pecuária extensiva e cultivos temporários. No entanto, em algumas áreas, a dinâmica de uso avançou sobre a vegetação, como nos municípios de São Benedito do Rio Preto, Belágua, Urbano Santos, Caxias e Ribamar Fiquene. Mediante disso, a categoria de silvicultura em treze anos cresceu em média 10,7% por ano, enquanto Silvicultura + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola aumentou em média 11,7% anual.

É importante compreender a dinâmica da integração de fatores e processos biofísicos e socioeconômicos referentes ao uso e cobertura da terra nas transformações na paisagem, ao mesmo tempo em que é primordial perceber o significado dos padrões de organização do espaço, que coincide com a formulação de importantes instrumentos de planejamento ambiental e influência no ciclo das políticas públicas. A partir dos marcos regulatórios criados pelo Estado, na intenção de assegurar a

biodiversidade dos biomas, destaca-se a necessidade de monitoramento, controle e cumprimento destas ações para garantir a manutenção do Bioma Cerrado e do Sistema Costeiro a ele associado, verificado a partir das zonas de pressão de uso identificadas.

Por fim, é recomendável a indicação de proposição de mosaicos de áreas protegidas em blocos, em disposição espacial linear ou areolar. A unificação do sistema de proteção ambiental regional, com a junção ecológica de todas as categorias de proteção efetiva do território, pode trazer regeneração de alguns setores espaciais, notadamente em áreas de maiores pressões antropogênicas, bem como podem concorrer para o equilíbrio econômico e ecológico buscado pelo ZEE-MA.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, Aziz Nacib. O suporte geoecológico das florestas beiradeiras (ciliares). In: RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; LEITÃO FILHO, Hermógenes de Freitas (eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2004. p. 15-25.

ANTUNES, M. A. H.; GLERIANI, J. M.; DEBIASI, P. Atmospheric effects on vegetation índices of TM and ETM+ images from a tropical region using the 6S model. In: **Proceedings of the IEEE IGARSS 2012**, Munich, 2012, p. 6549-6552.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. Uso de Água nas Indústrias. 2015. Disponível em: https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=724ace05a4bf41be8c2edf1e76f66a38. Acesso em: 28 ago 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. Uso da água na agricultura irrigada. 2021. Disponível em: https://portal1.snirh.gov.br/ana/home/signin.html?returnUrl=https%3A//portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html%3Fid%3Dc4761c262917448ca79d78f8963052dd. Acesso em: 28 ago. 2021.

AQUINO, F. G.; WALTER, B. M. T.; RIBEIRO, J. F. Woody community dynamics in 445 two fragments of "cerrado" strict sensu over a seven-year period (1995-2002), MA, 446 Brazil. **Revista Brasil**. Bot. v. 30, n. 1, p. 113-121. 2007.

ANAC. **Aeroportos do Maranhão**. 2021. Disponível em: https://www.anac.gov.br/acesso-a-informacao/dados-abertos/areas-de-atuacao/aerodromos. Acesso em: 26 ago. 2021.

BAPTISTA, G. M. M. **Sensoriamento remoto hiperespectral:** o novo paradigma nos estudos de solos tropicais. Brasília, Universa, 2006. 212p.

BOTELHO, Adeilson Correia; ANDRADE, Maristela de Paula. A expansão da silvicultura: impactos socioambientais em territórios camponeses no Leste Maranhense. **XXI Encontro Nacional de Geografia Agrária**. Minas Gerais: Uberlância, 2012. Disponível em: http://www.lagea.ig.ufu.br/xx1enga/anais_enga_2012/eixos/999_1.pdf. Acesso em: 28 ago. 2021.

BRASIL. **Decreto n.º 8447, de 6 de maio de 2015**. Dispõe Sobre O Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba e A Criação de Seu Comitê Gestor. Brasília, Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Decreto/D8447.htm. Acesso em: 31 ago. 2021.

BRASIL. **Decreto n.º 89.817, de 20 de junho de 1984**. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Brasília, Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d89817.htm . Acesso em: 01 set. 2021.

BRASIL. Lei Federal n.º 6.001, de 19 de dezembro de 1973. Dispõe sobre o Estatuto do Índio. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6001.htm . Acesso em: 31 ago. 2021.

BRASIL. **Lei Federal n.º 9.985, de 18 de julho de 2000**; **Decreto n.º 4.340**, **de 22 de agosto de 2002**.Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza – SNUC: 3. ed. aum. Brasília: MMA/SBF, 2003.52p. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm . Acesso em: 20 jun. 2021.

CASTRO JÚNIOR, E.; COUTINHO, B. H.; FREITAS, L. E. Gestão da biodiversidade e áreas protegidas. In: GUERRA, A. J. T.; COELHO, M. C. N. **Unidades de conservação:** abordagens e características geográficas. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 25-66.

COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado II. As queimadas e as dispersão de sementes em algumas espécies anemocóricas do estrato herbáceo-subarbustivo. **Bol. Bot. Univers**. S. Paulo 5: 57-64, 1977.

COUTINHO, L. M. **Biomas brasileiros**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016. 128 p.

COUTINHO, L. M.; DE VOUNO, Y. S. & LOUSA, J. S. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado. IV- Época da queimada e produtividade primária líquida epigéia do estrato herbáceo subarbustivo. **Revista. Bras.Bot.** 5 (12). 1982.

DAVID, Cesar de. **A geografia agrária e as paisagens. In: Temas em Geografia Rural**. MARAFON, G. J.; CHELLOTI, M. C.; PÊSSOA, V. L. S. (Orgs). Rio de Janeiro: EdUERJ, 2019. p. 273-292.

EMBRAPA TERRITORIAL. **Satélites de Monitoramento**. Campinas, 2018. Disponível em: https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento. Acesso em: 31 ago. 2021.

EMBRAPA. **Relatório do diagnóstico**. Campinas: Embrapa, 2013. 1 v. Disponível em: http://www.zee.ma.gov.br/src/upload/relatorios/relatorio_diagnostico_v1_macrozeema.pdf. Acesso em: 26 ago. 2021.

FERREIRA, Antônio José de Araújo. **A reestruturação urbana maranhense**: dinâmica e perspectivas. São Luís: Edufma, 2017. 172 p.

FUNAI. **Terras Indígenas:** O que é? Disponível em: http://www.funai.gov.br/index.php/2014-02-07-13-24-32. Acesso em: 10 jun. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Manual técnico de Uso e Cobertura da Terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf. Acesso em: 20 mar. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE **Estimativas populacionais**. 2021. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/home/ipca15/brasil. Acesso em: 26 ago. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Censo Agropecuário:** resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard E. **Processamento Digital de Imagens**. 3. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2010. Tradução de: Cristina Yamagami e Leonardo Piamonte.

INCRA. **Assentamentos Rurais e Comunidades Quilombolas**. 2021. Disponível em: https://certificacao.incra.gov.br/csv_shp/export_shp.py. Acesso em: 26 ago. 2021.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS – IMESC. **PRODUTO INTERNO BRUTO DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO MARANHÃO**: período: 2006 a 2010. São Luís: IMESC, 2012. 100 p. Disponível em: http://imesc.ma.gov.br/src/upload/publicacoes/5434cc00c3bf7cf63d11de2ecfe663bd.pdf. Acesso em: 27 ago. 2021.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS – IMESC **Produto Interno Bruto dos Municípios do Maranhão**: período: 2010 a 2013. São Luís: Imesc, 2015. 108 p. Disponível em: http://imesc.ma.gov.br/src/upload/publicacoes/a9888dabae7bb64b6c5613bef8354cff.pdf. Acesso em: 27 ago. 2021

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS – IMESC. **Produto Interno Bruto dos Municípios do Estado do Maranhão**: 2018. São Luís: IMESC, 2020. 58 p. Disponível em: http://imesc.ma.gov.br/src/upload/publicacoes/31d93d4e68a8b54d8a05493f43761db3.pdf . Acesso em: 27 ago. 2021.

INPE, 2021. Disponível em: http://infoclima.cptec.inpe.br/. Acesso em: 31 ago. 2021.

MARANHÃO. **Lei Estadual n.º 8.958 de 08 de maio de 2009**. Altera o Decreto n.º 7.641/80 de junho de 1980, que cria o Parque Estadual de Mirador e dá outras providências. São Luís: 2009. Disponível em: https://stc.ma.gov.br/legisla-documento/?id=2696 . Acesso em: 20 jun. 2021.

MARANHÃO. **Lei Estadual n.º 9.413, de 13 de julho de 2011**. Regulamenta o art. 241 da Constituição do Estado do Maranhão, o Capítulo III, Seção VII da Lei Estadual n.º 5.405, de 08 de abril de 1992, o Capítulo II, Seção VIII do Decreto Estadual n.º 13.494, de 12 de novembro de 1993, e institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza do Maranhão e dá outras providências. São Luís: 2011. Disponível em: http://stc.ma.gov.br/legisla-documento/?id=4487 . Acesso em: 20 jun. 2021.

MATTOS JUNIOR, José Sampaio de; HESPANHOL, Antônio Nivaldo. OS ASSENTAMENTOS RURAIS NO MARANHÃO NO CONTEXTO DO PLANO NACIONAL DE REFORMA AGRÁRIA. In: CASTRO, Cláudio Eduardo de; PORTO, Iris Maria Ribeiro; MATTOS JUNIOR, José Sampaio de (org.). **Geografia, Território e Paisagens**. São Luís: Editora Uema, 2012. Cap. 14. p. 249-260.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de. DISTORÇÕES E CORREÇÕES DOS DADOS DA IMAGEM. In: MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de (org.). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: Unb, 2012. p. 82-100.

MENESES, P. R.; SANO, E. E. Classificação pixel a pixel de imagens. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (Org). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: Editora UNB, 2012.

MORAES, R. M. DE. **Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto (1999)**. Disponível em: http://www.de.ufpb.br/~ronei/procimagem/procimagem.htm. Acesso em: 20 fev. 2021.

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

ROSA, Roberto. **Introdução ao geoprocessamento**. Uberlândia: Ufu, 2013. 142 p.

SODRÉ, Ronaldo Barros. **O Maranhão Agrário: dinâmicas e conflitos territoriais**. São Luís, 2017. 200 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Estadual do Maranhão.

SOUZA, Anielli Rosane de. **Economia e natureza: padrões de uso e cobertura da terra associados a atividades agropecuárias e extrativistas de comunidades do sudoeste do Pará**. São José dos Campos: INPE, 2016. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2016.

TOMASULO, P.L.B. **Gestão da Biodiversidade:** uma análise com foco na preservação ambiental. Curitiba: Intersaberes, 2015.

CAPÍTULO 4

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E CONECTIVIDADE DE ÁREAS DE VEGETAÇÃO FLORESTAL DO BIOMA CERRADO E SISTEMA COSTEIRO NO ESTADO DO MARANHÃO

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 160
1.1 O Bioma Cerrado e Sistema Costeiro 161
2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 163
2.1 Análises de dados de uso e ocupação do solo 163
2.1.1 Sobre a classe Corpos d´água (4) 166
2.2 Métricas e análise da paisagem 167
2.2.1 Heterogeneidade de usos e ocupações na paisagem - Índice de Shannon-Wiener 167
2.2.2 Análise da conectividade estrutural e funcional 168
3 PADRÕES DE COBERTURA DE VEGETAÇÃO DE PORTE FLORESTAL E HETEROGENEIDADE DA PAISAGEM DO BIOMA CERRADO E SISTEMA COSTEIRO – ANÁLISE NA PERSPECTIVA DAS REGIÕES DE PLANEJAMENTO 169
3.1 Análises por Regiões de Planejamento 172
3.1.1 Alpercatas 172
3.1.2 Baixo Parnaíba Maranhense 173
3.1.3 Cocais 175
3.1.4 Gerais de Balsas 176
3.1.5 Guajajaras 177
3.1.6 Médio Itapecuru 178
3.1.7 Médio Mearim 180
3.1.8 Médio Parnaíba Maranhense 181
3.1.9 Serras 183
3.1.10 Sertão Maranhense 184
3.1.11 Timbiras 185
3.1.12 Tocantins Maranhense 187
3.1.13 Delta das Américas 188
3.1.14 Lençóis Maranhenses 190
4 ANÁLISE DA CONECTIVIDADE FUNCIONAL 191
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 194
REFERÊNCIAS 195

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Mapa das regiões de planejamento do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro 162

Figura 4.2 - Malha Hidrográfica do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro..... 167

Figura 4.3 - Cobertura Percentual de vegetação de porte florestal nas regiões de planejamento do Bioma Cerrado no Estado do Maranhão 170

Figura 4.4 - Classe de tamanho em km² dos fragmentos de vegetação de porte florestal e seu respectivo percentual no Bioma Cerrado. NF = % de fragmentos 172

Figura 4.5 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação à área total da região de planejamento Alpercatas 173

Figura 4.6 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Baixo Parnaíba Maranhense..... 174

Figura 4.7 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de Planejamento Cocais 176

Figura 4.8 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Gerais de Balsas 177

Figura 4.9 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Guajajaras 178

Figura 4.10 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Médio Itapecuru 180

Figura 4.11- Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Médio Mearim 181

Figura 4.12 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Médio Parnaíba Maranhense..... 182

Figura 4.13 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Serras 184

Figura 4.14 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Sertão Maranhense 185

Figura 4.15 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Timbiras..... 187

Figura 4.16 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Tocantins Maranhense 188

Figura 4.17 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Delta das Américas..... 189

Figura 4.18 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Lençóis Maranhenses..... 191

Figura 4.19 – Mapa de Conectividade de Áreas do Bioma Cerrado 193

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Chave de identificação das classes de uso e ocupação do solo utilizadas nessa análise ..163

Tabela 4.2 - Métricas da paisagem das regiões de planejamento do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro do Estado do Maranhão.....171

Tabela 4.3 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na Região de planejamento Alpercatas 172

Tabela 4.4 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na Região de planejamento Baixo Parnaíba maranhense.....174

Tabela 4.5 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na Região de planejamento Cocais ..175

Tabela 4.6 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na Região de planejamento Gerais de Balsas.....176

Tabela 4.7 – Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na região de planejamento 178

Tabela 4.8 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na região de planejamento Médio Itapecuru 179

Tabela 4.9 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na Região de planejamento Médio Mearim 181

Tabela 4.10 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na Região de planejamento Médio Parnaíba maranhense 182

Tabela 4.11 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na Região de planejamento Serras 183

Tabela 4.12 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na Região de planejamento Sertão Maranhense.....185

Tabela 4.13 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na região de planejamento Timbiras186

Tabela 4.14 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na Região de planejamento Tocantins Maranhense.....188

Tabela 4.15 – Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na Região de planejamento Delta das Américas.....189

Tabela 4.16 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na região de planejamento Lençóis Maranhenses.....190

1 INTRODUÇÃO

A importância da conservação das áreas de vegetação natural, tanto para a conservação da biodiversidade como para o provimento de serviços ecossistêmicos que nos mantêm, é um dos consensos mais bem estabelecidos pela ciência (BANKS-LEITE et al., 2014). No entanto, esse é um desafio que contrasta com a necessidade de uso antrópico dessas áreas naturais. É necessário, portanto, que o planejamento das ações de desenvolvimento econômico leve em conta a importância da conservação das áreas naturais como condição fundamental para a manutenção de serviços e recursos providos por esses ambientes.

Neste sentido, a análise, na perspectiva da paisagem, considera não apenas os ambientes naturais, mas também sua dinâmica de interação com os demais usos a sua volta. O estudo da totalidade das formas de uso e ocupação do solo é uma importante ferramenta que pode indicar usos mais influentes, pressões antrópicas e incidência de áreas naturais. Temos assim uma primeira perspectiva de como determinada região tem se desenvolvido quanto a sua forma de uso do solo, e como esse desenvolvimento vem impactando os ambientes naturais.

Uma das estratégias é o estudo por meio de métricas da paisagem como: tamanho dos fragmentos, conectividade e percentual de cada classe de uso e ocupação do solo na paisagem. Tais medidas, quando vistas na perspectiva de conservação da biodiversidade, fornecem parâmetros que podem direcionar ações de gestão para a conservação das áreas naturais (METZGER, 2006). A conectividade da paisagem, o inverso da fragmentação, determina o grau no qual uma paisagem facilita ou restringe o movimento dos organismos entre fragmentos. Ela influencia a sobrevivência das populações e a dinâmica populacional em paisagens fragmentadas (FORERO-MEDINA & TISCHENDORF, 2007).

A fragmentação das áreas de habitats pode levar ao isolamento de populações, diminuição da riqueza de espécies e consequente perda da biodiversidade (STEFFAN-DEWENTER et al., 2002). Uma das estratégias de minimização desses impactos é a proteção de áreas como as de preservação permanente que tem a "função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas" (Art. 3º, inciso II da Lei nº.12.651/12). O estudo do uso e ocupação do solo é uma das estratégias de monitoramento, diagnóstico e elaboração de medidas de conservação dessas áreas.

Neste sentido, essa análise apresenta um diagnóstico das formas de uso e ocupação do solo no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro Maranhense a fim de subsidiar ações de conservação dos ambientes naturais considerados dentro de sua dinâmica de interações com os demais ambientes na paisagem.

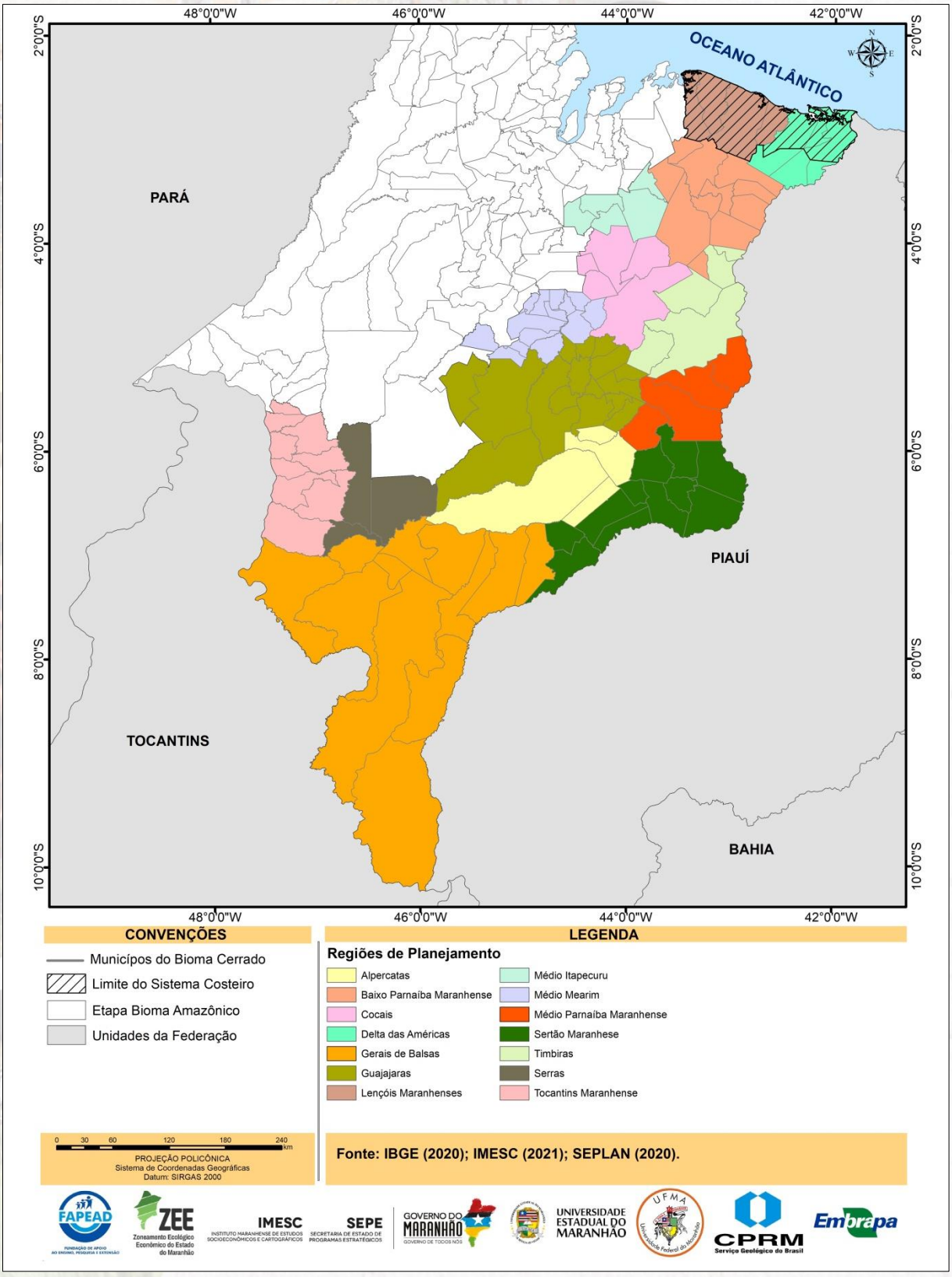
1.1 O Bioma Cerrado e Sistema Costeiro

A região do Cerrado Maranhense abrange uma área de aproximadamente 181.000 km^2, que corresponde a 54,5% da área total do estado do Maranhão. Está dividida em 12 regiões de planejamento, incluindo 98 municípios dentre os 217 existentes em todo o Estado.

A região do Sistema Costeiro Maranhense ocupa aproximadamente 10.000 km^2. Está dividida em 2 regiões de planejamento: Lençóis maranhenses e Delta das américas, incluindo 11 municípios. Na região de Cerrado e Sistema Costeiro do Maranhão, há 11 unidades de conservação em nível federal, 5 em nível estadual e 4 em nível municipal. Entre essas, existem paisagens de aspecto singular e de alta beleza cênica como os Lençóis Maranhenses e o Delta do Parnaíba.

Todos os detalhes das características, tanto do ponto vista biótico, quanto físico e socioeconômico do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a que se refere este estudo, estão presentes nos documentos que compõem o Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico-Econômico do Maranhão (ZEE-MA): Meio físico-biótico – etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro. v.2 (DIAS et a., 2021). As análises são feitas em nível de cada Bioma e alguns aspectos são detalhados por região de planejamento, conforme demonstrado na Figura 4.1.

Figura 4.2- Mapa das regiões de planejamento do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro.



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

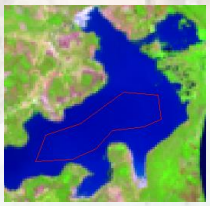
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 Análises de dados de uso e ocupação do solo

Todas as informações presentes neste documento referem-se à base de dados de uso e ocupação da terra presentes no Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico - Econômico do Maranhão (ZEE-MA): Meio físico-biótico – etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro. v. 2 (DIAS et al., 2021). Neste documento, os usos do solo foram classificados em 10 classes, como descritas na Tabela 4.1, abaixo, que foi reproduzida em sua íntegra do seu documento de origem.

Tabela 4.1- Chave de identificação das classes de uso e ocupação do solo utilizadas nessa análise.

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO	CHAVE DE IDENTIFICAÇÃO	NOME	LEGENDA FINAL
1		**Área Urbana**	Área Urbanizada Área Urbanizada + Extrativismo Vegetal Complexo Industrial Área de Segurança Nacional
2		**Área Campestre**	Pecuária de Animais de Pequeno Porte Pecuária de Animais de Médio e Grande Porte Pecuária de Animais de Pequeno e Médio Porte Pecuária de Animais de Grande Porte Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola Pecuária de Animais de Grande Porte + Aquicultura Pecuária + Cultivos Temporários Diversificados Uso diversificado em Área Campestre Uso não identificado em Área Campestre

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO	CHAVE DE IDENTIFICAÇÃO	NOME	LEGENDA FINAL
3		**Solo Exposto**	Uso não identificado em Área Descoberta Uso Diversificado em Área Descoberta Minerais não metálicos Núcleo Inicial de Arenização + Área Florestal Núcleo Inicial de Arenização
4		**Corpo d'Água**	Uso Diversificado em Corpo d'Água Continental Uso Diversificado em Corpo d'Água Costeiro Aquicultura Aquicultura + Pecuária de Animais de Grande Porte
5		**Área de Plantio**	Área Agrícola Cultivos Temporários Diversificados + Pecuária + Extrativismo Vegetal Cultivos Permanentes Diversificados
6		**Área Florestal**	Extrativismo Animal em Área Florestal Extrativismo Vegetal + Extrativismo Animal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola Extrativismo Vegetal + Área Agrícola Extrativismo Vegetal em Área Florestal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola Extrativismo Vegetal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola Extrativismo Vegetal + Pecuária + Cultivos Temporários Diversificados Extrativismo Vegetal + Cultivos Permanentes e Temporários Diversificados Vegetação Florestal + Núcleo Inicial de Arenização Vegetação Florestal

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO	CHAVE DE IDENTIFICAÇÃO	NOME	LEGENDA FINAL
			Vegetação Florestal + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola Uso Diversificado em Área Florestal
7		**Atividades de Silvicultura**	Silvicultura Silvicultura + Pecuária de Animais de Grande Porte Silvicultura + Pecuária de Animais de Grande Porte + Área Agrícola
8		**Dunas, praias e bancos de areia**	Dunas, praias ou banco de areia
9		**Unidade de Conservação de Proteção Integral**	Áreas amostradas e com seus usos delimitados, levando em consideração os limites instituídos, no entanto todos os usos nessas áreas específicas foram resguardados cumprindo o que prescreve a Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000.
10		**Terras Indígenas**	Usos amostrados e delimitados em todas as TIs de situação regularizada, porém, foram resguardados conforme seus limites instituídos, cumprindo o Decreto n.º 1.775, de 8 de janeiro de 1996.

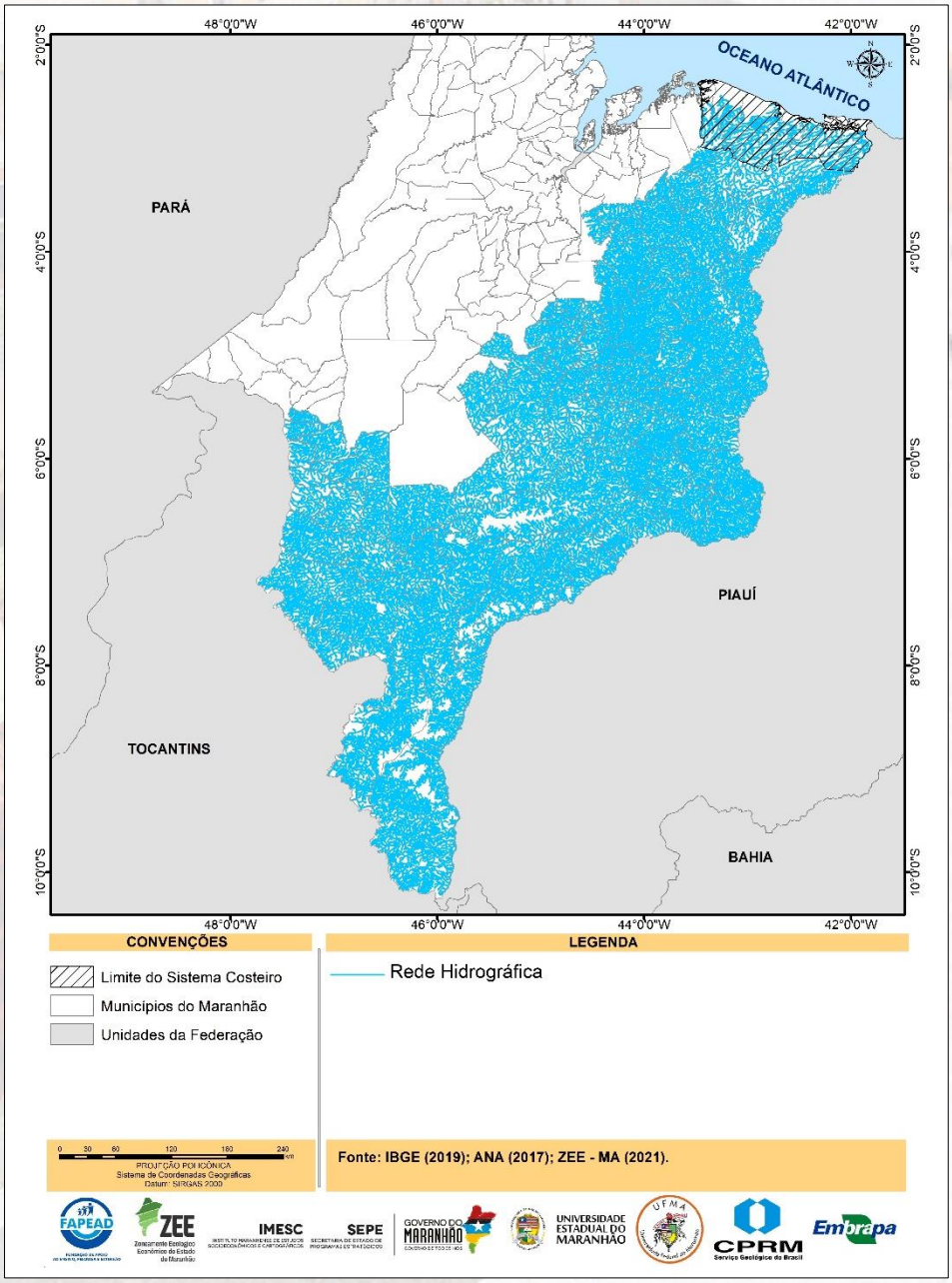
Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Para fins desse estudo, retirou-se da classe 6 (Área Florestal), o uso denominado Vegetação Florestal, que passou a compor uma nova classe identificada como 11, onde temos a vegetação de porte florestal, predominantemente fitofisionomias como: Floresta estacional semidecidual e Savana florestada. Temos, portanto, mantida a classe 6 (Área florestal) representando áreas de floresta com algum tipo de uso antrópico, incluindo inclusive áreas em bom estado de conservação como o caso de extrativismo animal em área florestal. A nova classe 11 (Vegetação Florestal) é composta pelas áreas com vegetação de porte florestal sem aparente uso antrópico.

2.1.1 Sobre a classe Corpos d´água (4)

Todo o Estado do Maranhão possui uma extensa malha hidrográfica (Figura 4.2) amplamente distribuída por todas as regiões de planejamento presentes nesse estudo. Neste sentido, esclarecemos que a base de dados utilizada na análise de uso e ocupação do solo, é feita neste documento, com foco na vegetação de porte florestal, e devido a escala utilizada não inclui a área da grande maioria dos corpos d´água existentes. Portanto, a área destinada à classe corpos d´água, refere-se apenas a rios com extensões suficientes para alcançarem a escala de análise, não sendo representativa da disponibilidade hídrica em cada região.

Figura 4.2- Malha Hidrográfica do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro.



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Uma vez definidas as classes de uso e ocupação, foram calculadas as métricas da paisagem pela extensão V-LATE 2.0 beta, do Sistema de Informações Geográficas ArcGIS 10.5 ESRI 2013. A escolha das métricas levou em conta as características da paisagem consideradas importantes para a conservação da biodiversidade.

2.2 Métricas e análise da paisagem

2.2.1 Heterogeneidade de usos e ocupações na paisagem - Índice de Shannon-Wiener

O índice de Shannon-Wiener é calculado com base na proporção de cada classe de uso e ocupação do solo na paisagem (MCGARIGAL et al., 2012). Considera, portanto, a quantidade de tipos de ambientes e a respectiva área ocupada dentro da paisagem. Considerando paisagens com o mesmo número de classes de uso do solo, aquelas com uma classe predominante, ocupando grande proporção da paisagem, terão valores mais baixos do índice, enquanto aquelas paisagens mais diversas, com os usos ocupando proporções semelhantes, terão valores mais altos do índice.

A heterogeneidade de usos da terra tem sido associada ao aumento da biodiversidade, por oferecer habitats complementares para diferentes grupos de espécies (FAHRIG, 2011). Esse benefício é potencializado quando em associação com áreas de vegetação natural. A diversidade de plantios, por exemplo, associada às áreas de floresta, favorece a diversidade de espécies de polinizadores (BOSCOLO et al., 2017), e serviços ecossistêmicos como polinização (SOARES, 2017)

a) Percentual de vegetação de porte florestal. Refere-se à área da paisagem com cobertura de vegetação de porte florestal dividida pela área total da paisagem (FAHRIG, 2013).
b) Número e tamanho dos fragmentos de porte florestal: essas são medidas, que associadas a medidas de percentual de vegetação e distância entre os fragmentos, nos dão um indicativo do grau de fragmentação da paisagem. Dessa forma, uma paisagem com muitos fragmentos pequenos e distantes uns dos outros é considerada fragmentada quando o cenário mais desejado para a conservação da biodiversidade seria o de fragmentos grandes e mais próximos entre si (MACARTHUR; WILSON, 1967).

2.2.2 Análise da conectividade estrutural e funcional

A Conectividade Estrutural pode ser entendida como a capacidade da paisagem de garantir fluxo de organismos considerando apenas a distribuição espacial das manchas de habitat. Esta foi medida pela métrica Distância ao Vizinho Mais Próximo (NNDist) que indica a distância euclidiana em metros ao fragmento mais próximo da mesma classe de uso. Para fins dessa análise, significa a medida simples da distância entre os fragmentos de vegetação de porte florestal.

Já a Conectividade Funcional refere-se à capacidade da paisagem de garantir fluxos de organismos considerando que os organismos conseguem se movimentar atravessando a matriz (áreas de uso não florestal nesse caso) (METZGER, 2006). É, portanto, uma análise do ponto de vista das espécies, onde se leva em conta características como: área de vida e capacidade de deslocamento das espécies em áreas externas a seu habitat preferencial.

Para a definição da distância a ser considerada como sendo de áreas conectadas funcionalmente, utilizamos a análise feita por Almeida et al. (2021). Esses autores agregaram

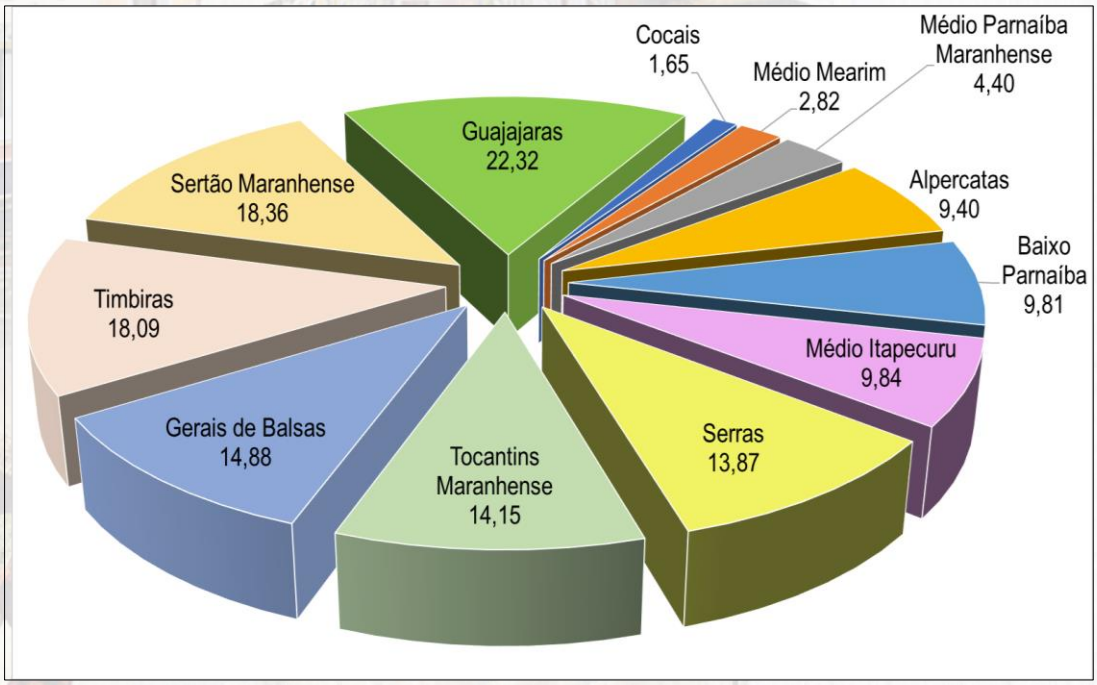
informações sobre áreas de vida e capacidade de deslocamento de 32 espécies de Cerrado, incluindo aves e mamíferos, obtendo uma distância de deslocamento média de 120m, que foi utilizada para análise da conectividade funcional para esse ambiente. Neste sentido, para fins dessa análise, os fragmentos de vegetação de porte florestal analisados, que se encontram a uma distância de até 120m, são considerados funcionalmente conectados. Essa análise foi feita pelo pacote *Landscape Metrics* (LSMetrics) no ambiente *GRASS GIS (*NIEBUHR et al. 2020*)*.

3 PADRÕES DE COBERTURA DE VEGETAÇÃO DE PORTE FLORESTAL E HETEROGENEIDADE DA PAISAGEM DO BIOMA CERRADO E SISTEMA COSTEIRO – ANÁLISE NA PERSPECTIVA DAS REGIÕES DE PLANEJAMENTO

A região do Bioma Cerrado no Estado do Maranhão distribui-se em 12 regiões de planejamento que variam em sua área de 4783,36km² (Médio Itapecuru) a 57157,23km² (Gerais de Balsas). Entre as com menor área temos 3 regiões: Médio Itapecuru, Médio Mearim e Serras que variam entre 4.783km² a 7.883km². Temos 9 regiões com áreas variando entre 7783,7km² a 22.7763km². Gerais de Balsas é região de planejamento com maior território 57.157km2, mais que o dobro da área de todas as demais.

Quanto ao percentual de cobertura por vegetação florestal, as regiões do Médio Mearim, Médio Itapecuru e Cocais são as que apresentam menor percentual, variando de 1,6 a 4,4% desse tipo de vegetação; nas demais regiões, a variação fica entre 9,4 a 22,3% (Figura 4.3).

Figura 4.3- Cobertura Percentual de vegetação de porte florestal nas regiões de planejamento do Bioma Cerrado no Estado do Maranhão.



Fonte: ZEE (2021).

O índice de heterogeneidade é uma medida comparativa que indica o quanto uma região pode ter maior diversidade de usos do solo do que outra. Entre as regiões de planejamento do Bioma Cerrado, as regiões Médio Mearim e Cocais foram as que apresentaram os valores mais baixos de heterogeneidade de usos do solo, característica que coincide com o baixo percentual de cobertura da vegetação de porte florestal sem utilização antrópica. A simples medida de heterogeneidade nesse caso não é suficiente para avaliar o estado de conservação dessas regiões.

Faz-se necessária uma análise dos demais usos da terra quanto a sua contribuição para a conservação da biodiversidade. Nessas duas regiões há grande percentual de áreas florestais que possuem alguma forma de utilização antrópica, o que nos leva a inferir que nessas regiões as áreas de vegetação florestais mais preservadas devem se referir principalmente às áreas de preservação permanente protegidas pela legislação vigente. Todas as demais regiões de planejamento do Bioma Cerrado apresentam entre si pouca variação no índice de heterogeneidade, podendo indicar certa semelhança quanto a quantidade de tipos de uso do solo nessas áreas. Essas variações são apresentadas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2- Métricas da paisagem das regiões de planejamento do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro do Estado do Maranhão

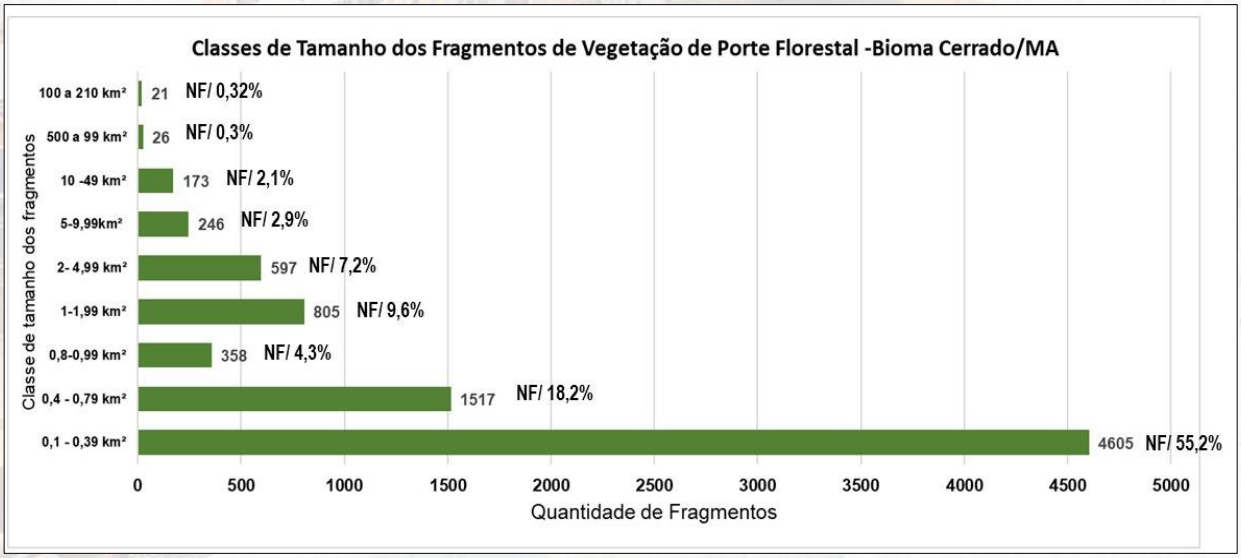
Região de planejamento	Área (km²)	Nº de Fragmentos	Área da Vegetação florestal (km²)	% de cobertura de vegetação Florestal	Tamanho médio dos Fragmentos de vegetação Florestal (km²)	Heterogeneidade
Alpercatas	12158,85	349	1143,35	9,4	3,27	1.053
Baixo Parnaíba	12602,95	287	1235,95	9,81	4,30	1.316
Cocais	9315,31	107	153,4	1,65	1,43	0,822
Gerais de Balsas	57157,23	5131	8503,79	14,88	1,65	1,127
Guajajaras	22763,62	600	5080,53	22,32	8,46	1,272
Médio Itapecuru	4783,36	259	470,72	9,84	1,81	1,109
Médio Mearim	6583,62	135	185,58	2,82	1,37	0,866
Médio Parnaíba Maranhense	8695,17	84	382,19	4,4	4,59	1,153
Serras	7783,79	441	1079,23	13,87	2,44	1,135
Sertão Maranhense	15588,10	526	2862,70	18,36	5,44	1,346
Timbiras	9870,88	170	1785,95	18,09	10,50	1,27
Tocantins Maranhense	11050,230	403	1563,443592	14,15	3,8795	1,455
Delta das Américas	3.638	3	0,9	0,02	0,29	1,152
Lençóis Maranhenses	6.862,4	25	109,8	1,6	4,3	1,327

Fonte: ZEE (2021)

A vegetação de porte florestal distribui-se em 8344 fragmentos e ocupa cerca de 13,4% da área total do Bioma Cerrado (181000,00km²). No entanto, 55,2% desses fragmentos têm uma área de até 0,3km² e apenas 0,3% têm acima de 100 km². Esse cenário é um indicativo da necessidade de aumento das áreas florestais, a fim de aumentar a área disponível para a conservação da biota e dos serviços ecossistêmicos fornecidos por essas áreas de floresta (Figura 4.4).

Algumas das medidas de gestão que podem ser tomadas nesse sentido é a restauração dessas áreas. Um importante ponto de partida seria iniciar o processo de restauração com as áreas já protegidas por lei, como as matas ciliares e demais áreas de preservação permanente. Ainda nesse sentido a restauração deve levar em conta o aumento da conectividade estrutural por meio da construção de corredores, especialmente interligando grandes fragmentos de floresta.

Figura 4.4 - Classe de tamanho em km² dos fragmentos de vegetação de porte florestal e seu respectivo percentual no Bioma Cerrado. NF = % de fragmentos.



Fonte: ZEE (2021).

3.1 Análises por Regiões de Planejamento

3.1.1 Alpercatas

Na região de planejamento de Alpercatas destaca-se o grande percentual de área, ocupada por uso campestre cerca de 68,18% representando uma área correspondente a 4,58% do Bioma no Estado. As áreas de plantio, áreas florestais que incluem algum tipo de uso antrópico e as áreas de Vegetação de porte florestal estão juntas entre as classes com segundo maior percentual de ocupação ficando entre 9, 2 a 10,3%, conforme indicado na Tabela 4.3.

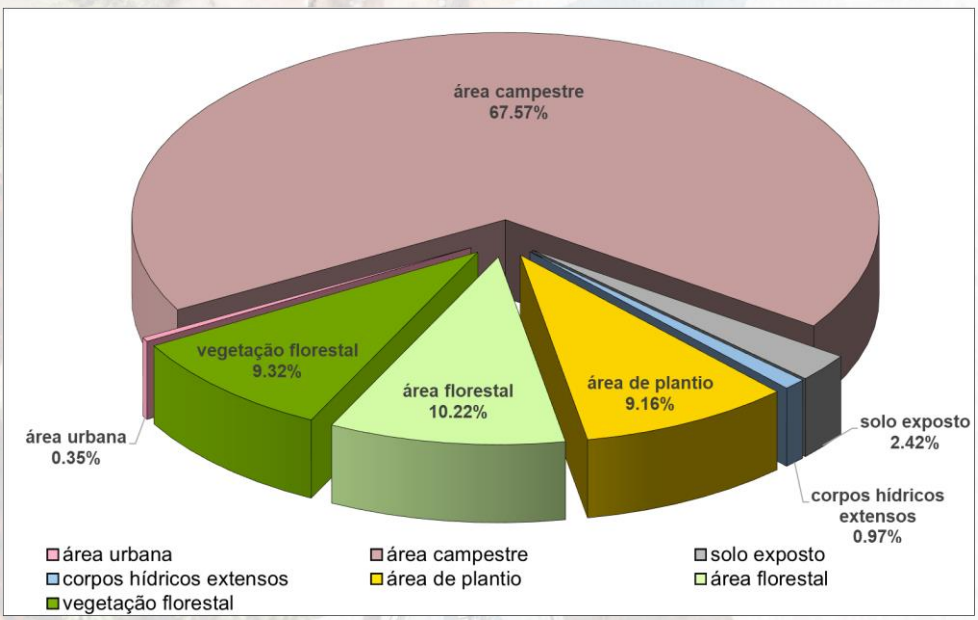
Tabela 4.3 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na Região de planejamento Alpercatas.

Descrição da classe	Código da Classe	Nº de elementos da classe	Área (km²)	% de cobertura na região	% cobertura no Bioma
Área Urbana	1	89	42.81	0.35	0.02
Área Campestre	2	298	8290.34	68.18	4.58
Solo Exposto	3	7	296.37	2.44	0.16
Corpo d´água	4	19*	8.74*	0.07	0.00
Área de Plantio	5	263	1123.23	9.24	0.62
Área Florestal	6	51	1254.01	10.31	0.69
Terra Indígena	10	0	0.00	0	0.00
Vegetação Florestal	11	349	1143.35	9.4	0.63

Fonte: ZEE (2021).

A partir desses dados, essa parece ser uma região com alta aptidão para atividades como pecuária de médio e grande porte e certo nível de fragmentação de área de vegetação florestal. Temos, portanto, um baixo percentual de cobertura de vegetação de porte florestal, associado a um uso mais intenso da área para atividades como pecuária e usos diversificados nas áreas de campo (Figura 4.5). Tais características demandam certa atenção quanto ao estabelecimento de medidas de conservação das áreas naturais nessa região.

Figura 4.5 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação à área total da região de planejamento Alpercatas.



Fonte: ZEE (2021).

3.1.2 Baixo Parnaíba Maranhense

A região de planejamento de Baixo Parnaíba Maranhense possui uma extensão de 12602.95km², com 59,06% desse território ocupado por áreas de Floresta, na qual foram identificados alguns usos tais como: extrativismo vegetal, extrativismo animal, em alguns casos associados a cultivos ou pecuária de pequeno e grande porte, e ainda certa diversidade de usos classificados como diversificados (Tabela 4.4). Entre as demais classes com algum tipo de uso antrópico, destacam-se as áreas de plantio e área campestre com 12,9% e 9,3% de ocupação, respectivamente. O Baixo Parnaíba Maranhense apresenta a classe 7 (dunas praias e bancos de areia) bem característica do Sistema Costeiro com o qual faz fronteira.

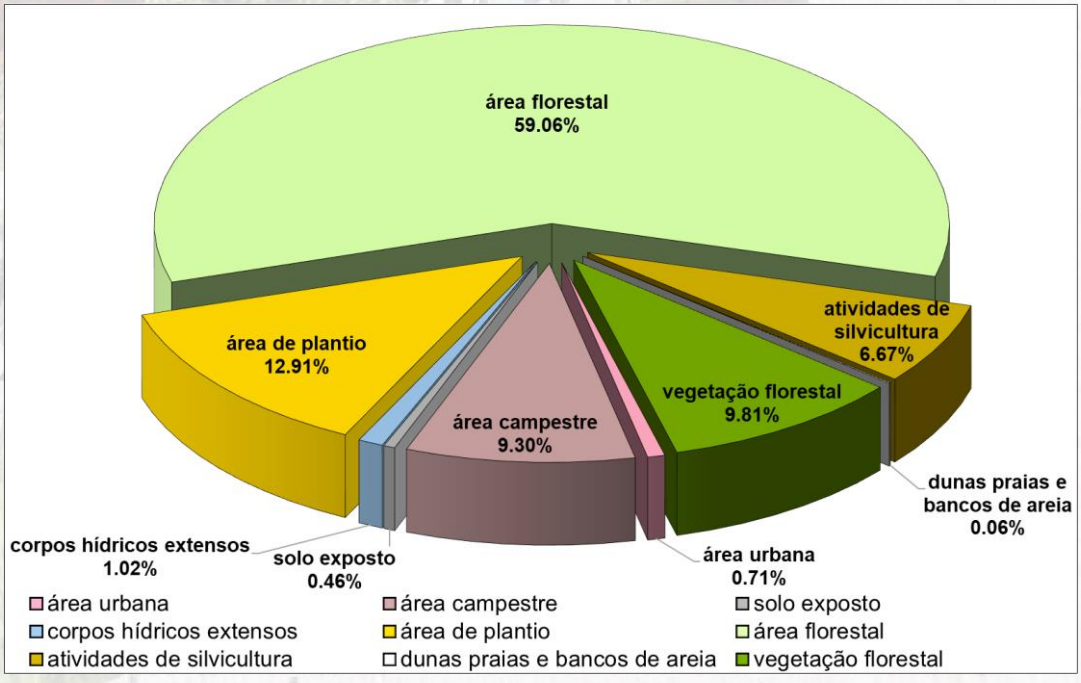
A vegetação florestal considerada dentro dos limites de território dessa região de planejamento ocupa uma área de 1235,9 km² representando 9,8% de cobertura do solo na região. Essa vegetação encontra-se distribuída em 287 fragmentos (Figura 4.6).

Tabela 4.4- Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na Região de planejamento Baixo Parnaíba maranhense.

Descrição da classe/ Baixo Parnaíba maranhense	Código da Classe	Nº de elementos da classe	Área (km²)	% de cobertura	% do Bioma
Área Urbana	1	85	89.02	0.71	0.05
Área Campestre	2	863	1172.31	9.3	0.65
Solo Exposto	3	18	58.40	0.46	0.03
Corpo d´água	4	21*	128.72	1.02	0.07
Área de Plantio	5	836	1627.07	12.91	0.90
Área Florestal	6	204	7443.66	59.06	4.11
Atividades de Silvicultura	7	45	840.16	6.67	0.46
Dunas Praias e Bancos de Areia	8	24	7.66	0.06	0.00
Vegetação Florestal	11	287	1235.95	9.81	0.68

Fonte: ZEE (2021).

Figura 4.6 – Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Baixo Parnaíba Maranhense.



Fonte: ZEE (2021).

3.1.3 Cocais

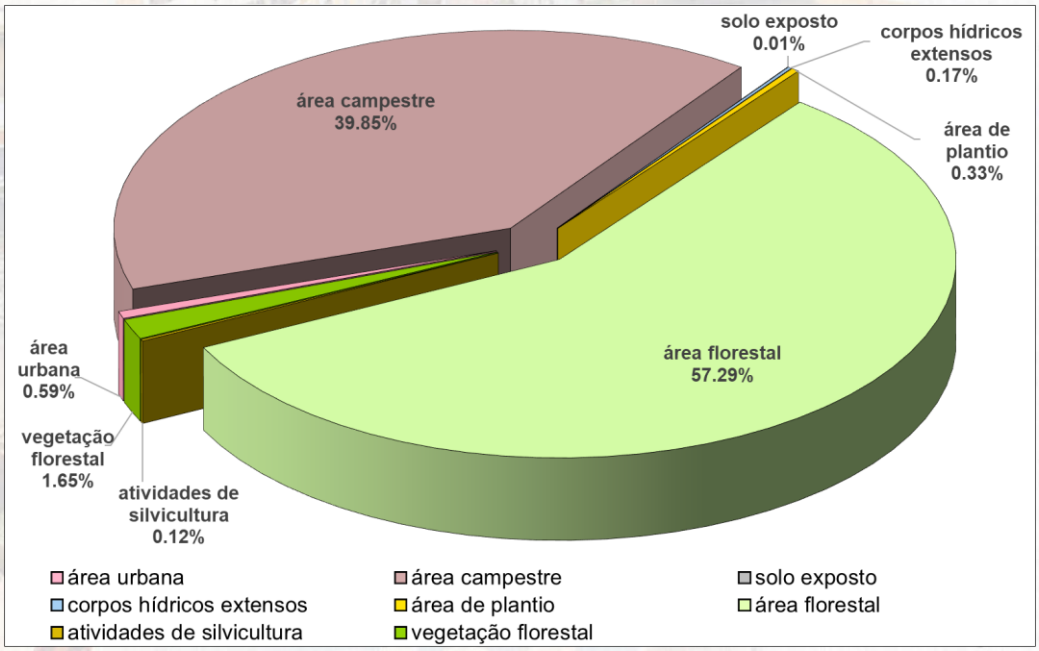
A região dos cocais apresenta mais de 50% da sua área coberta por área florestal. É preciso lembrar que essa classe inclui densas áreas de cocais, apesar de a vegetação de cocais não se caracterizar como uma floresta propriamente dita. Assim como nas demais regiões aqui estudadas, essas são áreas utilizadas para uma gama de atividades antrópicas. A pequena porcentagem de cobertura da vegetação de porte florestal, nessa região, pode ser um indicativo de desmatamento de matas ciliares, pois mesmo apresentando variações nas fitofisionomias, a totalidade de cobertura florestal nas margens dos rios existentes já seria suficiente para o aumento desse percentual da área de vegetação de porte florestal. Assim sendo, na Tabela 4.5 e Figura 4.7 é possível analisar as classes de uso encontradas nessa zona de planejamento e suas respectivas taxas de extensões territoriais.

Tabela 4.5 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na Região de planejamento Cocais.

Descrição da classe região de Planejamento Cocais	Classe	Nº de elementos da classe	Área (km²)	% de cobertura	% do Bioma
Área Urbana	1	46	54.75	0.59	0.03
Área Campestre	2	1231	3711.70	39.85	2.05
Solo Exposto	3	3	1.06	0.01	0.00
Corpo d´água	4	27*	15.40	0.17	0.01
Área de Plantio	5	28	30.31	0.33	0.02
Área Florestal	6	258	5337.13	57.29	2.95
Atividades de Silvicultura	7	2	11.60	0.12	0.01
Vegetação Florestal	11	107	153.36	1.65	0.08

Fonte: ZEE (2021).

Figura 4.7 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de Planejamento Cocais.



Fonte: ZEE (2021).

3.1.4 Gerais de Balsas

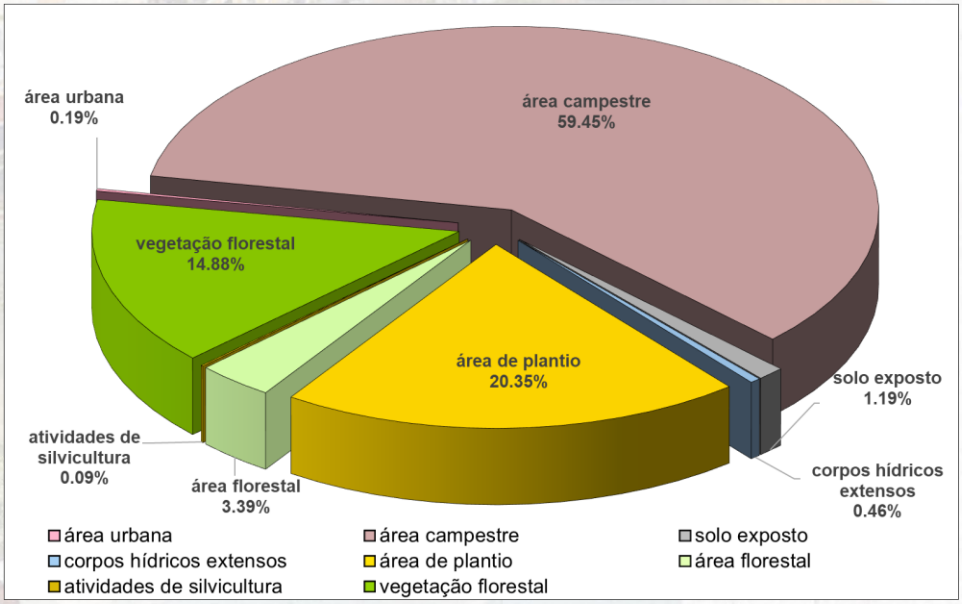
A região Gerais de Balsas está entre as três regiões com maior percentual de cobertura de plantio; destaca-se também nessa região as grandes extensões de vegetação campestre (Tabela 4.6 e Figura 4.8). Sobre essa classe esclarecemos que nesta análise não estamos fazendo a distinção entre campos naturais e antrópicos, porém tal distinção deve ser realizada localmente, pois é muito relevante para a tomada de decisão sobre a gestão dessas áreas em função da necessidade de conservação de campos naturais. As áreas de vegetação florestal estão distribuídas em 5131 fragmentos, fato que demanda uma atenção para o nível fragmentação florestal nessa região.

Tabela 4.6 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na Região de planejamento Gerais de Balsas

Descrição da classe/GERAIS DE BALSAS	Classe	Nº de elementos da classe	Área (km²)	% de cobertura de vegetação Florestal	% do Bioma
Área Urbana	1	79	109,978	0,19	0,061
Área Campestre	2	2744	33981,851	59,45	18,775
Solo Exposto	3	14	678,116	1,19	0,375
Corpo d´água	4	120*	261,082	0,46	0,144
Área de Plantio	5	950	11630,181	20,35	6,426
Área Florestal	6	30	1938,237	3,39	1,07
Atividades de Silvicultura	7	9	53,996	0,09	0,02
Vegetação Florestal	11	5131	8503,786	14,88	4,69

Fonte: ZEE (2021).

Figura 4.8 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Gerais de Balsas.



Fonte: ZEE (2021).

3.1.5 Guajajaras

A região de Guajajaras destaca-se entre as regiões do Estado com maior percentual de cobertura florestal (22,3%); quando somada às áreas de floresta com algum uso antrópico chega a quase 50% de sua área total. Essa também é uma região com grande percentual de área campestre, característica que pode ser melhor explorada quando a diferenciação de campos antrópicos e naturais forem definidas. Outra característica é o baixo índice de urbanização e de áreas de plantio (Tabela 4.7 e Figura 4.9).

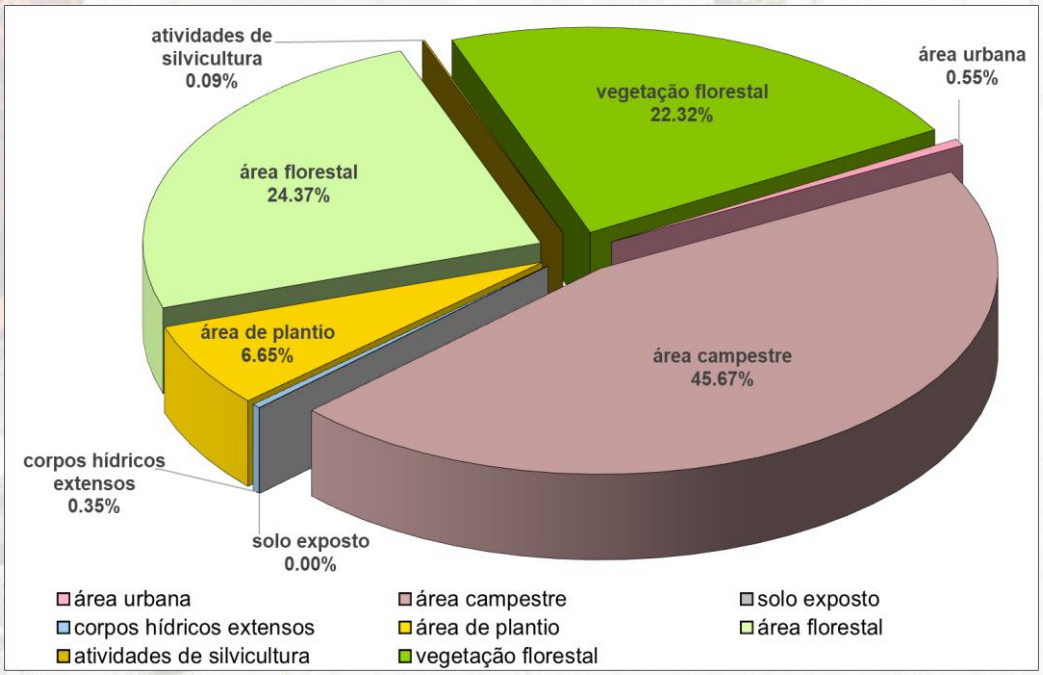
Ao que parece, temos nessa região um alto potencial promotor de conectividade entre as demais áreas de floresta no Estado, tanto pela sua maior cobertura florestal quanto pela sua localização estratégica na região central do Estado.

Tabela 4.7 – Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na região de planejamento Guajajaras.

Descrição da classe/ Guajajaras	Classe	N.º de elementos da classe	Área (km²)	% de cobertura	% do Bioma
Área Urbana	1	226	124,80	0,55	0,069
Área Campestre	2	824	10396,87	45,67	5,744
Solo Exposto	3	5	0,39	0	0,000
Corpo d´água	4	40*	79,18	0,35	0,044
Área de Plantio	5	306	1514,49	6,65	0,837
Área Florestal	6	487	5546,58	24,37	3,064
Atividades de Silvicultura	7	1	20,78	0,09	0,011
Vegetação Florestal	11	600	5080,53	22,32	2,807

Fonte: ZEE (2021)

Figura 4.9 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Guajajaras.



Fonte: ZEE (2021).

3.1.6 Médio Itapecuru

A região do Médio Itapecuru está entre as seis regiões dentro do Bioma Cerrado com mais de 50% de seu território de áreas florestais associadas a uso antrópico. Quanto as áreas de cobertura de vegetação de porte florestal, mesmo apresentando um percentual médio quando comparado com as

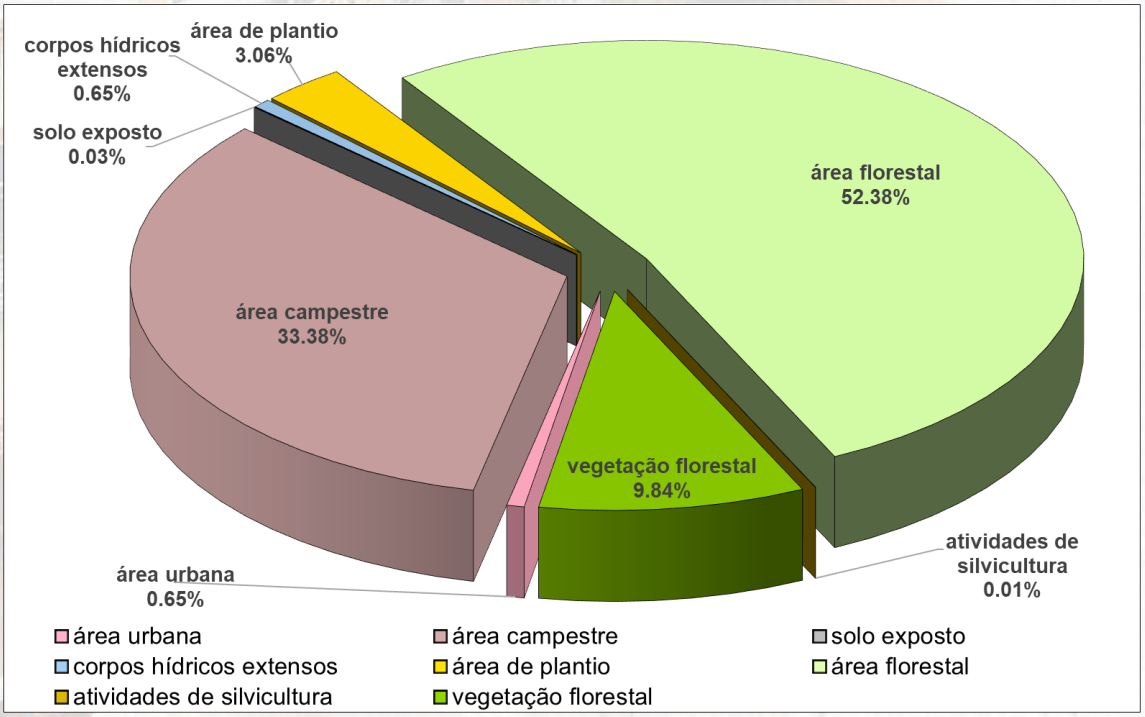
demais regiões do estado, nessa região parece haver maior nível de fragmentação a julgar pela quantidade de fragmentos, mesmo esse não sendo um indicativo tão exato. Uma vez que a vegetação de porte florestal aqui analisada é característica de matas ciliares, e considerando o alto potencial hídrico dessa região, podemos inferir que medidas de intensificação de recuperação das matas ciliares aumentariam consideravelmente a conectividade e consequentemente as áreas de floresta nessa região (Tabela 4.8 e Figura 4.10).

Tabela 4.8 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na região de planejamento Médio Itapecuru

Descrição da classe/ Médio Itapecuru	Classe	Nº de elementos da classe	Área (km²)	% de cobertura	% do Bioma
Área Urbana	1	34	30,98	0,65	0,017
Área Campestre	2	410	1596,45	33,38	0,882
Solo Exposto	3	6	1,47	0,03	0,001
Corpo d´água	4	22*	31,31	0,65	0,017
Área de Plantio	5	406	146,58	3,06	0,081
Área Florestal	6	76	2505,50	52,38	1,384
Atividades de Silvicultura	7	3	0,34	0,01	0,000
Vegetação Florestal	11	259	470,72	9,84	0,260

Fonte: ZEE (2021).

Figura 4.10 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Médio Itapecuru.



Fonte: ZEE (2021).

3.1.7 Médio Mearim

A região de desenvolvimento Médio Mearim tem uma área de aproximadamente 6583,62km^2, com apenas 185,58Km^2 (2,82%) ocupados por vegetação de porte florestal que se distribui cerca de 135 fragmentos, o que faz dela uma das regiões com menores percentuais desse tipo de vegetação. A região apresenta também o menor índice de heterogeneidade de uso da terra entre as que compõem o bioma. Essa baixa heterogeneidade se dá pelo predomínio de duas grandes classes de uso do solo, que incluem algum tipo de uso antrópico: as áreas de floresta e as de vegetação campestre.

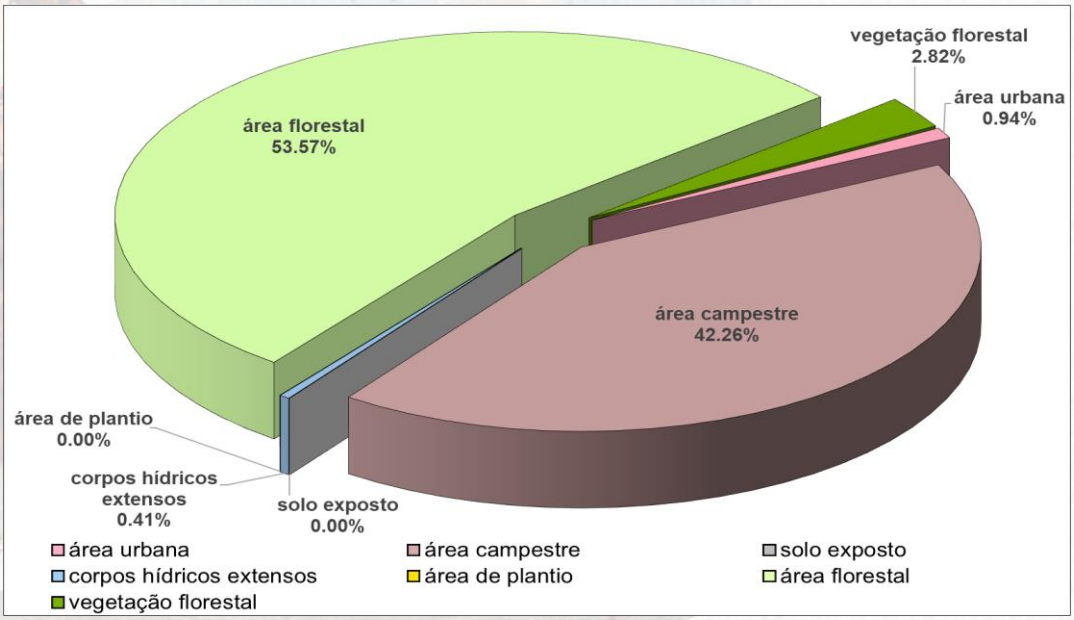
Outra característica é o pequeno percentual de áreas de plantio, mesmo tendo uma grande extensão de áreas campestres. Ao que parece, essa região tem aptidão para o desenvolvimento da pecuária e potencial para aumento de áreas agrícolas (Tabela 4.9 e Figura 4.11). Em vista disso é fundamental que ações de gestão para a conservação da biodiversidade considerem o impacto dessas atividades e se trabalhe no resguardo da vegetação florestal existente e também em sua recuperação, incluindo principalmente as matas ciliares em vista da sua importância na manutenção dos corpos d`água.

Tabela 4.9 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na Região de planejamento Médio Mearim.

Descrição da classe/ Médio Mearim	Classe	Nº de elementos da classe	Área (km²)	% de cobertura	% do Bioma
Área Urbana	1	106	61,621	0,94	0,034
Área Campestre	2	1141	2782,064	42,26	1,537
Solo Exposto	3	1	0,035	0	0,000
Corpo d´água	4	30*	27,053	0,41	0,015
Área de Plantio	5	1	0,156	0	0,000
Área Florestal	6	97	3527,111	53,57	1,949
Vegetação Florestal	11	135	185,582	2,82	0,103

Fonte: ZEE (2021)

Figura 4.11- Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Médio Mearim.



Fonte: ZEE (2021).

3.1.8 Médio Parnaíba Maranhense

Na região de desenvolvimento Médio Parnaíba Maranhense destaca-se o grande percentual de cobertura de área florestal com uso antrópico. Tem ênfase nessa região a pecuária de animais de pequeno porte, como a ovinocaprinocultura (IMESC, 2018). Essas áreas de floresta com uso diversificado somam-se às áreas campestres também com potencial para o desenvolvimento da pecuária. A segunda classe de uso com maior extensão são as áreas de plantio, o que indica o desenvolvimento da agroindústria nessa região. A cobertura por vegetação de porte florestal, no entanto, se restringe a apenas 4, 4% (Tabela 4.10 e Figura 4.12).

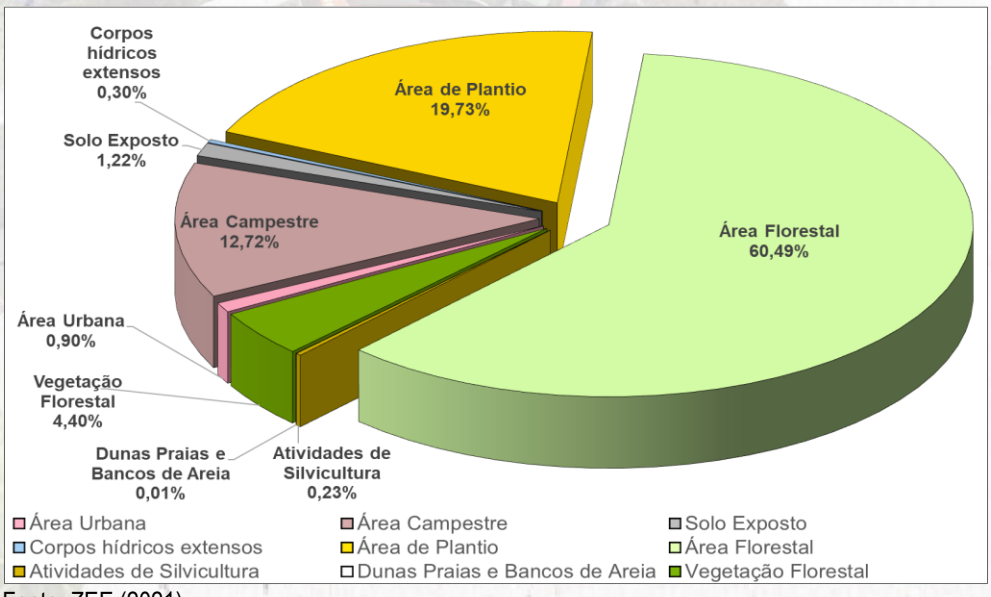
Essa região compõe parte do Médio Vale do rio Parnaíba em território Maranhense incluindo seus afluentes (IMESC, 2018). Dada a hidrografia da região e seu baixo índice de cobertura de porte florestal, característica das matas ciliares, podemos inferir que há um déficit de áreas de preservação permanente nessa região que pode estar sendo impulsionado pela pressão por áreas para o aumento de áreas para agricultura e pecuária.

Tabela 4.10 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na Região de planejamento Médio Parnaíba maranhense

Descrição da classe/ MÉDIO PARNAÍBA MARANHENSE	Classe	Nº de elementos da classe	Área (km²)	% de cobertura	% do Bioma
Área Urbana	1	27	781,7	0,9	0,04
Área Campestre	2	70	11056,4	12,72	0,6
Solo Exposto	3	17	1064,3	1,22	0,06
Corpos hídricos extensos	4	11	262,0	0,3	0,01
Área de Plantio	5	30	17152,8	19,73	0,9
Área Florestal	6	26	52597,9	60,49	2,9
Atividades de Silvicultura	7	6	202,0	0,23	0,01
Dunas Praias e Bancos de Areia	8	2	12,6	0,01	0,0
Vegetação Florestal	11	84	3821,9	4,4	0,2

Fonte: ZEE (2021).

Figura 4.12 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Médio Parnaíba Maranhense.



Fonte: ZEE (2021).

3.1.9 Serras

A região de desenvolvimento das Serras é a segunda em extensão de áreas campestres, também a classe de uso vegetação florestal, área florestal e área de plantio ocupando áreas equivalentes. Nesta zona vemos também a implantação de silvicultura (Tabela 4.11 e Figura 4.13). Nessa região o relevo é continuação do planalto central brasileiro, com a formação de várias serras em forma de chapadas, cuestas e morros testemunhos (IMESC, 2018). Temos, portanto, grande incidência de áreas de preservação permanente como os topos de morros, montanhas, serras, além das matas em torno dos rios (Art. 4º da Lei nº 12.651/12).

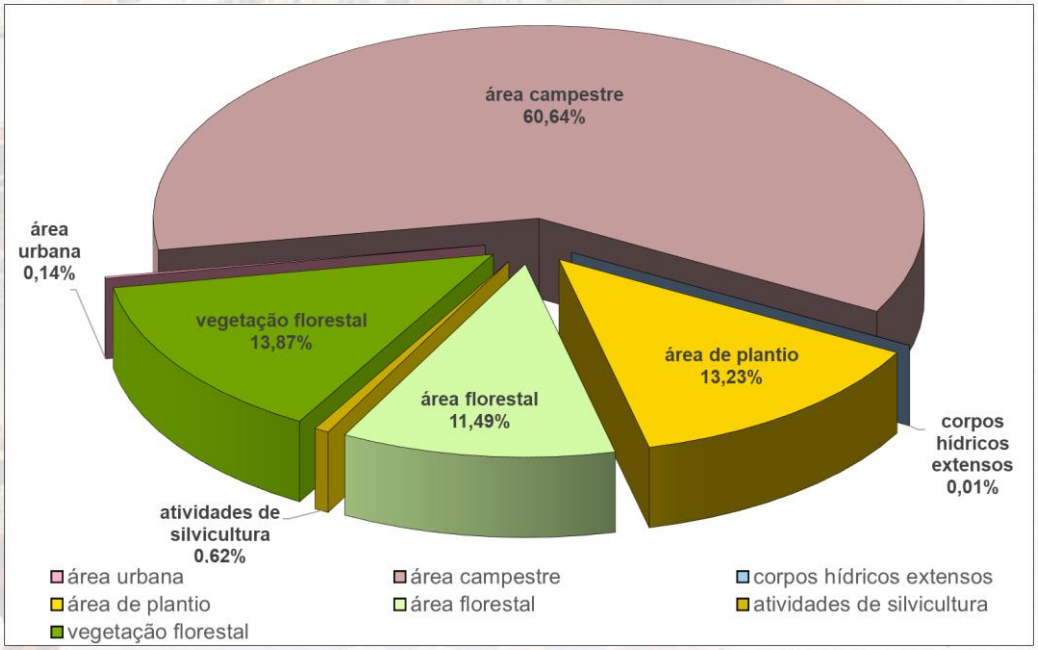
Nesse sentido, o esforço de preservação dessas áreas já previstas em lei pode ser melhor aproveitado quando feito dentro de um planejamento que considere, além da conservação e recuperação dessas APPs, o aumento da conectividade da paisagem como um todo, considerando, também, as áreas de reservas legais.

Tabela 4.11 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na Região de planejamento Serras

Descrição da classe/ SERRAS	Classe	Nº de elementos da classe	Área (km²)	% de cobertura	% do Bioma
Área Urbana	1	12	11,21	0,14	0,0062
Área Campestre	2	51	4720,34	60,64	2,6079
Solo Exposto	3	0	0,00	0	0,0000
Corpo d´água	4	2	0,99	0,01	0,0005
Área de Plantio	5	169	1029,84	13,23	0,5690
Área Florestal	6	13	894,16	11,49	0,4940
Atividades de Silvicultura	7	3	48,03	0,62	0,0265
Vegetação Florestal	11	441	1079,23	13,87	0,5963

Fonte: ZEE (2021).

Figura 4.13 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Serras.



Fonte: ZEE (2021)

3.1.10 Sertão Maranhense

A região de planejamento Sertão Maranhense tem uma área de aproximadamente 15588,10km^2. Desta, 2.862,7Km^2 são ocupados por vegetação de porte florestal que se distribui cerca de 526 fragmentos, o que faz dessa região, proporcionalmente, um dos maiores percentuais de cobertura dessa vegetação entres as regiões de desenvolvimento no Estado. É também uma das regiões que apresenta maior diversidade de tipos de usos do solo. No entanto, um pouco mais da metade de sua área é composta por vegetação campestre, áreas com alto potencial para utilização antrópica, mesmo no caso de se tratar de vegetação natural (Tabela 4.12 e Figura 4.14).

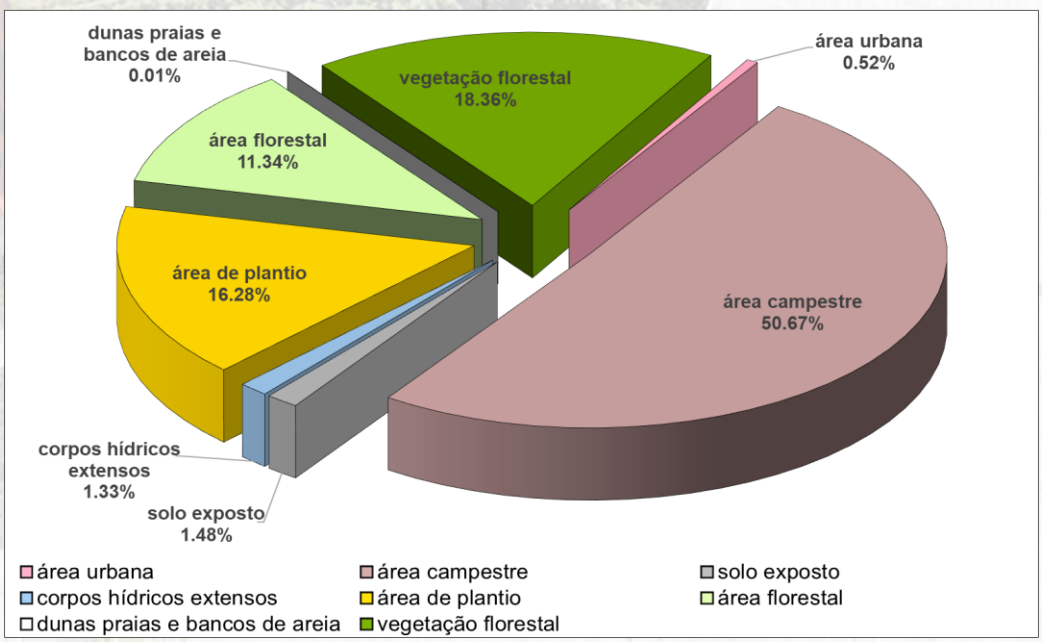
Entendemos que há uma demanda para um estudo mais detalhado dessas áreas campestres, considerando, principalmente, o grau de antropização e a possibilidade de recuperação de parte desses ambientes quando constatado se tratar de área desmatada. Tais medidas podem ter como ponto de partida a regularização das áreas de reserva legal e de preservação permanente já prevista pela legislação.

Tabela 4.12 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na Região de planejamento Sertão Maranhense.

Descrição da classe/ Sertão Maranhense	Classe	Nº de elementos da classe	Área (km²)	% de cobertura	% do Bioma
Área Urbana	1	62	81,16	0,52	0,045
Área Campestre	2	304	7899,24	50,67	4,364
Solo Exposto	3	57	230,77	1,48	0,127
Corpo d´água	4	73	207,45	1,33	0,115
Área de Plantio	5	138	2537,77	16,28	1,402
Área Florestal	6	19	1768,06	11,34	0,977
Atividades de Silvicultura	7	0	0,00	0	0,000
Dunas Praias e Bancos de Areia	8	4	0,96	0,01	0,001
Vegetação Florestal	11	526	2862,70	18,36	1,582

Fonte: ZEE (2021).

Figura 4.14 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Sertão Maranhense



Fonte: ZEE (2021).

3.1.11 Timbiras

A região de desenvolvimento Timbiras tem uma área de aproximadamente 9.870,88km², dos quais cerca de 1785,9Km² são ocupados por vegetação de porte florestal que se distribui cerca de 170 fragmentos, o que significa fragmentos com um tamanho médio de mais de 10km². Ao que parece essa

é a região com maior número de fragmentos maiores e com alta conectividade da paisagem. A região tem mais de 50% de seu território com áreas de florestas com algum uso antrópico, o que indica menor grau de urbanização se comparada as demais regiões.

Chama atenção também o crescimento nessa região das atividades de silvicultura, bem como atividades como pecuária, agricultura e extrativismo vegetal, atividades que podem ocorrer tanto nas áreas de florestas, como nas áreas campestres além dos usos já totalmente antropizados, conforme Tabela 4.13 e Figura 4.15.

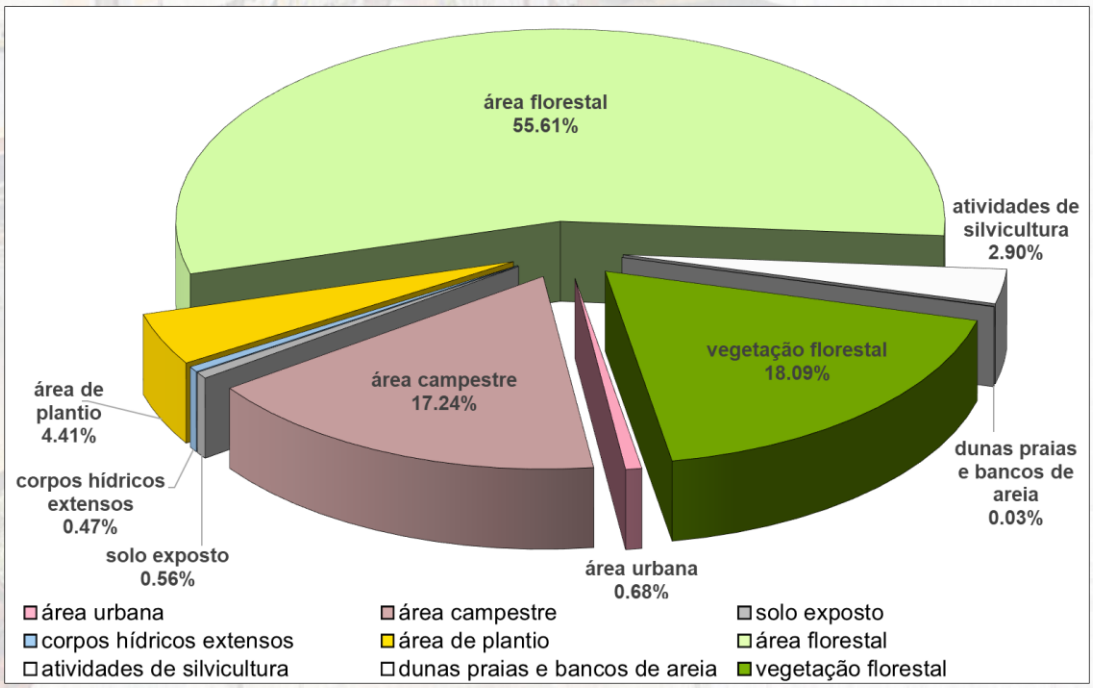
A região de Timbiras pode representar um importante núcleo de conectividade da paisagem, como um todo, se medidas de gestão da conservação, priorização da restauração ou criação de corredores interligando outras grandes áreas de cobertura vegetal, em regiões fronteiriças como o Médio Parnaíba Maranhense, forem tomadas.

Tabela 4.13 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na região de planejamento Timbiras

Descrição da classe/ Timbiras	Classe	Nº de elementos da classe	Área (km²)	% de cobertura	% do Bioma
Área Urbana	1	63	67,311	0,68	0,03719
Área Campestre	2	1601	1701,398	17,24	0,94000
Solo Exposto	3	8	55,760	0,56	0,03081
Corpo d´água	4	41	46,117	0,47	0,02548
Área de Plantio	5	285	435,543	4,41	0,24063
Área Florestal	6	48	5489,424	55,61	3,03283
Atividades de Silvicultura	7	18	286,174	2,9	0,15811
Dunas Praias e Bancos de Areia	8	11	3,202	0,03	0,00177
Vegetação Florestal	11	170	1785,951	18,09	0,98671

Fonte: ZEE (2021).

Figura 4.15 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Timbiras.



Fonte: ZEE (2021).

3.1.12 Tocantins Maranhense

A região do Tocantins destaca-se por sua maior equitabilidade na distribuição das classes de uso de solos. As áreas campestre, áreas florestais e área de plantio têm percentual semelhante de ocupação do solo (Tabela 4.14 e Figura 4.16). No entanto, apesar da condição de heterogeneidade ser desejada, quando comparadas a paisagens com grandes extensões, monocultura por exemplo, a simples diversidade de uso não é suficiente para inferir sobre os benefícios dessa condição per si.

Essa região de planejamento é, juntamente com Gerais de Balsas, a que detém maior proporção de áreas de plantio. Faz-se necessária uma análise mais detalhada da qualidade desses usos quanto a sua contribuição para a manutenção da biodiversidade a eles associadas.

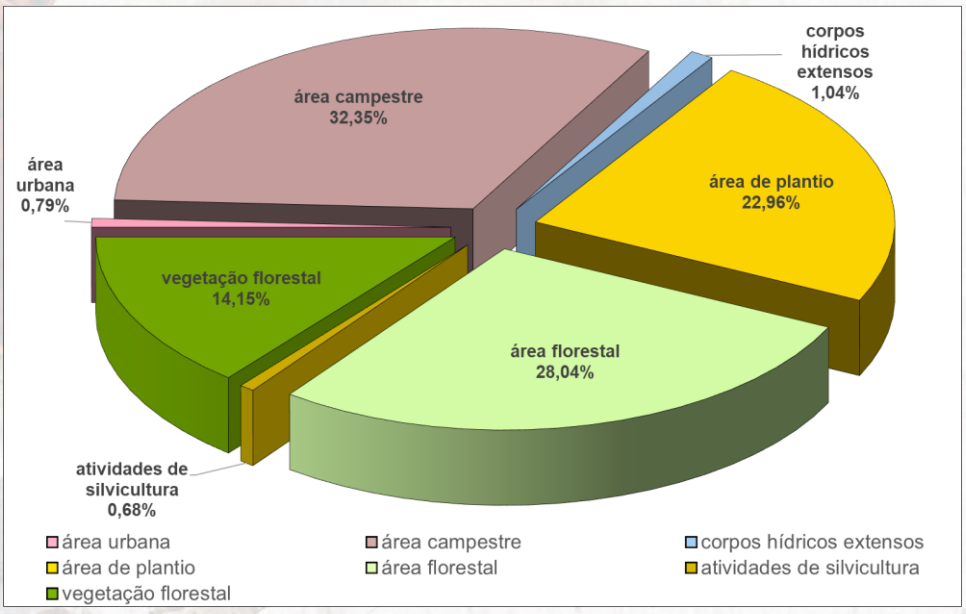
Essas duas regiões se assemelham também quanto ao percentual de cobertura de vegetação de porte florestal. Tocantins, no entanto, apresenta maior tamanho médio de fragmentos (28,04km²), enquanto na região Gerais de Balsas o tamanho dos fragmentos de vegetação de porte florestal fica em torno de 3,3km, a menor média entre as regiões do Bioma cerrado no Estado do Maranhão, um dos indicativos de menor taxa de fragmentação.

Tabela 4.14 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na Região de planejamento Tocantins Maranhense

Descrição da classe/ Tocantins Maranhense	Classe	Nº de elementos da classe	Área (km²)	% de cobertura	% do Bioma
Área Urbana	1	50	86,811	0,79	0,048
Área Campestre	2	284	3574,454	32,35	1,975
Solo Exposto	3	0	0,000	0	0,000
Corpo d´água	4*	20	114,725	1,04	0,063
Área de Plantio	5	403	2536,960	22,96	1,402
Área Florestal	6	16	3098,959	28,04	1,712
Atividades de Silvicultura	7	5	74,878	0,68	0,041
Terra Indígena	10	0	0,000	0	0,000
Vegetação Florestal	11	403	1563,444	14,15	0,864

Fonte: ZEE (2021).

Figura 4.16 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Tocantins Maranhense.



Fonte: ZEE (2021).

3.1.13 Delta das Américas

Parte da região de planejamento Deltas das Américas está incluída no Bioma Cerrado e parte no Sistema Costeiro. É uma região de características singulares que tem como destaque principal o delta do Rio Parnaíba formando paisagens de alta beleza cênica. Quanto ao uso e ocupação do solo nessa região, temos a área florestal ocupando 64,9% da área (Tabela 4.15 e Figura 4.17). Nessa região, essas áreas de referem às regiões de manguezais onde há atividades de extrativismo animal como

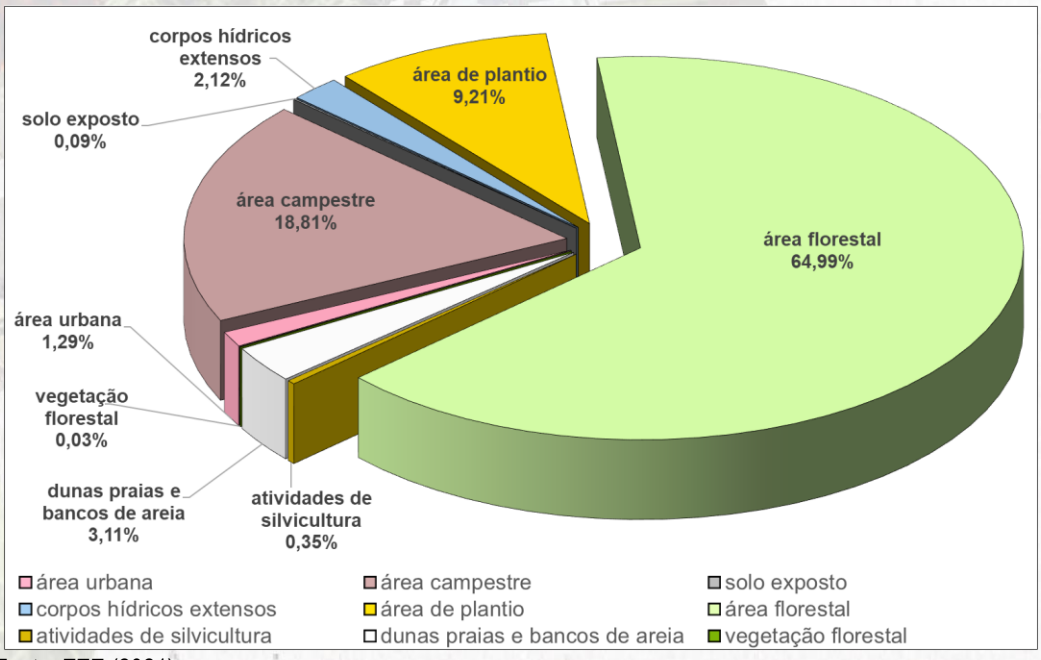
caranguejos, por exemplo, não representando necessariamente uma condição de impacto significativo. A pouca cobertura por vegetação de porte florestal analisada nas demais classes inclusas no Bioma Cerrado é uma condição natural dessa região. Aqui existe a transição para o Sistema Costeiro que tem como fitofisionomia predominante os manguezais.

Tabela 4.15 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na Região de planejamento Delta das Américas.

Descrição da classe/ Tocantins Maranhense	Classe	N.º de elementos da classe	Área (km²)	% de cobertura	% do Bioma
Área Urbana	1	82	53,2	1,46	0,029
Área Campestre	2	203	430,0	11,82	0,238
Solo Exposto	3	3	3,8	0,1	0,002
Corpo d´água	4	15	81,7	2,24	0,045
Área de Plantio	5	978	252,0	6,93	0,139
Área Florestal	6	108	2639,7	72,54	1,458
Dunas Praias e Bancos de Areia	8	136	177,5	4,88	0,098
Vegetação Florestal	11	3	0,9	0,02	0,000

Fonte: ZEE (2021).

Figura 4.17 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Delta das Américas.



Fonte: ZEE (2021).

3.1.14 Lençóis Maranhenses

Na região de planejamento Lençóis Maranhenses as áreas de floresta aqui representadas se referem a regiões de mangues em que se tem também atividades de extrativismo animal semelhantes. Novamente a baixa cobertura de vegetação de porte florestal é característica da vegetação natural presente na região. Destaca-se nessa zona a grande extensão de área campestre, fato que deve ser mais bem estudado a fim de identificar áreas naturais ou resultantes de impactos antrópicos, como desmatamento (Tabela 4.16, Figura 4.18).

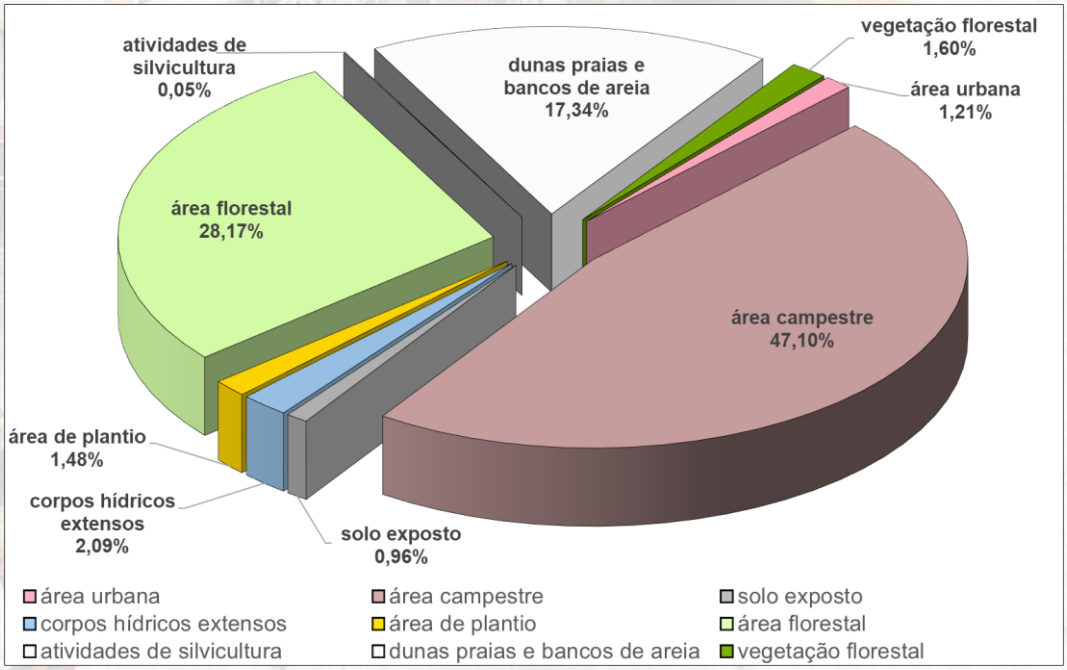
As duas regiões de planejamento que compõem o Sistema Costeiro Maranhense têm alto potencial turístico. Há, portanto, necessidade de atenção especial tanto para o estabelecimento de medidas protetivas, quanto para a mitigação de impactos antrópicos já estabelecidos.

Tabela 4.16 - Distribuição das classes de uso e ocupação do solo na região de planejamento Lençóis Maranhenses

Descrição da classe/ Lençóis Maranhense	Classe	Nº de elementos da classe	Área (km²)	% de cobertura	% do Bioma
Área Urbana	1	69	83,1	1,21	0,046
Área Campestre	2	554	3232,2	47,1	1,786
Solo Exposto	3	17	65,6	0,96	0,036
Corpo d´água	4	14	143,3	2,09	0,079
Área de Plantio	5	147	101,5	1,48	0,056
Área Florestal	6	27	1933,3	28,17	1,068
Atividades de Silvicultura	7	2	3,7	0,05	0,002
Dunas Praias e Bancos de Areia	8	47	1189,9	17,34	0,657
Vegetação Florestal	11	25	109,8	1,6	0,061

Fonte: ZEE (2021).

Figura 4.18 - Proporção de cobertura de cada classe de uso do solo em relação a área total da região de planejamento Lençóis Maranhenses.



Fonte: ZEE (2021).

4 ANÁLISE DA CONECTIVIDADE FUNCIONAL

A análise da conectividade funcional considera animais com capacidade de deslocamento de até 120m para fora de seu habitat preferencial. Inclui, portanto, desde grandes mamíferos, que são capazes de se deslocar por grandes extensões da paisagem, a pequenos pássaros, a exemplo do *Platyrinchus mystaceus*, com capacidade de deslocamento de 150m (MARINI, 2010). Pode-se acrescentar a essa análise a qualidade do uso presente na matriz, que pode aumentar a permeabilidade da passagem, ou seja, facilitar o deslocamento de espécies por favorecer algum tipo de recurso e condições para sua sobrevivência em áreas externas a sua área de habitat preferencial.

O exemplo dessa condição são regiões como a dos Cocais, que mesmo com um índice muito baixo de vegetação de porte florestal, têm 59% de sua área ocupada por áreas de floresta com uso antrópico. Tais regiões podem representar maior grau de permeabilidade, ou seja, facilitar o deslocamento de alguns organismos entre áreas de habitats de melhor qualidade. Para a conservação da biodiversidade dessas áreas é preciso o trabalho em duas frentes, tanto no sentido de aumento das áreas de vegetação natural preservadas, quanto da qualidade de usos antrópicos mais favoráveis à conservação. A título de exemplo temos o extrativismo vegetal ou animal em área de floresta, pequenos cultivos e assim por diante. Quanto mais semelhante determinado uso for feito da vegetação natural, maior sua capacidade de oferecer recurso e condições para a conservação da biodiversidade a ela associada (METZGER, 2006).

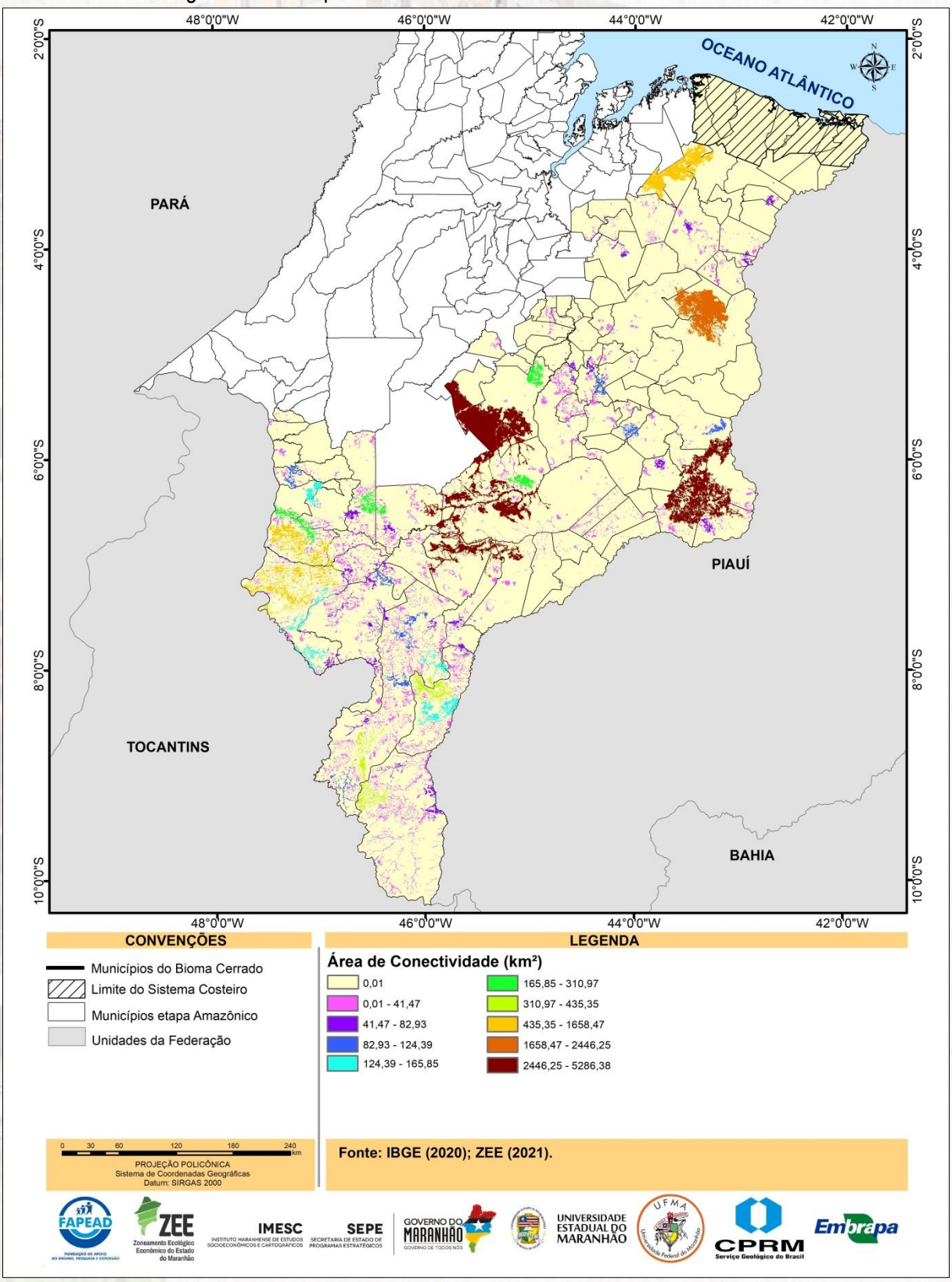
A análise da conectividade com base na capacidade de deslocamento de 120m, apontada no mapa (Figura 4.19), indica uma área 2446 a 5.285km^2 (último linha da legenda do mapa) conectada às regiões de planejamento de Guajajaras, Alpercatas e Médio Mearim. Outro grande núcleo de conectividade potencial encontra-se nas regiões do Sertão Maranhense e Baixo Parnaíba com uma área conectada funcionalmente de 1600 a 2400km^2. A região a sudoeste representa uma área de conectividade de 400 a 1600 km^2 que se encontra bem próxima da área de conectividade entre 165 a 310 km^2. Essa região corresponde às regiões do Tocantins Maranhense e Serras, que são zonas que têm nível de cobertura de vegetação florestal semelhante, com 13, 87 a 14,8%, respectivamente. Mescla-se ainda nessas regiões as áreas de conectividade com até 41 km^2 de área conectada. A proximidade desses núcleos de conectividade faz dessa região com alto potencial para o aumento de área preservada por meio de medidas mais simples como a recuperação das áreas de preservação permanentes (APPs).

Entre estas, em especial as matas ciliares, corredores naturais que têm sua conservação prevista pela legislação. Pode se somar a essa estratégia o planejamento da configuração das áreas de reserva legal de modo a unirem-se formando grandes fragmentos ou interligarem fragmentos na paisagem criando corredores. Essas determinações já são previstas pela legislação (Lei n.º 12.65, Art.14) em sua determinação sobre a escolha das áreas de reserva legal.

A região de planejamento Gerais de Balsas (parte inferior do mapa, na Figura 4.19) é uma área conectada entre 310,9 a 435, 5 km^2 próxima a áreas que parecem mais fragmentadas. A implantação de corredores ecológicos nessa região que focasse na conectividade com essa área maior poderia diminuir muito a conectividade na região de planejamento como um todo. Uma das estratégias nesse sentido poderia ser o reflorestamento das matas ciliares e o planejamento de implantação das áreas de reserva legal para a criação de corredores quando possível.

Por fim, temos a região do Médio Itapecuru (em amarelo no mapa, na Figura 4.19) que faz fronteiras com o Bioma Amazônico e Sistema Costeiro, uma importante área ecotonal estratégica para a conservação da rica biodiversidade característica dessas regiões de transição.

Figura 4.19 – Mapa de Conectividade de Áreas do Bioma Cerrado.



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa é uma primeira análise focada em uma das fitofisionomias vegetais, entre as diversas que compõem as paisagens do Cerrado maranhense. Uma das características da vegetação de porte florestal aqui estudada está presente nas matas ciliares, além das diferenciações nos tipos de Cerrados como savana florestada e estacional semidecídual que se mantém principalmente nas regiões de APPs (IMESC, 2021). O percentual de cobertura dessa vegetação pode ser, portanto, um indicativo da conservação da vegetação nas margens dos rios.

É consenso que a preservação da vegetação natural é fundamental para a manutenção de serviços ecossistêmicos essenciais como regulação climática, polinização de cultivos, estabilização dos solos, entre outros (COSTANZA et al., 2014). No entanto, a preservação de áreas naturais contrasta com a necessidade de utilização dessas áreas para uso antrópico; cria-se então um paradoxo entre a necessidade de aumento das áreas de uso antrópico como plantio, por exemplo, e a demanda de serviços ecossistêmicos oferecidos por essas áreas. Ou seja, quanto maior a área de determinado plantio, menor a disponibilidade de habitats para espécies que polinizam esse plantio. É necessário pensar em medidas de conservação que levem em conta aspectos sociais, econômicos e até mesmo culturais de determinada região.

Ao se pensar em estratégias nesse sentido, alguns estudos já nos indicam um possível caminho a seguir. Boscolo e Metzger (2011) modelaram estratégias de restauração a fim de verificar qual a mais eficiente para a conservação da biodiversidade utilizando a riqueza de pássaros como parâmetro de estudo. Esse estudo comparou as estratégias: aumento aleatório das áreas dos fragmentos, aumento da densidade dos fragmentos por meio de reflorestamento de novas áreas e redução do isolamento por meio do reflorestamento da vegetação nas margens das águas continentais. Os resultados indicaram eficácia da estratégia de restauração da vegetação das matas ciliares e com isso aumento da conectividade como mais eficiente para a conservação das espécies estudadas.

Temos, portanto, a preservação e restauração da vegetação em torno dos corpos d´água como uma das estratégias eficientes para a conservação da biodiversidade como um todo, uma vez que essa vegetação marginal pode funcionar como corredores naturais nas paisagens para muitas espécies. Tal importância é corroborada pela legislação que determina a obrigatoriedade de conservação dessas áreas. No caso das paisagens maranhenses, a preservação da vegetação das margens de corpos d´água continentais toma uma dimensão ainda mais abrangente devido a extensa malha hidrográfica existente. É necessária atenção também para as demais áreas de preservação permanente, importantes para a proteção dos ambientes naturais a elas associadas, e que também contribuem para o aumento da conectividade da paisagem.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, V. T.B. et al. **Identificação de áreas prioritárias para conservação e restauração em duas Áreas de Proteção Ambiental no estado de São Paulo**. 2021. 56 f. :30 cm. Monografia. Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos.

BANKS-LEITE, CRISTINA; EWERS, ROBERT M.; KAPOS, VALERIE; MARTENSEN, ALEXANDRE C.; METZGER, JEAN PAUL. Comparing species and measures of landscape structure as indicators of conservation importance. **Journal of applied ecology**, v. 48, n. 3, p. 706-714, jun 2011.

BOSCOLO, Danilo; METZGER, J. P. Isolation determines patterns of species presence in highly fragmented landscapes. **Ecography** (Copenhagen), v. 34, p. 1-12, 2011.

BOSCOLO, Danilo; FERREIRA, Patrícia Alves; LOPES, Luciano Elsinor. Da Matriz a Matiz - Em busca de uma abordagem funcional para a ecologia de paisagens. **Filos e História da Biol**, v. 11, p. 157-187, 2016.

BRASIL. Lei 4771/1965. **Código Florestal Brasileiro** [on line]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil03/leis/L4771.htm. Acesso em: 28.ago.2021.

COSTANZA, R.; DE GROOT, R.; SUTTON, P.; VAN DER PLOEG, S.; ANDERSON, S. J.; KUBISZEWSKI, I.; FARBER, S.; TURNER, R. K. Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, v. 26, p. 152-158, May 2014. DOI: 10.1016/j. gloenvcha.2014.04.002.

FAHRIG, Lenore et al. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. **Ecology letters**, v. 14, n. 2, p. 101-112, 2011.

FAHRIG, Lenore. **Effects of habitat fragmentation on biodiversity**. Annual review of ecology, evolution, and systematics, v. 34, n. 1, p. 487-515, 2003.

FORERO-MEDINA, GERMAN; VINÍCIUS VIEIRA, Marcus. Conectividade funcional e a importância da interação organismo-paisagem, **Oecol. Bras.,** 11 (4): 493-502, 2007.

Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos – IMESC. **Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão (ZEE MA):** meio socioeconômico, arranjos jurídico-institucionais, dinâmicas de sobreposições e usos e cobertura da terra – Etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro. v.2 / Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias... [et al.] (Orgs). São Luís: IMESC, 2021.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. 1967. The **Theory of Island Biogeography**. Princeton, N.J.: Princeton University Press.

MARINI, M. A. **Bird movement in a fragmented Atlantic Forest landscape**. Studies on Neotropical Fauna and Environment, v. 45, n. 1, p.1–10, 2010.

MCGARIGAL, K., CUSHMAN, S.A., & Ene, E. (2012). FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer software program produce by the authors at the University of Massachusetts, Amherst http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats html (accessed date: 10 May, 2018).

METZGER, J.P. Como lidar com regras pouco óbvias para conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas. **Natureza & Conservação**, v. 4, n. 2 , outubro 2006. pp. 11-23.

SOARES, R. S. G. **O efeito da quantidade de floresta e heterogeneidade da paisagem na polinização de espécies de sub-bosque de mata atlântica 2017**. 66 f.: 30 cm. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, 2017.

STEFFAN-DEWENTER, Ingolf et al. Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. **Ecology**, v. 83, n. 5, p. 1421-1432, 2002.

CAPÍTULO 5

SUSCETIBILIDADES E VULNERABILIDADES GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICAS NO BIOMA CERRADO E SISTEMA COSTEIRO DO ESTADO DO MARANHÃO

1 INTRODUÇÃO 200

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 202

2.1. Sistema de Projeção Cartográfica 204

2.2. Aquisição de dados 204

2.3. Cruzamento dos dados para produção do mapa de Suscetibilidade 209

2.4. Elaboração do Mapa de Suscetibilidade Geológico-Geomorfológica 210

3. ANÁLISE INTEGRADA DAS SUSCETIBILIDADES GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICAS DO BIOMA CERRADO E SISTEMA COSTEIRO A ELE ASSOCIADO NO ESTADO DO MARANHÃO 211

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS 226

REFERÊNCIAS 227

LISTA DE FIGURAS

Figura 5.1- Processo de aquisição das imagens MDE de declividade e altimetria no TOPODATA 205
Figura 5.2- Imagens de Modelo Digital de Elevação de altimetria do projeto TOPODATA 205
Figura 5.3- Aba do site oficial do INMET para acesso ao banco de dados de normais climatológicas 207
Figura 5.4- Estações Convencionais selecionadas para tabulação de dados..... 208
Figura 5.5 – Representação cartográfica do modelo adotado para a produção do mapa de suscetibilidade morfoclimática. a) Declividade; b) Altimetria; c) Uso e cobertura da Terra; d) NDVI; e) Evapotranspiração Potencial; f) Resultado do cruzamento de dados 210
Figura 5.6 - Mapa de Suscetibilidades Geológico-Geomorfológicas do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão..... 212
Figura 5.7 - Suscetibilidade Morfoclimática em superfícies geomorfológicas do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão 214
Figura 5.8 - Escarpas de falhas normais em configuração de platôs correspondentes à Serra do Itapecuru, em Mirador. Unidade ecodinâmica intermediária 215
Figura 5.9: Arco Xambioá – Teresina em áreas do Parque Estadual do Mirador, em município homônimo. Unidade ecodinâmica intermediária 216
Figura 5.10 - Confluência do Rio Alpercatas (águas de tons mais claros) no Itapecuru por captura de drenagem em eixo de falhas normais (Colinas – MA). Unidade ecodinâmica intermediária 217
Figura 5.11 - Lagoa do Bacuri, no Baixo Parnaíba Maranhense, situada no município de Magalhães de Almeida. Bacia de depósitos flúvio-lacustres em processo franco de desenvolvimento. Unidade ecodinâmica estável 218
Figura 5.12 - Feições da Serra do Penitente entre Alto Parnaíba e Tasso Fragoso, desdobramento mais setentrional do Lineamento Transbrasiliano no Estado do Maranhão. Unidade ecodinâmica intermediária 219
Figura 5.13 - Depressão do Rio Balsas, em sua articulação inicial em área de entalhamento de drenagem entre as Serras do Penitente e do Gado Bravo, no extremo Sul do município de Balsas (MA). Unidade ecodinâmica sem suscetibilidades 220
Figura 5.14 - Vista parcial, ao fundo, de anticlinal encoberta, representando divisor de drenagem entre a Bacia do Médio Curso do Rio Itapecuru e a Bacia Hidrográfica do Médio Parnaíba em Matões (MA). Unidade ecodinâmica estável 220
Figura 5.15 - Vista parcial, ao fundo, de anticlinal encoberta, representando divisor de drenagem entre a Bacia do Alto e a do Médio Curso do Rio Itapecuru, entre Fortuna e Buriti Bravo (MA). Unidade ecodinâmica intermediária 221
Figura 5.16 - Lagoa do Cassó, uma área de possível gráben a barlavento do Arco Férrer-Urbano Santos, em Primeira Cruz, no contato dos Cerrados com o Sistema Costeiro a ele associado no Maranhão. Unidade ecodinâmica sem suscetibilidades por causa de seu alto grau de proteção até o presente .. 222
Figura 5.17 - Planícies de inundação do sistema hidrográfico do Rio Alegre em Santo Amaro do Maranhão. Unidade ecodinâmica estável 222
Figura 5.18 - Identificação de processo erosivo as margens da BR- 230 no município de Balsas – MA. Unidade Ecodinâmica Suscetível..... 224
Figura 5.19 - Unidade Ecodinâmica Intermediária em São Domingos do Azeitão – MA..... 224
Figura 5.20 - Área de Proteção Ambiental dos Pequenos Lençóis e Região Lagunar Adjacente, localidade Caburé, sujeita a intenso processo de deflação eólica com transporte de areias em direção a pequenas lagunas e a bosques de manguezais. Área ecodinamicamente muito suscetível 225

LISTA DE QUADROS

Quadro 5.1- Atribuição de pesos para os indicadores de declividade, altimetria, uso e cobertura, NDVI e evapotranspiração potencial (ETP) 209

Quadro 5.2 - Legenda ampliada do Mapa de Suscetibilidades Geológico-Geomorfológicas do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão 213

Quadro 5.3 - Unidades ecodinâmicas associadas às paisagens do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão e as suscetibilidades morfoclimáticas atuantes no território ... 215

1 INTRODUÇÃO

As intensas transformações ambientais guiadas pelas atividades antrópicas nas últimas décadas do século XXI, tem contribuído para um processo de aceleração de modificações das paisagens naturais, sobretudo das alterações de unidades ambientais para econômicas. Cita-se como exemplo o caso da faixa do Bioma Cerrado no Estado do Maranhão que tem passado por mudanças acentuadas em sua estrutura paisagística e vegetativa, para abrir espaços visando o cultivo de lavouras temporárias como a soja. Diante dessas transformações espaço-temporais, ficam evidentes e necessárias as ações eficientes de planejamento e organização territorial para delimitar e sancionar medidas de usos de acordo com cada unidade territorial.

Desde modo, a expressão planejamento pode assumir diversas definições, como menciona Teixeira (2017, p.151) "o termo planejamento apresenta diferentes definições, dependendo do tipo: governamental, ecológico e familiar e do campo de conhecimento que a utilize: arquitetura, direito, geografia". Nesse mesmo direcionamento, o planejamento ambiental segundo Santos (2004 apud TEXEIRA, 2017), pressupõe que este estudo visa à adequação do uso, controle e proteção ao ambiente, com ênfase também no campo social e humano. E de acordo com essa concepção, Silva e Rodriguez (2014, p.7) relatam que "o planejamento ambiental enfoca prioritariamente as potencialidades, capacidades, limitações e problemas dos sistemas ambientais de dado território", cabendo também como um instrumento técnico - científico importante nas análises territoriais.

À visto disto, os autores Silva e Rodriguez (2014, p.7) especificam que,

> A organização do espaço geográfico exige que se assumam posturas e ações voltadas ao planejamento ambiental, que por sua vez pode fornecer instrumentos adequados para a gestão por meio de estabelecimento de políticas públicas, que envolvam o poder constituído em questão e a participação popular. O planejamento é raciocinar visando cenários futuros.

A partir da ideia de visar cenários futuros, enquadram-se as ações de pesquisa e levantamento de dados realizadas pelo Zoneamento Ecológico - Econômico do Estado do Maranhão etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro, na escala de 1:250.000, compreendendo 109 municípios e área em torno de 191.229,38km², com a finalidade de construir e montar um banco de informações com dados sociais, ambientais, econômicos, climáticos, turísticos e de potencialidades e fragilidades ambientais para auxiliar nas demandas de planejamento territorial em esfera municipal e estadual.

Partindo desse pressuposto, outra variável importante que está inserida no contexto de planejamento e que tem função indispensável, é o estudo das vulnerabilidades e suscetibilidades físico-bióticas de dada porção territorial. De acordo com Dias e Catunda (2019, p.68) "a ideia de vulnerabilidade nasce com a necessidade de relacionar a Geomorfologia regional com as atividades climáticas atuantes

na contemporaneidade, sobretudo em domínios tropicais e numa mesma escala cartográfica". Somando a esta concepção, Aquino et al. (2017, p. 13) esclarece,

> Atualmente, o conceito de vulnerabilidade, vem sendo abordado sob uma ótica social, ambiental, ou ainda, socioambiental. A primeira procura analisar e mensurar as expedições aos riscos, assim como, a insegurança, gerada por eventos e mudanças econômicas sobre determinados grupos sociais. A vulnerabilidade ambiental aborda o risco ao qual o meio ambiente está exposto, podendo ser este natural ou causado por fatores externos.

Por conseguinte, Aquino et al. (2017) acrescenta que a "vulnerabilidade ambiental pode ser definida como grau que um sistema natural é suscetível ou incapaz de lidar com os efeitos das interações externas. Ainda, pode ser decorrente de características ambientais naturais ou de pressão causada por atividade antrópica, ou ainda de sistemas frágeis de baixa resiliência, isto é, a capacidade concreta do meio ambiente em retornar ao estado natural de excelência, superando uma situação crítica".

Logo, ao termo vulnerabilidade também pode ser empregada a expressão suscetibilidade, e, esta, é definida como a propensão ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo em uma dada área (CPRM,2014). O Ministério das Cidades (2007), define que a suscetibilidade indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidades de ocorrência.

Por questão metodológica, o termo suscetibilidade será adotado neste estudo para representar os elementos que compõem o meio físico-biótico, tendo em vista que segundo Dias e Catunda (2019), a suscetibilidade gera uma possibilidade analítica integradora mais inter-relacional, no qual a possibilidade de indicação de parâmetros qualitativos, estabelecidos por índices analisados em conjunto, que convergem para a compreensão integrada da predisposição de parcelas do território, sofreram alguma perda de recursos ambientais ou ecossistêmicos, de forma integrada.

Insere-se nessa perspectiva os trabalhos de Tricart (1977) que ao abordar o balaço entre a morfogênese (refere-se à origem e às formas de desenvolvimento do relevo por meio de processos exógenos e endógenos) e a pedogênese (atribuído à formação do solo), representando uma relação mútua entre eles, no qual criou um sistema de análise nomeado Ecodinâmica, em que classificou as unidades territoriais de acordo com os processos dominantes em três classes, sendo: estáveis, integrardes e instáveis.

A análise das condições de relevo e solo implicam diretamente no modo de vida do homem, uma vez que este é condicionado a se apropriar de áreas favoráveis à sua sobrevivência. Nesse viés, também estão as dinâmicas da biota (tanto fauna e flora), que associado aos processos geomorfológicos, ao do clima como precipitação e evapotranspiração, além dos tipos de vegetação, que juntos podem condicionar à determinada unidade territorial o grau de fragilidade ou potencialidade ambiental.

Nascida no contexto da geomorfologia, a cartografia das vulnerabilidades e suscetibilidades apresentam um contexto de integração de conhecimentos estratégicos em que há possibilidade real de usos para fins de planejamento territorial. Outrossim, ao indicar a integração de vários elementos que compõem o meio físico, esse produto aponta para a real compreensão das dinâmicas decorrentes do uso em curso e, por consequência, de seus efeitos deletérios sobre a estrutura superficial das paisagens (AB'SÁBER, 1969).

Para a integração do mapeamento de suscetibilidade morfoclimática, em que o trinômio intemperismo-erosão-sedimentação deve ser a tônica para a construção de cenários de impactos ambientais naturais potencializados pelas antropogêneses regionais (DIAS et. al., 2017), é necessário o emprego de dados de condicionantes para a sua estimativa. Deste modo, neste trabalho, para fins metodológicos, manuseou-se os dados de declividade, altimetria, NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), uso e cobertura da terra e dado climático de evapotranspiração potencial para o Bioma Cerrado e Sistema Costeiro do Estado do Maranhão.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia empregada para a elaboração do mapa de Suscetibilidade Morfoclimática do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, contou com uma adaptação da abordagem Ecodinâmica de Tricart (1977) e Tricart e Kilian (1982), que visa analisar os processos de morfogênese e pedogênese atuantes em unidades territoriais e, por meio deles, indicar quais áreas possuem maior ou menor vulnerabilidade às ações humanas cumulativas sobre o território.

Para tanto, a Ecodinâmica de Tricart (1977) visa associar os processos de morfogênese e pedogênese nas unidades ambientais, uma vez que ambos estão correlacionados e associados a outras variáveis naturais. Essa associação busca classificar os meios em uma faixa que pode variar entre estáveis a instáveis, apontando a vulnerabilidade do espaço analisado (COSTA et al., 2020).

Ao mencionarem a interação entre os processos geomorfológicos e pedológicos, Tricart e Killian (1979), afirmaram haver uma verdadeira antinomia entre pedogênese e morfogênese, no qual quando a pedogênese é mais ativa, o solo torna-se mais espesso em detrimento dos materiais subjacentes e aos horizontes mais diferenciados, logo, a morfogênese é pouco atuante. Assim sendo, quando a morfogênese é mais ativa, a ablação (remoção ou destruição) generalizada é mais rápida que a pedogênese, onde os solos tornam-se mais rasos podendo até ser eliminados (NETO, 2010, p.2 apud TRICART e KILLIAN, 1979).

Esta abordagem permite a delimitação de unidades territoriais por meio das dinâmicas ocorrentes, desde modo, Tricart (1977) classifica os meios segundo os processos de interação entre

morfogênese e pedogênese em três classes, sendo estas: estáveis (predomínio da pedogênese em relação a morfogênese - processos relacionados à formação do solo); integrardes ou intermediário (interferência permanente da pedogênese e morfogênese no mesmo lugar); e meios instáveis (predomínio da morfogênese – e consequentemente de processos erosivos).

Logo, a partir desta abordagem é possível aferir e identificar as vulnerabilidades geomorfológicas de determinado ecossistema, por meio da utilização de variáveis naturais e até mesmo as relacionadas as atividades antrópicas, que servirá de apoio a projetos e planejamentos territoriais. Costa (2020) indica a construção de mapas de vulnerabilidade natural a perda do solo permite identificar o grau de suscetibilidade morfoclimática de uma região de estudo a partir do balanço morfogênese/ pedogênese, assim sendo, constitui um instrumento de apoio a diversos projetos socioambientais, assim como o Zoneamento Ecológico-Econômico.

Assim, a confecção do mapa de Suscetibilidade Morfoclimática do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, foi realizado de acordo com a abordagem ecodinâmica e posterior adaptação, sendo utilizadas as variáveis ambientais geomorfológicas, climáticas e sociais, compondo um arcabouço de verificação territorial para auxiliar no planejamento e no ordenamento de uso ou proteção dos espaços disponíveis.

O mapa foi construído a partir da ponderação e aplicação de equações de variáveis temáticas em ambiente SIG (Sistema Informação Geográfica), fazendo uso de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Também foram empregados os dados de declividade, altimetria, uso e cobertura da terra, NDVI (Índice da Vegetação por Diferença Normalizada) e evapotranspiração potencial da área de estudo para posterior cruzamento e balanço de grau de vulnerabilidade de acordo com as suas características.

Ante o exposto, as suscetibilidades e vulnerabilidades constituem-se de suma importância nas dinâmicas ambientais, nas quais a declividade está associada ao grau de inclinação do relevo, oscilando entre plano a escarpado, configurando-se como principal agente de atuação, dependendo do tipo de relevo nos processos erosivos. A altimetria é a altura da forma de relevo, expressando a diferença entre a cota máxima e a mínima (FLORENZANO, 2008), que também implica no processo de remoção do solo dependendo da cota altimétrica. Já o uso e a cobertura da terra, indicam as principais atividades antrópicas realizadas em uma unidade territorial e seus tipos de vegetação, que por sua vez sofrem influência das formações geomorfológicas e pedológicas, entretanto, também contribui para o aumento de erosões mediante a retirada da vegetação para dar lugar aos tipos de usos.

Por sua vez, o NDVI é aplicado a este estudo por expressar por meio do índice a massa de vegetação na área de estudo, pois a vegetação tem papel importante na manutenção de ambientes fragilizados e suscetíveis a alterações morfoclimáticas, uma vez retirada, há um aumento do risco de

aparecimento de ravinas e voçorocas associadas principalmente ao efeito das precipitações em solo exposto. No que permeia ao emprego da Evapotranspiração Potencial, esta integra a dinâmica do balanço hídrico climático, sobretudo relacionado ao déficit hídrico, ou seja, mostra o quantitativo de água evaporada do solo, da vegetação e dos rios para a atmosfera, que pode ser maior do que o volume de precipitação em determinadas regiões do cerrado no Maranhão, que evidencia possibilidades de aridez, levando a áreas de desertificação.

São descritos a seguir os procedimentos de aquisição dos dados de declividade, altimetria, uso e cobertura da terra, NDVI e evapotranspiração potencial para gerar o mapa de suscetibilidade morfoclimática do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão.

2.1. Sistema de Projeção Cartográfica

A elaboração da cartografia temática teve como base as instruções reguladas nas normas técnicas da cartografia nacional, dispostas no Decreto n.º 89.817 de 20 de junho de 1984, que indicam o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) recomendado (BRASIL,1984), e, ainda, de acordo com a Norma para Especificação Técnica para Produtos de Conjunto de Dados Geoespaciais (ET-PCDG,2016).

Perante o exposto, a construção da base de dados foi estabelecida diante do uso das coordenadas georreferenciadas pelo Sistema Geodésico Brasileiro, em que se encontram representados na Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), no Fuso 23 S, dispostas nas Zonas 23 M, 24 M e 23 L, com Datum Horizontal SIRGAS 2000 (Elipsoide: GRS- 80), referenciadas ao Meridiano Central de -45° e unidade angular em graus. Logo, para a disponibilização dos dados em mapas, utilizou-se as coordenas representadas na Projeção Policônica, no Sistema de Coordenadas Geográficas.

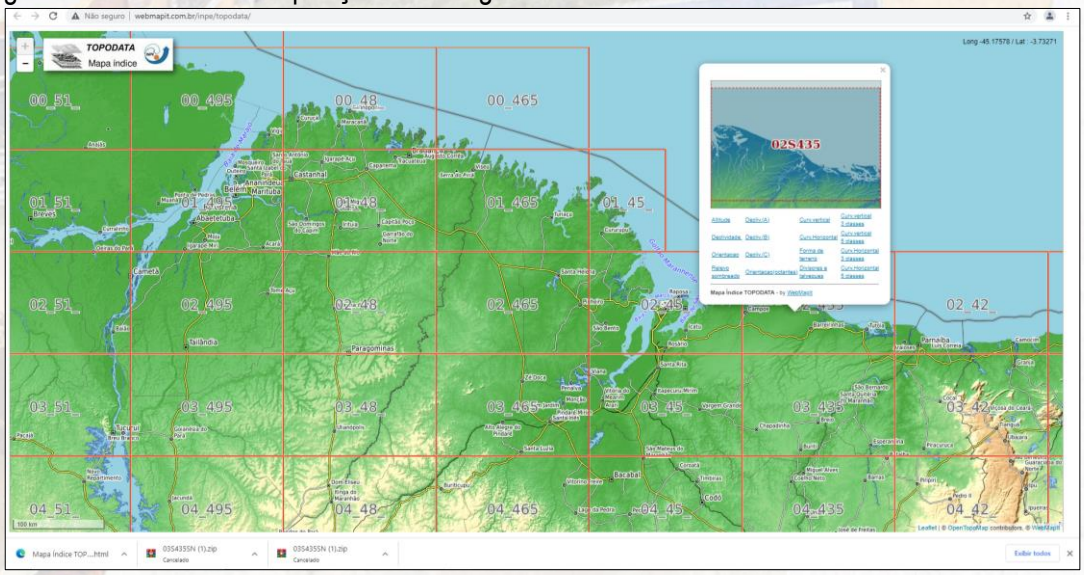
2.2. Aquisição de dados

O acesso e aquisição dos dados de declividade e altimetria ocorreu por meio do banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a partir do projeto TOPODATA para a aquisição das imagens MDE (Modelo Digital de Elevação) que são disponibilizadas a partir de dados SRTM pelo USGS (United *States Geological Survey*- Serviço Geológico dos Estados Unidos) conforme indicado na Figura 5.1.

Para isso, foram realizados downloads de 26 imagens MDE de declividade e de altimetria (Figura 5.2), em seguida, realizado o mosaico destas no *software* ArcGis versão 10.5 (Licença ENT- ES - 0006

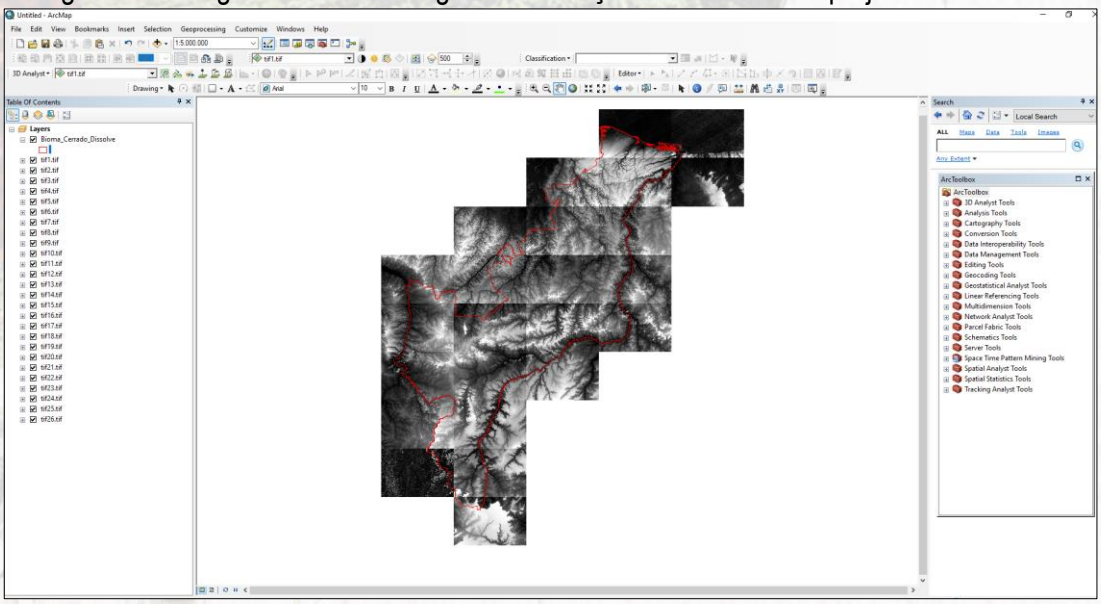
- 17 IMESC - 0117), fazendo uso das ferramentas *Data Management* < *Raster* < *Mosaic Dataset*. O mosaico das imagens foi recortado para a área de estudo e em seguida reprojetado.

Figura 5.1- Processo de aquisição das imagens MDE de declividade e altimetria no TOPODATA



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Figura 5.2- Imagens de Modelo Digital de Elevação de altimetria do projeto TOPODATA



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Quanto aos dados de Uso e Cobertura da Terra do ano de 2020, foram adquiridos do sensor OLI-TIRS do satélite Landsat-8 oriundo do Serviço Geológico dos Estados Unidos (*USGS- Eart Explorer)* com total de 15 cenas obtidas. Por conseguinte, realizou-se a montagem do mosaico de imagens no *software* ArcGis versão 10.5 via ferramentas *Data Management* < *Raster Dataset* <*Mosaic To New Raster.*

Após a confecção do mosaico, o mesmo foi recortado e reprojetado para o sistema de referência ora utilizado, em seguida foi realizada a correção atmosférica das cenas no *software* Quantum GIS versão 2.18.14 através do plug-in *Semi- Automatic Classification*. Depois as imagens passaram por um processo de classificação supervisionada e não supervisionada por meio dos pixels para o reconhecimento dos objetos superficiais, com isso detectou-se algumas incoerências em determinadas classes, como em área urbana, solo exposto, dunas e outras.

A partir dessas observações, foi necessário um refinamento dos dados por meio da correção manual do mapa de uso e cobertura da terra no ArcGis versão 10.5 a partir de dados vetoriais. A correção manual ocorreu com o uso dos ícones *Editor* < *Save Editor* < *Merge* ao selecionar os polígonos desejados para alteração, ao final das correções foi gerado um produto com 8 (oito) classes.

Consoante, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI para o ano de 2020, foram selecionadas cenas de imagens do sensor OLI/TIRS do satélite Landsat – 8 relativas ao segundo semestre do respectivo ano, época caracterizada por corresponder a imagens com poucas coberturas de nuvens devido ao período de estiagem. Estas imagens utilizadas para gerar o NDVI foram as mesmas usadas para o mapeamento de uso e cobertura da terra para 2020.

O NDVI pode ser analisado por meio da interpretação de imagens de sensores remotos e, em particular, por valores obtidos em diferentes datas, que permitem avaliar a variação de área verde em certo período do tempo (ZANZARINE; PISSARA et al, 2013).

Desde modo, para a análise e estimativa do NDVI é necessário aplicação de equação estatística em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), para encontrar os valores do índice de vegetação de determinada área. Isto posto, foram utilizadas as bandas 4 e 5 das imagens, no qual a banda 4 representa a banda do vermelho e a 5 é referente ao infravermelho próximo ou NIR. Para o cálculo foi empregada a seguinte equação por meio do plug-in *Semi- Automatic Classification* do Quantum GIS versão 2.18.14:

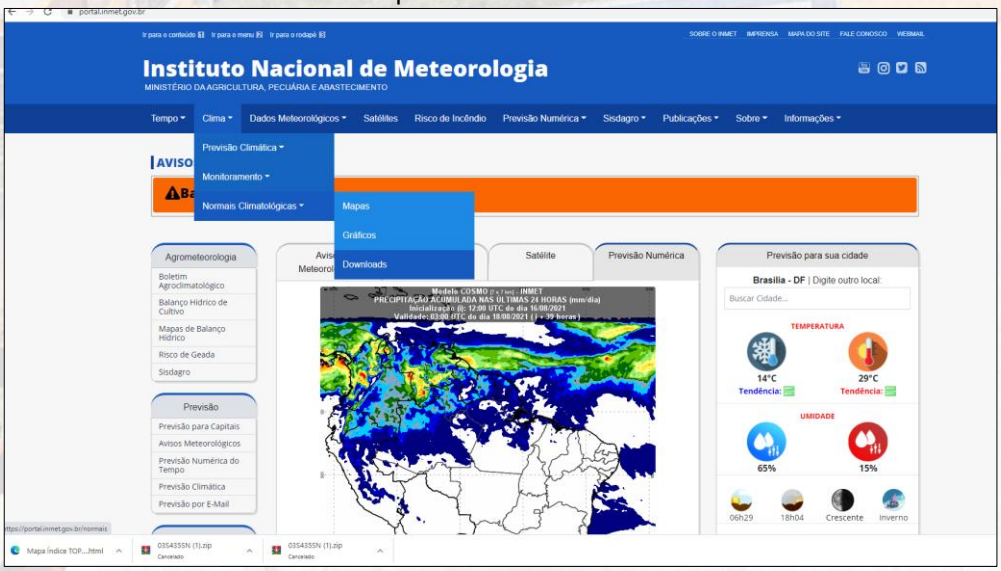
$$\textbf{NDVI} = \frac{\text{Banda do Infravermelho Próximo} - \text{Banda do Vermelho}}{\text{Banda do Infravermelho Próximo} + \text{Banda do Vermelho}}$$

O resultado gerado após o cálculo das bandas 4 e 5 oscilou entre -1 a +1, evidencia segundo Dias e Catunda (2019, p.12) “quanto mais próximo do número negativo (-1) menor é a presença de vegetação. Em contrapartida, quanto mais próximo de +1, maior a presença de vegetação”.

Para o elemento climático Evapotranspiração Potencial, os dados foram apurados por meio do site oficial do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em menção ao acesso ao banco de dados de

normal climatológica histórica de 1981 a 2010 por meio da aba < Clima < Normais Climatológicas < Downloads como indicado na Figura 5.3.

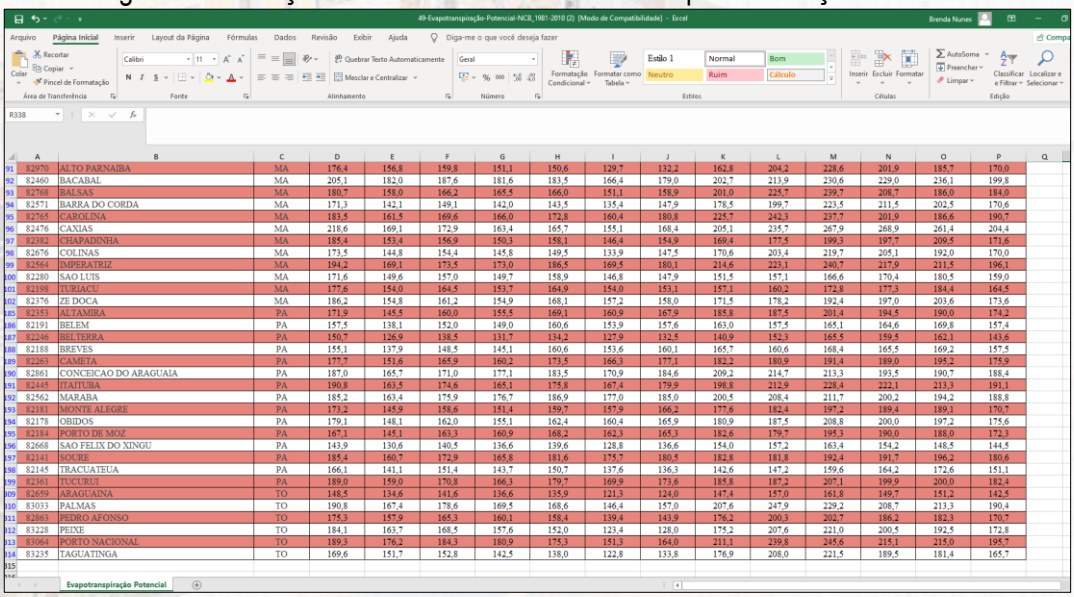
Figura 5.3 - Aba do site oficial do INMET para acesso ao banco de dados de normais climatológicas.



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Desta forma, foi selecionada por meio das abas Downloads < Normais Climatológicas do Brasil < Período: 1981 – 2010, os dados referentes à evapotranspiração potencial mensal e anual para todo o país. Estes são disponibilizados em planilhas de *Excel* para cada estação convencional administradas pelo INMET. Depois se selecionou somente as estações convencionais do Estado do Maranhão, e aquelas que estão próximas aos limites territoriais do Estado, como as do Piauí, Tocantins, Pará e uma estação da Bahia para tabulação de dados, conforme demonstrado na Figura 5.4.

Figura 5.4- Estações Convencionais selecionadas para tabulação de dados



82970	ALTO PARNAIBA	MA	176,4	156,8	159,8	151,1	150,6	129,7	132,2	162,8	204,2	228,6	201,9	185,7	170,0
82460	BACABAL	MA	205,1	182,0	187,6	181,6	183,5	166,4	179,0	202,7	213,9	230,6	229,0	236,1	199,8
82768	BALSAS	MA	180,7	158,0	166,2	165,5	166,0	151,1	158,9	201,0	225,7	239,7	208,7	186,0	184,0
82571	BARRA DO CORDA	MA	171,3	142,1	149,1	142,0	143,5	135,4	147,9	178,5	199,7	223,5	211,5	202,5	170,6
82765	CAROLINA	MA	183,5	161,5	169,6	166,0	172,8	160,4	180,8	225,7	242,3	257,7	201,9	186,6	190,7
82476	CAXIAS	MA	218,6	169,1	172,9	163,4	165,7	155,1	168,4	205,1	235,7	267,9	268,9	261,4	204,4
82382	CHAPADINHA	MA	185,4	153,4	156,9	150,3	158,1	146,4	154,9	169,4	177,5	199,3	197,7	209,5	171,6
82676	COLINAS	MA	173,5	144,8	154,4	145,8	149,5	133,9	147,5	170,6	203,4	219,7	205,1	192,0	170,0
82564	IMPERATRIZ	MA	194,2	169,1	173,5	173,0	186,5	169,5	180,1	214,6	223,1	240,7	217,9	211,5	196,1
82280	SAO LUIS	MA	171,6	149,6	157,0	149,7	158,9	146,8	147,9	151,5	157,1	166,6	170,4	180,5	159,0
82198	TURIACU	MA	177,6	154,0	164,5	153,7	164,9	154,0	153,1	157,1	160,2	172,8	177,3	184,4	164,5
82376	ZE DOCA	MA	186,2	154,8	161,2	154,9	168,1	157,2	158,0	171,5	178,2	192,4	197,0	203,6	173,6
82353	ALTAMIRA	PA	171,9	145,5	160,0	155,5	169,1	160,9	167,9	185,8	187,5	201,4	194,5	190,0	174,2
82191	BELEM	PA	157,5	138,1	152,0	149,0	160,6	153,9	157,6	163,0	157,5	165,1	164,6	169,8	157,4
82246	BELTERRA	PA	150,7	126,9	138,5	131,7	134,2	127,9	132,5	140,9	152,3	165,5	159,5	162,1	143,6
82188	BREVES	PA	155,1	137,9	148,5	145,1	160,6	153,6	160,1	165,7	160,6	168,4	165,5	169,2	157,5
82263	CAMETA	PA	177,7	151,6	165,9	160,2	173,5	166,3	177,1	182,2	180,9	191,4	189,0	195,2	175,9
82861	CONCEICAO DO ARAGUAIA	PA	187,0	165,7	171,0	177,1	183,5	170,9	184,6	209,2	214,7	213,3	193,5	190,7	188,4
82445	ITAITUBA	PA	190,8	163,5	174,6	165,1	175,8	167,4	179,9	198,8	212,9	228,4	222,1	213,3	191,1
82562	MARABA	PA	185,2	163,4	175,9	176,7	186,9	177,0	185,0	200,5	208,4	211,7	200,2	194,2	188,8
82181	MONTE ALEGRE	PA	173,2	145,9	158,6	151,4	159,7	157,9	166,2	177,6	182,4	197,2	189,4	189,1	170,7
82178	OBIDOS	PA	179,1	148,1	162,0	155,1	162,4	160,4	165,9	180,9	187,5	208,8	200,0	197,2	175,6
82184	PORTO DE MOZ	PA	167,1	145,1	163,3	160,9	168,2	162,3	165,3	182,6	179,7	195,3	190,0	188,0	172,3
82668	SAO FELIX DO XINGU	PA	143,9	130,6	140,5	136,6	139,6	128,8	136,6	154,0	157,2	163,4	154,2	148,5	144,5
82141	SOURE	PA	185,4	160,7	172,9	165,8	181,6	175,7	180,5	182,8	181,8	192,4	191,7	196,2	180,6
82145	TRACUATEUA	PA	166,1	141,1	151,4	143,7	150,7	137,6	136,3	142,6	147,2	159,6	164,2	172,6	151,1
82361	TUCURUI	PA	189,0	159,0	170,8	166,3	179,7	169,9	173,6	185,8	187,2	207,1	199,9	200,0	182,4
82659	ARAGUAINA	TO	148,5	134,6	141,6	136,6	135,9	121,3	124,0	147,4	157,0	161,8	149,7	151,2	142,5
83033	PALMAS	TO	190,8	167,4	178,6	169,5	168,6	146,4	157,0	207,6	247,9	229,2	208,7	213,3	190,4
82863	PEDRO AFONSO	TO	175,3	157,9	165,3	160,1	158,4	139,4	143,9	176,2	200,3	202,7	186,2	182,3	170,7
83228	PEIXE	TO	184,1	163,7	168,5	157,6	152,0	123,4	128,0	175,2	207,6	221,0	200,5	192,5	172,8
83064	PORTO NACIONAL	TO	189,3	176,2	184,3	180,9	175,3	151,3	164,0	211,1	239,8	245,6	215,1	215,0	195,7
83235	TAGUATINGA	TO	169,6	151,7	152,8	142,5	138,0	122,8	133,8	176,9	208,0	221,5	189,5	181,4	165,7

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Ao total foram selecionadas 23 estações, sendo doze para o Estado do Maranhão, cinco para o Estado do Piauí, três estações do Pará, duas inseridas no Tocantins e uma estação da Bahia. A estas somaram-se as médias mensais de janeiro a dezembro correspondente à normal climatológica de Evapotranspiração Potencial em *Excel* e gerou-se o total anual em milímetros dos trinta anos para cada estação utilizada.

A partir da tabulação dos dados foi possível criar o shapefile de pontos e posteriormente fazer o mapa de normal climatológica de Evapotranspiração Potencial por meio do método de Interpolação (este utilizado devido à existência de pontos não amostrados na área de estudo para o preenchimento estimado desses vazios oriundos da pouca cobertura meteorológica no Maranhão) no *software* Qgis versão 2.18.14, que segundo Jacob e Young (2006, p. 07) apontam que

> a interpolação é uma técnica utilizada para a estimativa do valor de um atributo em locais não amostrados, a partir de pontos amostrados na mesma área ou região. A interpolação espacial converte dados de observações pontuais em campos contínuos, produzindo padrões espaciais que podem ser comparados com outras entidades espaciais contínuas. O raciocínio que está na base da interpolação é que, em média, os valores dos atributos tendem a ser similares em locais mais próximos do que em locais mais afastados.

Conforme dito, a técnica empregada de interpolação constituiu o Inverso da Potência da Distância, que realiza a estimativa da variável ao longo do espaço, ponderando pesos a cada um dos "n" pontos mais próximos, ou seja, quanto mais próximo do ponto a ser estimado, maior o peso atribuído ao ponto amostrado (JIMENEZ; DOMECO, 2008 apud JUNIOR; MAGALHÃES et al., 2012).

Sendo assim, todos os produtos gerados para o cruzamento de dados como o de declividade, altimetria, NDVI e evapotranspiração potencial foram classificados em cinco classes, com exceção ao de

uso e cobertura da terra que ficou com oito classes, mas, para fins de refinamento metodológico, este foi reclassificado para cinco, ficando a formação florestal e a silvicultura em uma única classe, assim como, solo exposto, área urbana e dunas.

2.3. Cruzamento dos dados para produção do mapa de Suscetibilidade

Após aquisição de todas as variáveis, o arquivo vetorial (uso e cobertura da terra) foi transformado para o formato *raster* para padronizar todos os arquivos e, consequentemente, reclassificá-los em 5 classes. Isto posto, todos os dados foram reclassificados por meio da ferramenta *Spatial Analyst Tools* < *Reclass* < *Reclassify no* Arcgis 10.5. Por meio da reclassificação, foi possível atribuir pesos de 1 a 5 (quanto mais próximo de 5 maior é o grau de implicação na suscetibilidade) para cada classe dos respectivos elementos utilizados, conforme descrito no Quadro 5.1 para aplicação na equação final.

Depois de reclassificados e atribuídos os pesos, os dados foram aplicados em uma equação para cruzamento e ponderação dos pesos com a finalidade de gerar o mapa de suscetibilidade, sendo assim, pelas ferramentas *Spatial Analyst Tools* < *Map Algebra* < *Raster Calculator do* Arcgis 10.5 foi possível efetuar a seguir equação:

$$\mathbf{V} = \frac{D \times 5 + A \times 4 + U \times 3 + NDVI \times 2 + Etp \times 1}{5}$$

Onde:

V = Vulnerabilidade;
D = Declividade;
A = Altimetria;
U = Uso e cobertura da terra;
NDVI = Índice de Vegetação por Diferença Normalizada;
Etp = Evapotranspiração Potencial.

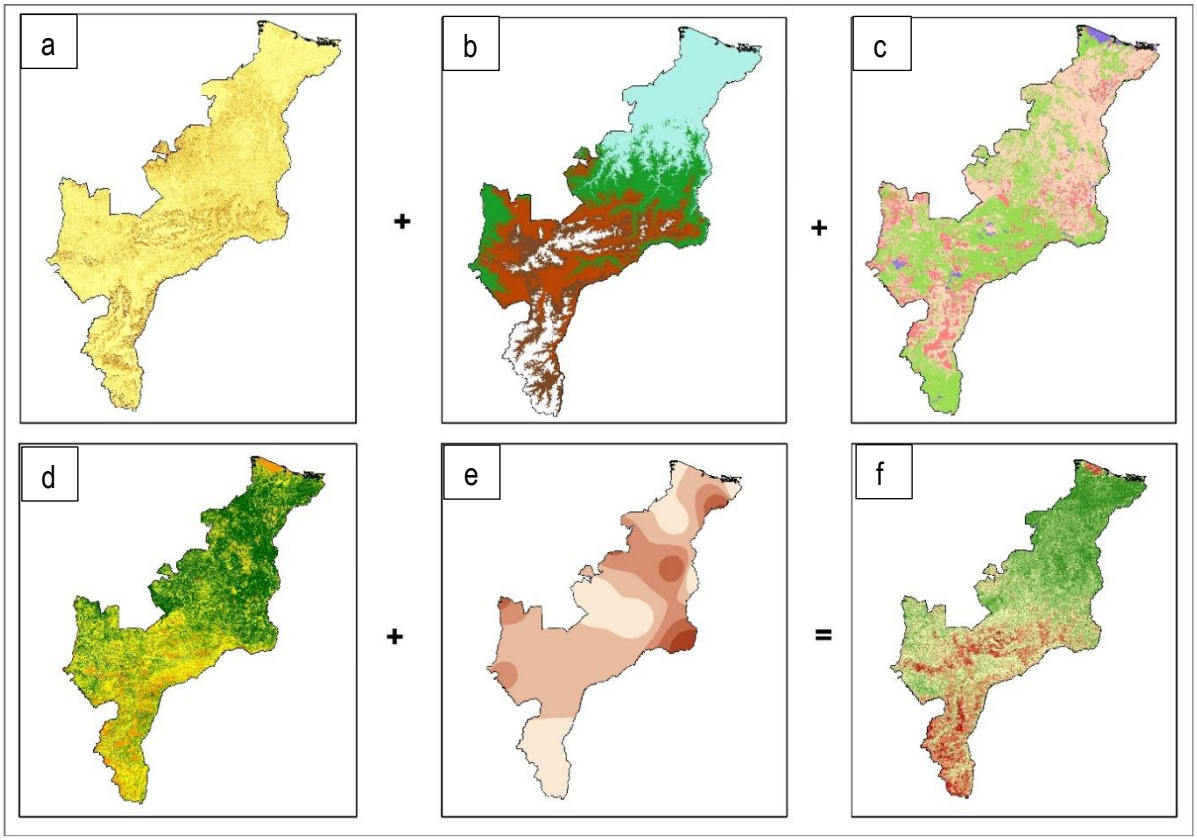
Quadro 5.1- Atribuição de pesos para os indicadores de declividade, altimetria, uso e cobertura, NDVI e evapotranspiração potencial (ETP)

DECLIVIDADE	PESO	ALTIMETRIA	PESO	USO E COBERTURA	PESO	NDVI- 2020	PESO	ETP	PESO
0 – 5 %	1	-2,79 – 128m	1	Vegetação + silvicultura	1	0,99 – 0,05	5	1.881 – 2.127 mm	1
5 – 15%	2	128 – 233 m	2	Água	2	0,05 – 0,38	4	2.127-2.208mm	2
15 - 29%	3	233 – 339m	3	Agricultura	3	0,38 – 0,54	3	2.208 – 2.311mm	3
29 – 50%	4	339 – 454m	4	Campestre	4	0,54 – 0,71	2	2.311 – 2.488 mm	4
50 – 240%	5	454 – 812m	5	Solo exposto+ área urbana+ dunas	5	0,71 - 1	1	2.488 – 2.751 mm	5

Fonte: Organizado pelos autores (2021).

A equação foi estabelecida seguindo critérios de maiores pesos para cada variável temática, em que a declividade foi a classe de maior peso devido estar relacionada às características do relevo, o que implica nos processos erosivos de forma direta e mais intensa. Logo, as outras foram aplicadas quanto ao grau de implicação na suscetibilidade morfoclimática. Após este refinamento de pesos, elas foram somadas e divididas por 5 (quantidade de elementos utilizados no cruzamento) e, por fim, gerado o produto cartográfico final, como demonstrado na Figura 5.5.

Figura 5.5 – Representação cartográfica do modelo adotado para a produção do mapa de suscetibilidade morfoclimática. a) Declividade; b) Altimetria; c) Uso e cobertura da Terra; d) NDVI; e) Evapotranspiração Potencial; f) Resultado do cruzamento de dados



Fonte: Organizado pelos autores (2021)

2.4. Elaboração do Mapa de Suscetibilidade Geológico-Geomorfológica

Para o mapa de suscetibilidade geológica - geomorfológica, foi utilizado a base de dados do Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2013), disponível na publicação referente à Geodiversidade do Estado do Maranhão. Assim, foi selecionada a coluna do shapefile relacionada à susceptibilidade, e posteriormente foram adicionadas as informações voltadas a sismologias e lineamentos estruturais, dando ênfase em sua simbologia no *software* ArcGis versão 10.5 (Licença ENT- ES - 0006 - 17 IMESC - 0117). Após os procedimentos descritos, o mapa passou por aprimoramento no *layout view* do programa.

3. ANÁLISE INTEGRADA DAS SUSCETIBILIDADES GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICAS DO BIOMA CERRADO E SISTEMA COSTEIRO A ELE ASSOCIADO NO ESTADO DO MARANHÃO

Por meio das variáveis ambientais selecionadas para demonstrar o grau de suscetibilidade morfoclimáticas do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Maranhão e, ainda, pelo processo de cruzamento de dados e ponderação de pesos foram reveladas áreas com potencial de risco de instabilidades geológico-geomorfológicas. Como o território é entrecruzado por lineamentos estruturais de importância significativa para a constituição das unidades de relevo e de sua morfodinâmica regional, é necessário indicar atenção quanto à articulação do desenho das principais categorias de paisagens dadas pelas fragilidades ecodinâmicas associadas a cada articulação geográfica (TRICART, 1977).

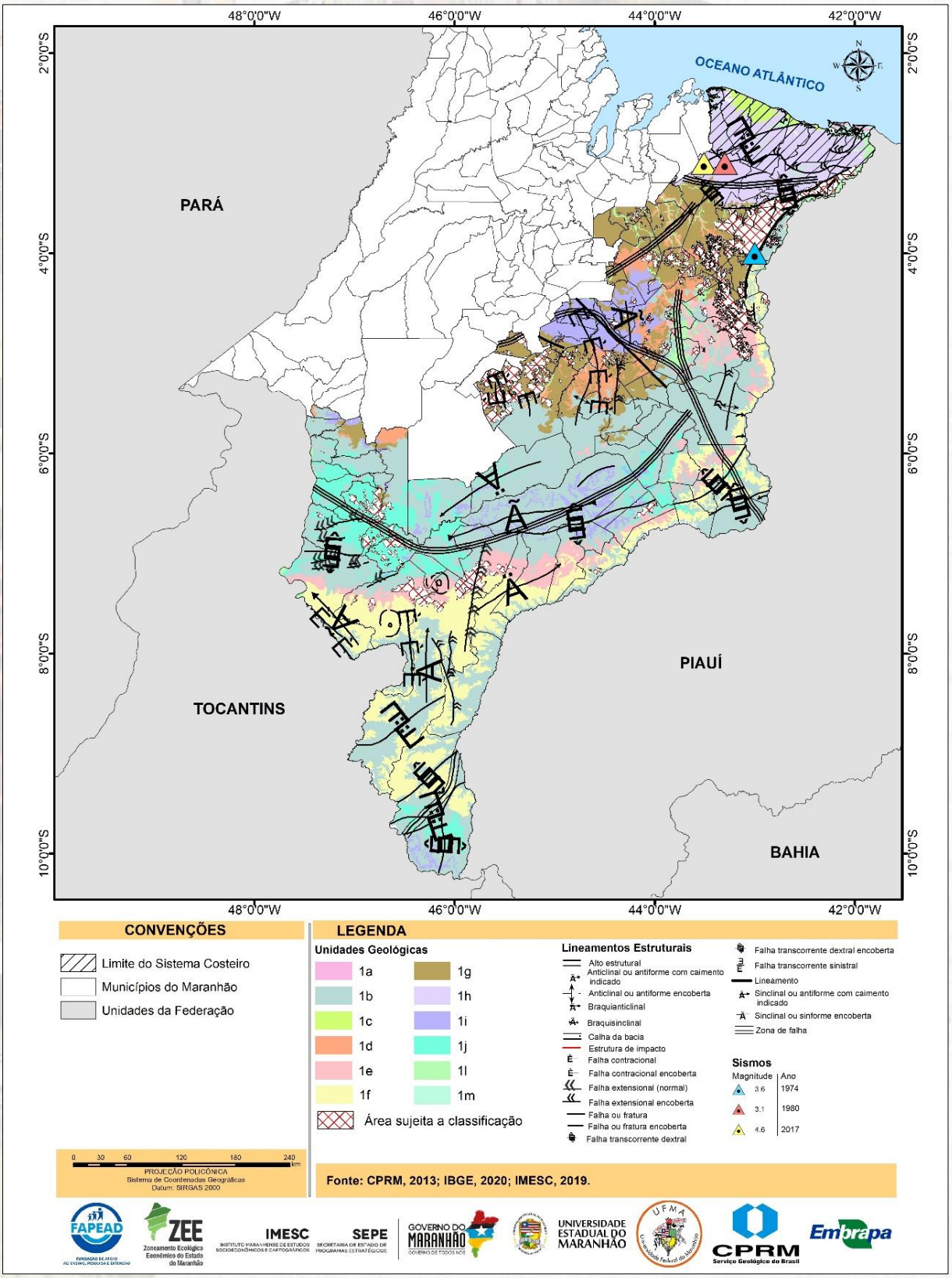
Dessa forma, o território ora analisado, encontra-se totalmente situado na denominada Província Parnaíba (ALMEIDA et. al., 1977) ou Província Sedimentar do Meio-Norte (SANTOS; CARVALHO, 2009), articulação geotectônica interna à Plataforma Sul-americana (ALMEIDA et. al., 2000; HASUI, 2012) em que todo o Estado do Maranhão está inserido. A Figura 5.6 e o Quadro 5.2 apresentam as principais suscetibilidades geológico-geomorfológicas no contexto do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão.

O mapa de suscetibilidades geológico-geomorfológicas é uma síntese dos principais processos que condicionam a geologia e o relevo regionais, com destaque para as geoestruturas, geotectônica e litologias distribuídas no contexto do território de análise. As formações rochosas, por sua vez, têm grande importância na definição das áreas mais frágeis do território, ao mesmo tempo que podem indicar o manejo relativo ao território, apresentando potencialidades de uso.

Quando da delimitação das principais unidades ecodinâmicas do Bioma Cerrado e do Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão (Figura 5.7 e Quadro 5.3), foi possível reportar-se a situações que são tanto morfoestruturais, quanto morfoclimáticas. Em outros termos, tanto a geologia quanto as dinâmicas bioclimáticas e antropogênicas passam a ter importância estratégica para a definição das áreas mais ou menos suscetíveis à ocorrência de problemas ambientais integrados (AB'SÁBER, 2012), notadamente quanto a processos de intemperismo, erosão e sedimentação (ROSS, 2006). Isso é justificado pelo cruzamento de cinco planos de informações geográficas, conforme disposto na Figura 5.5.

A discussão, portanto, deve ser pautada na base material de todas as atividades humanas de distribuição da biodiversidade e das paisagens vegetais, bem como do meio físico, de forma integrada, pois a forma de integrar conhecimentos parte de uma Geomorfologia Estrutural, para assim, ser compreendido o conjunto de problemas em curso no território.

Figura 5.6 - Mapa de Suscetibilidades Geológico-Geomorfológicas do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão



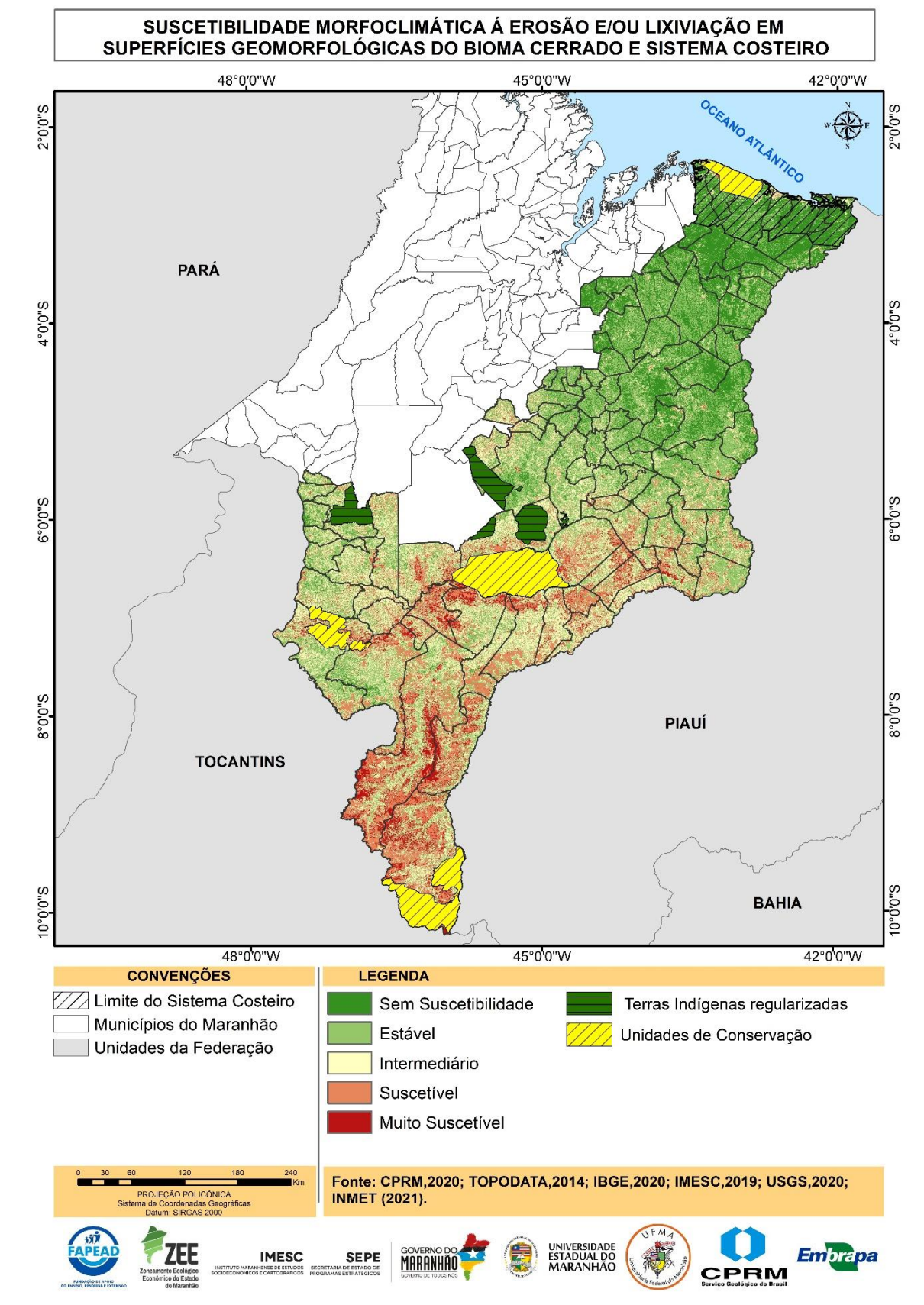
Fonte: ZEE-MA (2021) adaptado de CPRM (2013).

Quadro 5.2 - Legenda ampliada do Mapa de Suscetibilidades Geológico-Geomorfológicas do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão

COR	LEGENDA	DESCRIÇÃO
	1a	Planícies costeiras sujeitas ao avanço das marés e à erosão costeira.
	1b	Área com cobertura sedimentar pouco consolidada, que quando não apresenta cobertura vegetal possui alto potencial erosivo, sujeito à formação de sulcos, ravinas e voçorocas.
	1c	Área com intensa dinâmica sedimentar relacionada a processos de mobilização eólica de areias (migração de dunas).
	1d	Área com potencial para colapso (afundamentos bruscos) que está relacionado à possibilidade de existência de cavidades de dissolução em rochas calcárias e gipsita.
	1e	Área com predominância de material argiloso, pouco coeso e instável em taludes de corte. Suscetíveis a movimentos de massas em relevos mais declivosos.
	1f	Área com presença de camadas de calcários que podem conter condutos subterrâneos (cavernas) sujeitos a desmoronamentos que podem produzir colapso na superfície.
	1g	Área com rochas e solos de grande heterogeneidade geotécnica lateral e vertical, o que potencializa as desestabilizações de taludes de corte e o aparecimento de focos erosivos em superfícies terraplenadas.
	1h	Área composta por material arenoso pouco consolidado com alto potencial erodível e potencial para mobilização eólica de areias, caso seja retirada a vegetação existente.
	1i	Área formada por rochas e solos com heteregeonidade geotécnica na lateral e vertical que são pouco coesos, suscetíveis à erosão e a movimentos de massas em relevos mais declivosos.
	1j	Área onde podem existir blocos de rochas duras posicionadas ao longo do perfil do solo que podem se movimentar nas áreas de relevo declivoso.
	1l	Área sujeita a enchentes sazonais, causadas por extravasamento dos rios, principalmente em períodos de chuvas mais intensas.
	1m	Área sujeita a enchentes sazonais, causadas por extravasamento dos rios, principalmente em períodos de chuvas mais intensas e/ou mudança de maré.

Fonte: ZEE-MA (2021) adaptado de CPRM (2013).

Figura 5.7 - Suscetibilidade Morfoclimática em superfícies geomorfológicas do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão



Fonte: ZEE-MA (2021).

Quadro 5.3 - Unidades ecodinâmicas associadas às paisagens do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão e as suscetibilidades morfoclimáticas atuantes no território

PESO	UNIDADE	RELAÇÃO ECODINÂMICA	COR DA LEGENDA NO MAPA
1	Sem Suscetibilidade	Pedogênese fortemente atuante em ambientes de nível de base local ou regional	
2	Estável	Pedogênese atuante em condições de ambientes de sedimentação	
3	Intermediário	Equilíbrio dinâmico entre pedogênese e morfogênese	
4	Suscetível	Morfogênese com atuação mediana	
5	Muito Suscetível – Instável	Forte suscetibilidade à morfogênese	

Fonte: Adaptado pelos autores com base na metodologia ecodinâmica de Tricart (1977).

Delimitada por disposições tectônicas diversas como altos estruturais, anticlinais, sinclinais, calhas de bacias, falhas de heterogêneas tipologias, zonas de falhas (Figura 5.8), e, sobretudo, lineamentos, o Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, apresentam coberturas sedimentares fanerozoicas, com três divisões principais no que se refere à articulação regional das paisagens geomorfológicas.

Figura 5.8 - Escarpas de falhas normais em configuração de platôs correspondentes à Serra do Itapecuru, em Mirador. Unidade ecodinâmica intermediária

Fonte: Acervo pessoal de Luiz Jorge B. Dias (2018).

No Centro-Sul do território natural analisado há a presença do Arco Xambioá – Teresina, um dos principais altos estruturais de abrangência regional, de idade neoproterozoica, cuja presença influencia no modelado até os dias atuais (Figura 5.9). Isso, sobretudo, por sua efetiva orientação SW-NE, que proporciona a ocorrência de diversos processos geomórficos de capturas de drenagem, como é o caso da existência de cotovelos estruturais como o do Itapecuru, que o faz infletir para Norte, em vez de seguir a orientação Leste, em direção ao Médio Parnaíba. Aliás, em relação ao Alpercatas, o cotovelo de drenagem sobre falhas geológicas normais proporcionou ao Itapecuru capturar o canal do Alpercatas, isso no município de Colinas, Maranhão (Figura 5.10).

Figura 5.9 - Arco Xambioá – Teresina em áreas do Parque Estadual do Mirador, em município homônimo. Unidade ecodinâmica intermediária

Fonte: Registros da Pesquisa (2020).

Figura 5.10 - Confluência do Rio Alpercatas (águas de tons mais claros) no Itapecuru por captura de drenagem em eixo de falhas normais (Colinas – MA). Unidade ecodinâmica intermediária

Fonte: Registros da Pesquisa (2020).

As feições geomorfológicas são delimitadas a Norte pelo Arco Férrer-Urbano Santos. No Centro-Leste pelo Lineamento Picos-Santa Inês e, na Região Central, de Sudoeste a Sudeste o Lineamento Xambioá-Teresina. Este, por extensividade e abrangência espacial, provavelmente seja o mais importante da área de estudos por ser considerado o principal indutor geotectônico das alterações altimétricas, de declividades e de disposição de geoformas que permitem a individualização do Sul do Estado em relação às demais regiões geomorfológicas.

Já o Lineamento Parnaíba, no extremo Nordeste do Estado, é importante como divisor de bacias hidrográficas do Parnaíba, Itapecuru e Munim. Uma de suas representações mais marcantes na paisagem é a morfogênese da Lagoa do Bacuri, bacia flúvio-lacustre em formação desenvolvida sobre gráben, provavelmente ainda em estágio de afundamento tectônico (Figura 5.11). Cabe afirmar que essa feição geológico-geomorfológica encontra-se no contato entre o Lineamento Parnaíba e o Arco Férrer-Urbano Santos.

Figura 5.11 - Lagoa do Bacuri, no Baixo Parnaíba Maranhense, situada no município de Magalhães de Almeida. Bacia de depósitos flúvio-lacustres em processo franco de desenvolvimento. Unidade ecodinâmica estável

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Embora não tenha prosseguimento significativo no tocante ao território sob estudo, o Lineamento Transbrasiliano que divide tectonicamente a Plataforma Sul-americana em duas grandes unidades (uma a Leste e outra a Oeste, em prosseguimento SSW - NNE) apresenta-se entre os municípios de Alto Parnaíba e Tasso Fragoso, responsável pela individualização da Serra do Penitente (Figura 5.12), como máxima expressão da geodiversidade do extremo Sul do Maranhão.

Figura 5.12 - Feições da Serra do Penitente entre Alto Parnaíba e Tasso Fragoso, desdobramento mais setentrional do Lineamento Transbrasiliano no Estado do Maranhão. Unidade ecodinâmica intermediária

Fonte: Registros da Pesquisa (2021)

Todos as estruturas na forma de lineamentos, falhas e arcos que transpassam o território maranhense nos Biomas Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado, estão relacionados a eventos neotectônicos, ou seja, ainda estão em atividade geodinâmica moderada, fato corroborado pela presença de sismos na região. Dessas, a que possui maior atividade é o Arco Férrer-Urbano Santos, com abalos frequentes nas últimas duas décadas.

A tectônica, ainda, é responsável pela configuração de importantes áreas de depressões nos compartimentos interplanálticos do Bioma Cerrado do Estado, como é o caso da presença da Depressão do Rio Balsas, embutida nos compartimentos dos altiplanos entre as Serras do Penitente e do Gado Bravo (Figura 5.13), com prosseguimentos para Norte, indo de encontro à porção Sul do Arco Xambioá-Teresina.

Por outro lado, a presença de anticlinais ou antiformes, encobertas a Leste, entre Parnarama, Matões e Caxias (Figura 5.14) e a Oeste, entre Dom Pedro, Graça Aranha, São Domingos do Maranhão e Tuntum (Figura 5.15), são indicadores geológico-paisagísticos de que a faixa central da Bacia do Médio Curso do Rio Itapecuru (Maranhão, Nordeste do Brasil) seja, possivelmente, um gráben, delimitada por dois *horsts* regionais, demonstrativos de uma zona de extensão crustal regional.

Figura 5.13 - Depressão do Rio Balsas, em sua articulação inicial em área de entalhamento de drenagem entre as Serras do Penitente e do Gado Bravo, no extremo Sul do município de Balsas (MA). Unidade ecodinâmica sem suscetibilidades.

Fonte: Acervo Pessoal de Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias (2018).

Figura 5.14 - Vista parcial, ao fundo, de anticlinal encoberta, representando divisor de drenagem entre a Bacia do Médio Curso do Rio Itapecuru e a Bacia Hidrográfica do Médio Parnaíba em Matões (MA). Unidade ecodinâmica estável

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Figura 5.15 - Vista parcial, ao fundo, de anticlinal encoberta, representando divisor de drenagem entre a Bacia do Alto e a do Médio Curso do Rio Itapecuru, entre Fortuna e Buriti Bravo (MA). Unidade ecodinâmica intermediária

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Ao Norte do território, o Sistema Costeiro passa a ter identidade geológico-geomorfológica para fins de uma análise integrada da paisagem apenas a Norte (ou a barlavento) do Arco Férrer-Urbano Santos. A presença de áreas de controle estrutural é, pois, parcial ou totalmente inhumada pela presença de depósitos sedimentares arenosos, com campos de dunas, paleodunas, restingas e coberturas vegetais associadas a ambientes psamófilos. Contudo, em ambientes como a Lagoa do Cassó (Figura 5.16), em Primeira Cruz, e no Curso do Rio Alegre e de seus afluentes em Santo Amaro do Maranhão (Figura 5.17) há indícios fortes na superfície de como a geotectônica faz-se importante para a definição de unidades e feições geomorfológicas de expressão local e regional.

Outrossim, os limites do próprio território em que há deposições arenosas por deflação eólica, o que popularmente foi denominado de Lençóis Maranhenses, está na parte do Arco Férrer-Urbano Santos voltada para os ambientes de contato com o Oceano Atlântico. A drenagem dessas áreas, às vezes pseudo-criptorreica, ou seja, que desaparece sob lençóis arenosos, mas não em ambientes cársticos, é explicada pela dinâmica tectônica regional.

Figura 5.16 - Lagoa do Cassó, uma área de possível gráben a barlavento do Arco Férrer-Urbano Santos, em Primeira Cruz, no contato dos Cerrados com o Sistema Costeiro a ele associado no Maranhão. Unidade ecodinâmica sem suscetibilidades por causa de seu alto grau de proteção até o presente.

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Figura 5.17 - Planícies de inundação do sistema hidrográfico do Rio Alegre em Santo Amaro do Maranhão. Unidade ecodinâmica estável

Fonte**:** Registros da Pesquisa (2021).

Embora a tônica do mapa disposto na Figura 5.7 esteja voltada para processos morfoclimáticos e suas suscetibilidades vinculadas ao Bioma Cerrado e ao Sistema Costeiro no Estado do Maranhão, é na tectônica regional que são encontradas explicações sobre a sua natureza e disposição de vulnerabilidades, uma vez que toda a morfoestrutura esteja nela presente.

As regiões que apresentaram maior grau de suscetibilidade morfoclimática foram aquelas que estão na porção Centro-Sul da área de estudo, exatamente sob influência direta do Arco Xambioá-Teresina. Essa é uma extensão territorial com alta declividade e, consequentemente, maiores vulnerabilidades quanto à ocorrência de eventos erosivos e deposicionais, por exemplo. Conforme explica Calderano Filho et al. (2014, p. 478),

> o relevo tem importância no processo erosivo, principalmente por ser a declividade o fator responsável pela maior ou menor infiltração das águas das chuvas. Onde o relevo é plano, não há deslocamento e transporte de partículas de solo, qualquer que seja as classes de solo que compõem a unidade de mapeamentos e declividade da área.

As regiões que possuem declividades mais elevadas tendem a passar por processos erosivos mais intensificados e, consequentemente, sua instabilidade aumenta, alterando os terrenos a jusante (FUSHIMI, 2012). Essa erosão pode ser agravada em razão da retirada da vegetação sem manejo ou reposições adequadas, expondo os solos a agentes intempérico-erosivos. Segundo Lensen (2006, p. 23), “as áreas com solo exposto constituem um fator decisivo na aceleração dos processos erosivos. Pois o solo desprotegido recebe o impacto direto das gotas de chuva, desagregando partículas”.

Nesse sentido, foram identificadas áreas com declividade acima de 8% caracterizando-se relevos com variações entre ondulado a escarpado (acima de 45% e foram tratados neste Zoneamento como Áreas de Preservação Permanentes, conforme será disposto em capítulo posterior) e classificados entre intermediários a muito suscetíveis morfoclimaticamente. Isso é definido quando a morfogênese se sobressai sobre a pedogênese, inclusive essas áreas apresentam de médio a baixo índice de vegetação, com usos associados à agricultura e pecuária.

Além disso, núcleos de arenização começam a ser percebidos na extensão territorial do Centro-Sul do Bioma Cerrado, na faixada Sudoeste, com núcleos naturais presentes nas proximidades do Parque Nacional da Chapada das Mesas e a Sudeste, em contatos biogeográficos Cerrado-Caatinga, entre os municípios de Pastos Bons, Nova Iorque do Maranhão, São João dos Patos e Barão do Grajaú, por exemplo. Isso, *di per si*, merece atenção especial dos órgãos ambientais durante a década de 2020.

Como foi observado na Figura 5.7, o Sul do Bioma Cerrado apresenta a área mais suscetível a eventos de perturbação morfoclimática, isso pelos contextos já mencionados, bem como por apresentar alta declividade e por ser uma região com maiores contas altimétricas, oscilando entre 518 a 812 m. Nesse recorte territorial há acentuadas pressões de uso históricas que ocasionam perda da vegetação

para a disposição de áreas de pastagem ou de cultivos de lavouras temporárias. Assim, a presença de processos erosivos (Figuras 5.18 e 5.19) é uma realidade local e regional, devendo ser monitorada pelos órgãos ambientais nos processos de licenciamento, bem como de procedimentos administrativos similares. A recomposição paisagístico-vegetacional com espécies nativas, de preferência, deve ser adotada como uma das estratégias para o controle da estabilidade de terrenos em face de sua geologia e geomorfologia.

Figura 5.18 - Identificação de processo erosivo as margens da BR- 230 no município de Balsas – MA. Unidade Ecodinâmica Suscetível

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Figura 5.19 - Unidade Ecodinâmica Intermediária em São Domingos do Azeitão – MA

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

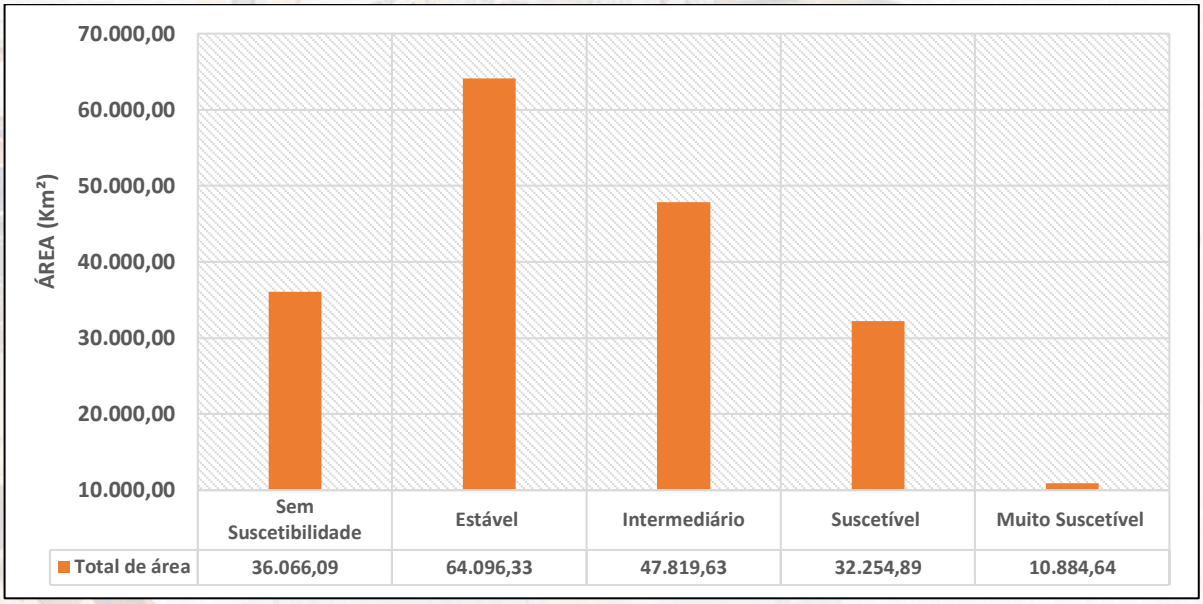
A porção norte, na localidade dos Lençóis Maranhenses (Figura 5.20), também se insere como área muito suscetível devido às características do solo da área, com predomínio de areias quartzosas. Além disso, o fato de parcela importante do território não ter estabilidade natural por falta de cobertura vegetal, pela alta incidência dos ventos a transportar os sedimentos arenosos continente adentro e pelas pressões antropogênicas relacionadas ao avanço de atividades de veraneio e turismo.

Figura 5.20 - Área de Proteção Ambiental dos Pequenos Lençóis e Região Lagunar Adjacente, localidade Caburé, sujeita a intenso processo de deflação eólica com transporte de areias em direção a pequenas lagunas e a bosques de manguezais. Área ecodinamicamente muito suscetível

Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

Ademais, as regiões que apresentaram grau de sem suscetibilidade à estável estão localizadas na porção Norte e Leste do Cerrado, pois apresentam uma declividade mais baixa e relevos mais planos, com elevação do relevo entre – 2,79m a 230m. O Gráfico 5.1 apresenta o total da área das classes de suscetibilidades em km². A área mais representativa e maior é referente a *estável* com 64.096,33 km², seguido da classe *sem suscetibilidade* com 36.066,09 km², e a menor em área é relativa a *muito suscetível* representando 10.884,64 km².

Gráfico 5.1 - Quantitativo de área por classes de suscetibilidade ecodinâmica/morfoclimática do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão



Fonte: Registros da Pesquisa (2021).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compreensão das suscetibilidades geológico-geomorfológicas, com base em uma premissa morfodinâmica, é uma das premissas mais significativas dos processos de elaboração de integração de estudos ambientais. Por ser possível aglutinar múltiplas abordagens na perspectiva ora abordada, ela se manifesta como uma avaliação ambiental integrada e estratégica que não visa proibir ou punir eventuais usos no contexto do Bioma Cerrado ou Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão.

Contudo, é preciso compreender que existem vulnerabilidades naturais dos ambientes, sobretudo quanto à sua base física que, se não forem acompanhadas de manejo adequado das terras para a produção e proteção ambiental, há riscos potenciais de perda do patrimônio edafo-pedológico local e regional. Nesse sentido, é importante considerar que há, atualmente, técnicas e procedimentos de manejo da terra que podem potencializar a produtividade e garantir a manutenção da estabilidade ou o controle dela em todo o território circunscrito a esta abordagem.

Portanto, essa análise foi considerada para propor a zonificação do Bioma Cerrado ou Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, tendo em vista sua abordagem integrativa e propositiva.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil:** potencialidades paisagísticas. 7. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2012. 159 p.

ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de; HASUI, Yociteru; BRITO-NEVES, Benjamin Bley de et al. Províncias estruturais brasileiras. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 8, 1977, Campina Grande. **Atas**, Campina Grande: SBG, 1977. pp.363- 391.

ALMEIDA, FERNANDO FLÁVIO MARQUES DE; BRITO-NEVES, BENJAMIM BLEY DE; CARNEIRO, CELSO DAL RÉ. **THE ORIGIN AND EVOLUTION OF THE SOUTH AMERICAN PLATFORM.** EARTH-SCIENCE REVIEWS,2000. P. 77-111. 10.1016/S0012-8252(99)00072-0.

AQUINO, Afonso R. de et al. **Vulnerabilidade ambiental**. São Paulo: Blucher, 2017.

BRASIL. Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984. **Estabelece as instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional**. Publicado no Diário Oficial da União. 22 de julho de 1984. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d89817.html. Acesso em: 16 ago. 2021.

BITAR, Omar Yazbek. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações-1: 25.000:** nota técnica explicativa. IPT; CPRM, 2014.

CALDERANO FILHO, B. et al. **Suscetibilidade dos solos à erosão na área de entorno do reservatório da usina hidrelétrica de Tombos (MG).** Revista Geonorte, v. 5, n. 23, p. 670-675, 2014.

CARVALHO, C.; MACEDO, E; OGURA, A. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios.** Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

DIAS, L; CATUNDA, P. **Zonificação do território – etapa Bioma Amazônico**. Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos-IMESC. São Luís: IMESC, 2019.

DIAS, Luiz Jorge B.; TEIXEIRA, Wenderson; SILVA, Jessica Conceição; SOUSA, Jéssica Suyane. Vulnerabilidades morfoclimáticas no Bioma Amazônia no Estado do Maranhão: orientações ao Zoneamento Ecológico-Econômico regional. In: SEABRA, Geovanni (org.). **Educação Ambiental: natureza, biodiversidade e sociedade**. Ituiutaba: Barlavento, 2017. p. 461-472.

FLORENZANO, T. G. Introdução à geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FUSHIMI, M. **Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares de parte dos municípios de Marabá Paulista-SP e Presidente Epitácio-SP.** Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2016.

HASUI, Yociteru. Compartimentação geológica do Brasil. In In: HASUI, Yociteru; CARNEIRO, Celso Dal Ré; ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de; BARTORELLI, Andrea. **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. p. 112-122.

JAKOB, Alberto A. E.; YOUNG, Andrea Ferraz**. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas**. XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais – ABEP. Caxambu – MG,2006. Disponível em: http://www.nepo.unicamp.br/vulnerabilidade/admin/uploads/producoes/M%C3%A9todosInterpola%C3%A7%C3%A3o.PDF. Acesso em: 12.ago.2021.

JUNIOR, I. MAGALHÃES, C. Análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim (ES). **Ambiência**, v. 8, n. 1. 2012. Paraná. Disponível em: https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/1401/1736. Acesso em: 17.ago.2021.

LENSEN, Rosa Elaine. **Relação entre erosão e declividade e as consequências erosivas na área do Morro Cerrito em Santa Maria–RS.** Monografia de especialização (Especialização em Geociências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Ecogeografia do Brasil:** subsídios para o planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. p. 208 p.

SANTOS, Maria Eugênia de Carvalho Marchesini; CARVALHO, Marise Sardenberg Salgado de **Paleontologia das bacias do Parnaíba, Grajaú e São Luís**. Rio de Janeiro: CPRM – Serviço Geológico do Brasil – DGM/DIPALE - 2009. 215 p.

SILVA, Edson Vicente; RODRIGUEZ, José Manuel Mateo**. Planejamento e zoneamento de bacias hidrográficas:** a geoecologia das paisagens como subsídio para uma gestão integrada. Caderno prudentino de Geografia, v. 1, n. 36, p. 4-17, 2014.

TEIXEIRA, Nágila Fernanda Furtado; DA SILVA, Edson Vicente; FARIAS, Juliana Felipe. **Geoecologia das paisagens e planejamento ambiental: discussão teórica e metodológica para a análise ambiental.** Planeta Amazônia. Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas, n. 9, p. 147-158, 2018.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro. IBGE, 1977. 97 p.

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

ZANZARINI, Fabricio V.; PISSARA, Teresa C. T. et al. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.17, n 6. Campo Grande, 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/CpYNtBsHbBLS6q4K7D5gdjg/?lang=pt&format=pdf. Acesso em: 17.ago.2021.

CAPÍTULO 6

ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO E VULNERABILIDADE SOCIAL NO BIOMA CERRADO E SISTEMA COSTEIRO NO ESTADO DO MARANHÃO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 6.3 - Faixas de desenvolvimento do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) 230

Tabela 6.1 - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) das regiões do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro - 1991, 2000 e 2010 231

Tabela 6.2 - Evolução do IDH-M nas dimensões Renda, Longevidade e Educação das regiões do Bioma Cerrado e do Sistema Costeiro, do Maranhão e do Brasil nos anos 1991, 2000 e 2010 232

Figura 6.2 - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal no Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro no ano 2000 234

Figura 6.3 - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal no Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro no ano 2010 235

1 ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO (IDH)

O IDH-M foi criado em 2012, por meio da parceria entre o PNUD, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e a Fundação João Pinheiro, a partir da adaptação da metodologia do IDH Global para a realidade dos municípios brasileiros. As dimensões do IDH-M referem-se a três índices distintos: IDHM-L (longevidade), IDHM-E (educação) e IDHM-R (renda). E o seu cálculo é obtido por meio da média aritmética simples dos referidos parâmetros.

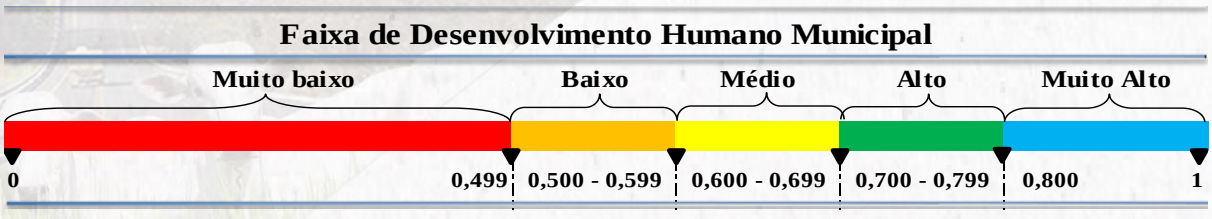
a. IDHM-L: *vida longa e saudável*, medida pela expectativa de vida ao nascer;
b. IDHM-E: *acesso ao conhecimento*, medido pela escolaridade da população adulta e pelo fluxo escolar da população jovem;
c. IDHM-R: *padrão de vida*, obtido através da renda municipal *per capita*[1].

$$IDHM = \frac{IDHME + IDHML + IDHMR}{3}$$

Os indicadores utilizados no cálculo do IDHM são oriundos dos Censos Demográficos, realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) decenalmente, sendo o último índice referente ao ano de 2010. Faz-se necessário apontar que tal índice é fundamental para apontar os níveis de criticidade social pelos quais passam os municípios, em que pese no contexto do ZEE-MA do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado.

Os valores do índice variam entre 0 (nenhum desenvolvimento humano) e 1 (desenvolvimento humano total), cujos resultados são classificados em diferentes faixas de desenvolvimento, conforme observado na Figura 6.4

Figura 6.4 - Faixas de desenvolvimento do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M)



Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013).

O IDHM será aqui analisado como um indicador para sintetizar as discussões feitas nos estudos presentes no Sumário Executivo do ZEE-MA do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro, que tratam de

[1] Para maiores detalhes ver: http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/idhm/.

indicadores com influência direta ou indireta nas três dimensões que compõem o índice: educação (indicadores de educação); saúde (indicadores de saúde, saneamento básico, déficit habitacional e segurança) e renda (pobreza e previdência).

A análise do IDHM do Bioma Cerrado e do Sistema Costeiro demonstra que o índice médio é menor que o do Estado, mas apresenta crescimento em ritmo superior (Tabela 6.1). Enquanto o Maranhão se encontra na faixa de médio DH (Desenvolvimento Humano), o Bioma Cerrado e o Sistema Costeiro encontram-se na faixa de baixo DH, revelando que os municípios deste território estão em uma situação de menor desenvolvimento e maior vulnerabilidade em relação aos demais municípios do Maranhão.

Tabela 6.1 - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) das regiões do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro - 1991, 2000 e 2010

Localidades	IDH-M			Var. Abs. 2010-2000	Ranking 2010	Rank. Var. 2010/2000
	1991	2000	2010			
Chapada das Mesas	0,250	0,419	0,620	0,201	1	5
Pré-Amazônia	0,260	0,393	0,570	0,177	9	16
Serras	0,237	0,356	0,560	0,205	13	1
Alpercatas	0,275	0,397	0,575	0,178	6	13
Alto Munim	0,272	0,377	0,559	0,182	14	12
Baixo Balsas	0,280	0,403	0,575	0,172	7	19
Baixo Itapecuru	0,277	0,389	0,564	0,175	12	17
Delta do Parnaíba	0,235	0,338	0,539	0,201	19	4
Flores	0,284	0,391	0,568	0,177	10	15
Médio Mearim	0,287	0,399	0,587	0,188	4	10
Médio Parnaíba	0,269	0,387	0,580	0,193	5	7
Sertão Maranhense	0,289	0,398	0,575	0,177	7	14
Tocantins	0,217	0,414	0,607	0,193	3	8
Cocais	0,255	0,361	0,565	0,204	11	2
Eixos Rodoferroviários	0,263	0,368	0,558	0,190	15	9
Gerais de Balsas	0,278	0,429	0,613	0,184	2	11
Guajajaras	0,204	0,340	0,513	0,173	20	18
Imigrantes	0,206	0,351	0,552	0,201	16	3
Lençóis Maranhenses	0,234	0,347	0,544	0,197	18	6
Timbiras	0,276	0,384	0,550	0,166	17	20
Bioma Cerrado e Sis. Costeiro	**0,257**	**0,382**	**0,569**	**0,187**	**-**	**-**
Maranhão	**0,357**	**0,476**	**0,639**	**0,163**	**-**	**-**
Brasil	**0,493**	**0,612**	**0,727**	**0,115**	**-**	**-**

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013).

Em todo o Estado, apenas quatro municípios (São Luís, Imperatriz, Paço do Lumiar e São José de Ribamar) estavam na faixa de alto IDH-M no ano de 2010 e, nenhum deles, pertence ao Bioma Cerrado e ao Sistema Costeiro. Nesses dois, a maioria das regiões possuem um baixo desenvolvimento

humano, apenas as regiões da Chapada das Mesas, do Tocantins e dos Gerais de Balsas encontravam-se, em 2010, na condição de médio desenvolvimento humano, enquanto as regiões Guajajaras, Delta do Parnaíba e Lençóis Maranhenses apresentaram os menores níveis de desenvolvimento.

Quando se analisa o IDH-M do Bioma Cerrado e do Sistema Costeiro desagregado por subíndices, observa-se que todas as dimensões evoluíram durante o período: Educação manteve-se na faixa de muito baixo DH entre 1991 e 2010; Renda aumentou de 0,388 (muito baixo DH) para 0,526 (baixo DH) e Longevidade avançou de 0,534 (baixo DH) para 0,746 (alto DH). (Tabela 6.2).

Tabela 6.2 - Evolução do IDH-M nas dimensões Renda, Longevidade e Educação das regiões do Bioma Cerrado e do Sistema Costeiro, do Maranhão e do Brasil nos anos 1991, 2000 e 2010

Localidades	IDHM- R			IDHM- L			IDHM- E		
	1991	2000	2010	1991	2000	2010	1991	2000	2010
Chapada das Mesas	0,424	0,495	0,591	0,607	0,657	0,766	0,072	0,231	0,528
Pré-Amazônia	0,391	0,452	0,536	0,494	0,603	0,727	0,099	0,225	0,475
Serras	0,407	0,465	0,497	0,580	0,640	0,774	0,065	0,153	0,458
Alpercatas	0,390	0,460	0,534	0,518	0,607	0,723	0,108	0,228	0,494
Alto Munim	0,370	0,419	0,486	0,539	0,621	0,747	0,105	0,208	0,482
Baixo Balsas	0,388	0,457	0,544	0,562	0,627	0,746	0,103	0,231	0,469
Baixo Itapecuru	0,348	0,401	0,481	0,526	0,643	0,771	0,117	0,233	0,486
Delta do Parnaíba	0,379	0,400	0,491	0,523	0,614	0,742	0,072	0,164	0,433
Flores	0,429	0,465	0,538	0,518	0,604	0,725	0,107	0,215	0,470
Médio Mearim	0,420	0,450	0,552	0,530	0,622	0,734	0,114	0,232	0,500
Médio Parnaíba	0,403	0,450	0,546	0,568	0,640	0,755	0,093	0,209	0,476
Sertão Maranhense	0,398	0,456	0,550	0,554	0,621	0,735	0,115	0,226	0,472
Tocantins	0,408	0,477	0,569	0,527	0,621	0,747	0,055	0,239	0,525
Cocais	0,390	0,441	0,525	0,508	0,615	0,748	0,086	0,175	0,460
Eixos Rodoferroviários	0,348	0,380	0,483	0,518	0,629	0,761	0,102	0,210	0,473
Gerais de Balsas	0,372	0,480	0,593	0,554	0,658	0,775	0,107	0,252	0,503
Guajajaras	0,349	0,453	0,482	0,536	0,629	0,752	0,053	0,145	0,377
Imigrantes	0,369	0,409	0,518	0,501	0,602	0,734	0,058	0,181	0,447
Lençóis Maranhenses	0,371	0,397	0,488	0,499	0,604	0,731	0,071	0,176	0,454
Timbiras	0,411	0,453	0,522	0,517	0,592	0,721	0,104	0,215	0,445
Bioma Cerrado e Sis. Costeiro	**0,388**	**0,443**	**0,526**	**0,534**	**0,622**	**0,746**	**0,090**	**0,207**	**0,471**
Maranhão	**0,478**	**0,531**	**0,612**	**0,551**	**0,649**	**0,757**	**0,173**	**0,312**	**0,562**
Brasil	**0,647**	**0,692**	**0,739**	**0,662**	**0,727**	**0,816**	**0,279**	**0,456**	**0,637**

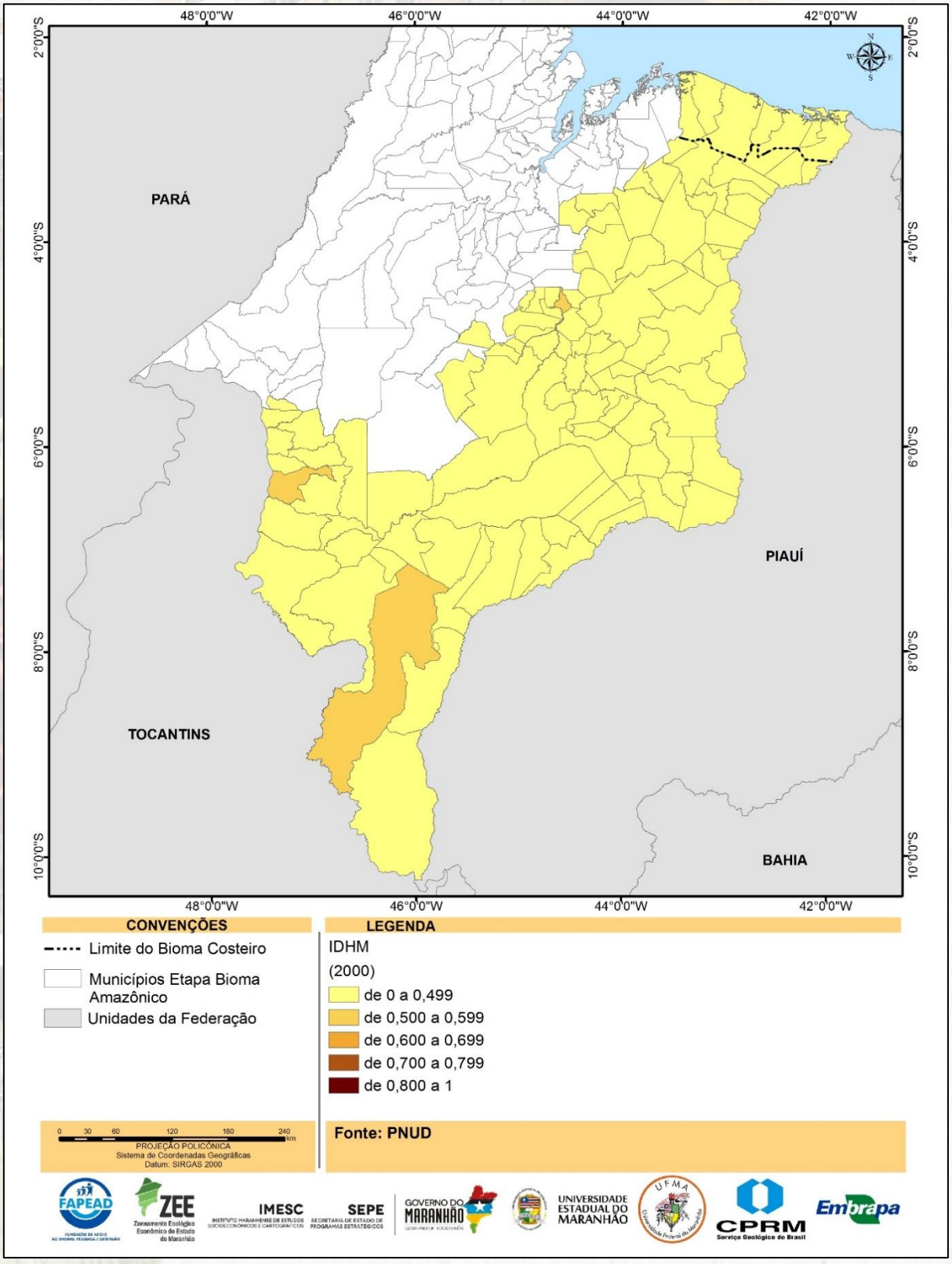
Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013).

A dimensão Educação apresentou o maior crescimento em termos absolutos (+0,264). Contudo, esse ganho não foi suficiente para a superação da faixa de muito baixo DH. Entre as dimensões, a Renda foi a que apresentou a menor variação absoluta entre 2000 e 2010, apenas +0,083 pontos. Com isso, os biomas estão na faixa de baixo DH, o que indica a existência de baixo nível de rendimento em razão da baixa produtividade do trabalho, que se traduz em privações de necessidades básicas de grande parte da população. Quanto à dimensão Longevidade, observou-se um ganho de +0,123 pontos e, em comparação com as demais, foi a que alcançou o melhor resultado, classificando o Bioma Cerrado e o

Sistema Costeiro na faixa de alto DH, o que indica melhora nas condições de vida, sobretudo, no que se refere ao acesso à saúde da população.

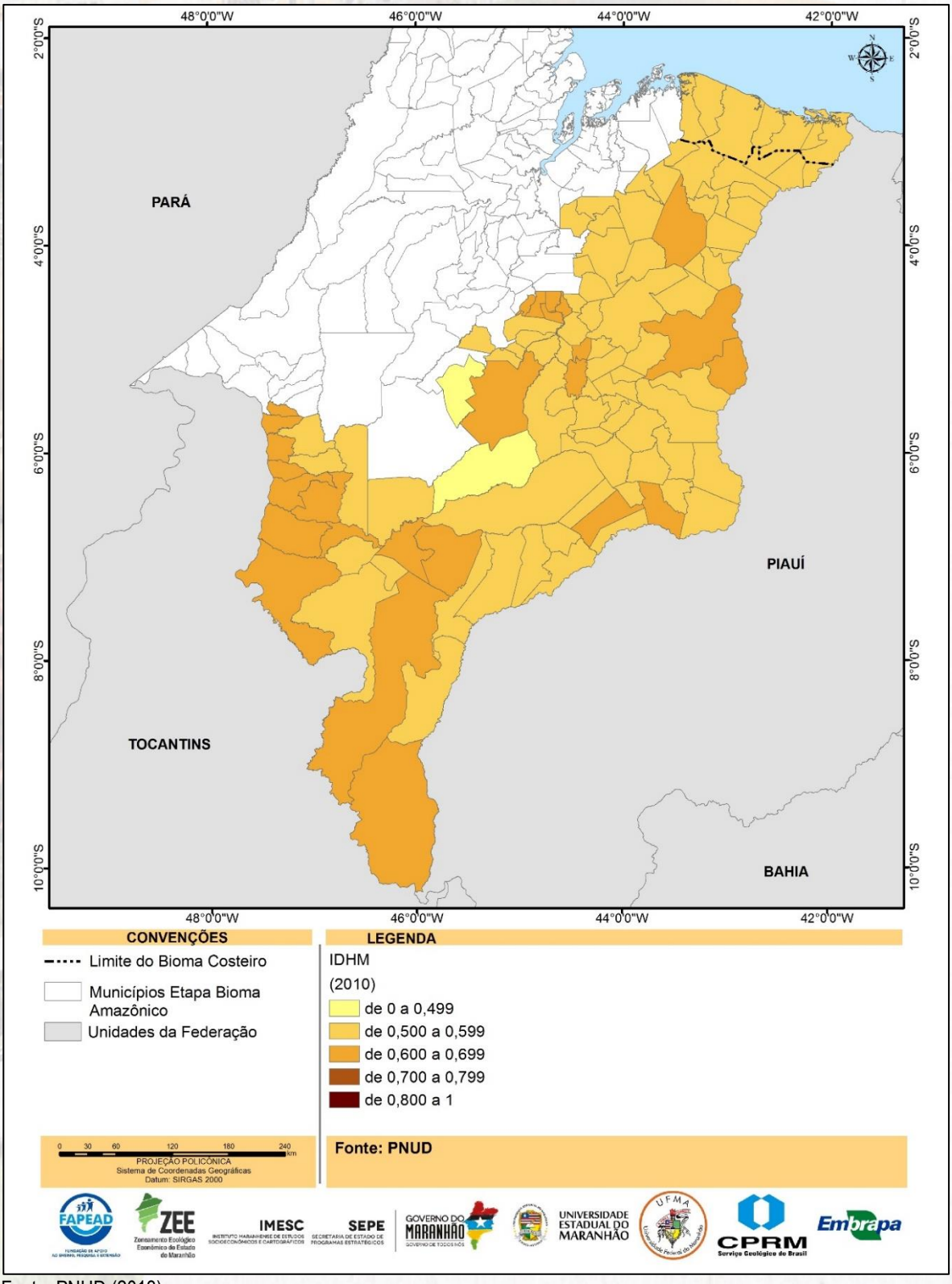
As três regiões com maiores IDHM, em 2010, também apresentaram as três maiores rendas e três melhores desempenhos na educação**.** Ao analisar as regiões de menor IDHM, identifica-se uma relação mais direta com o IDHM-Renda nas regiões Guajajaras e Delta do Parnaíba, a pesar de a Região dos Lençóis Maranhenses apresentar uma alta taxa de pobreza. Percebe-se, também, que os três menores IDH-M possuem os três menos IDHM-E. Por conseguinte, as **Figuras 6.2 e 6.3** mostram a distribuição do IDHM nas regiões do Bioma Cerrado e do Sistema Costeiro, nos anos de 2000 e 2010.

Figura 6.2 - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal no Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro – no ano 2000



Fonte: PNUD (2013).

Figura 6.3 - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal no Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro – no ano 2010.



Fonte: PNUD (2013).

Resultados obtidos da análise do mapa:

- As regiões que apresentaram as maiores taxas de crescimento no comparativo de 2000 e 2010, em termos absolutos, foram:
    - Região das Serras (+0,205), com destaque para o município Formosa da Serra Grande (+0,221);
    - Região dos Cocais (+0,204), com destaque para o município Alto Alegre do Maranhão (+0,223);
    - Região dos Imigrantes (+0,201), com destaque para Lago dos Rodrigues (+0,209);
    - Região do Delta do Parnaíba (+0,201), com destaque para Santana do Maranhão (+0,243).
- No ano de 2010, quatro regiões apresentaram os melhores resultados do IDHM e saíram da faixa de desenvolvimento muito baixo para médio desenvolvimento:
    - Região Chapada das Mesas (0,620), com destaque para Porto Franco (0,684);
    - Região Gerais de Balsas (0,613), com destaque para Balsas (0,687);
    - Região do Tocantins (0,607), com destaque para Governador Edison Lobão (0,629);
    - Região Médio Mearim (0,587), com destaque para Pedreiras (0,682).
- Em relação às regiões com os menores IDHM, em 2010, destacam-se:
    - Região Guajajaras (0,513), com destaque para Fernando Falcão (0,443);
    - Região Delta do Parnaíba (0,539), com destaque para Água Doce do Maranhão (0,500);
    - Região Lençóis Maranhenses, com destaque para Primeira Cruz (0,512);
    - Região Timbiras (0,550), com destaque para Aldeias Altas (0,513).

Reitera-se que o IDHM mais recente é referente ao ano de 2010 e que na década de 2010 houve significativo crescimento econômico do Bioma Cerrado e do Sistema Costeiro, em níveis superiores à média do Estado, o que resultou em ganho de participação desse território. Isso significa que o IDHM-R também teve ganhos nesse período.

A Região de Balsas (que já vinha apresentando crescimento no seu desenvolvimento humano) e a região da Chapada das Mesas apresentaram significativos ganhos econômicos na última década, devido ao crescimento da lavoura temporária e da indústria de transformação, o que deve impactar positivamente seus níveis de desenvolvimento.

A Região do Flores, que não figurava entres os maiores IDHMs em 2010, apesar de ter registrado um significativo crescimento econômico, não terá grandes ganhos de desenvolvimento humano, uma vez que a atividade de Geração de Energia Elétrica instalada na região não resultou em efeitos multiplicadores de grande magnitude nas economias locais.

A Região do Timbiras também apresentou crescimento econômico acima da média na última década, o que pode contribuir para a retira da região do ranking dos menores IDHMs do estado. Além disso, o Governo do Estado implementou um conjunto de programas nos 30 municípios de menor IDHM do estado, intitulado Plano Mais IDH, com a finalidade elevar o desenvolvimento dos mesmos, do qual fazem parte dois municípios dessa região (Aldeias Altas e São João do Soter).

Em relação à educação, até o ano de 2010, o nível de escolaridade e os demais indicadores educacionais do Bioma Cerrado e do Sistema Costeiro eram inferiores à média do Estado. Todavia, no decorrer da década de 2010, houve uma convergência dos indicadores educacionais em direção à média do Estado, na segunda metade da década, embora ainda se mantenham ligeiramente inferiores. Essa evolução também pode ser traduzida em ganhos de desenvolvimento humano para o Bioma Cerrado e Sistema Costeiro do Maranhão.

Na saúde, os indicadores de mortalidade (geral e infantil) do Bioma Cerrado e do Sistema Costeiro também apresentaram uma convergência em direção à media estadual, a partir da segunda metade da década de 2010, o que sinaliza uma possível melhoria nessa dimensão do IDHM no território em análise.

REFERÊNCIA

PNUD. **Programa das Nações** Unidas para o desenvolvimento. Atlas do Desenvolvimento Humano. Disponível em: http://www.atlasbrasil.org.br/ . Acesso em: 05 mar. 2021.

CAPÍTULO 7

ZONIFICAÇÃO: PROPOSTA PARA O BIOMA CERRADO E SISTEMA COSTEIRO

SUMÁRIO

1 A BASE LEGAL 241

2 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS 244

3 A PROPOSTA DE ZONIFICAÇÃO DO BIOMA CERRADO E SISTEMA COSTEIRO NO MARANHÃO 244

4 CONSIDERAÇÕES ACERCA DA ZONIFICAÇÃO E SEUS DESDOBRAMENTOS NECESSÁRIOS 267

REFERÊNCIAS 274

APÊNDICE 276

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 7.1 - Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão 243

Figura 7.2 - Mapa de Zonificação do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão 247

Tabela 7.1 - Zonificação do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Maranhão por área em km² 248

LISTA DE QUADROS

Quadro 7.1 - Zona 01 – Delta das Américas, com características e usos atuais, usos permitidos e metas 249

Quadro 7.2 - Zona 02 – Rota das Emoções, com características e usos atuais, usos permitidos e metas 250

Quadro 7.3 - Zona 03 – Baixo do Itapecuru, com características e usos atuais, usos permitidos e metas 251

Quadro 7.4 - Zona 04 – Baixo Parnaíba Maranhense, com características e usos atuais, usos permitidos e metas 252

Quadro 7.5 - Zona 05 – Médio Mearim, com características e usos atuais, usos permitidos e metas 253

Quadro 7.6 - Zona 06 – Cocais, com características e usos atuais, usos permitidos e metas 254

Quadro 7.7 - Zona 07 – Centro Maranhense, com características e usos atuais, usos permitidos e metas 255

Quadro 7.8 - Zona 08 – Alto Itapecuru, com características e usos atuais, usos permitidos e metas 256

Quadro 7.9 - Zona 09 – Sertão Maranhense, com características e usos atuais, usos permitidos e metas

Quadro 7.10 - Zona 10 – Sudoeste Maranhense, com características e usos atuais, usos permitidos e metas 258

Quadro 7.11 - Zona 11 – Gerais de Balsas, com características e usos atuais, usos permitidos e metas 259

Quadro 7.12 - Zona 12 A – Lençóis Maranhenses, com características e usos atuais, usos permitidos e metas 260

Quadro 7.13 - Zona 12 B – Krikati, com características e usos atuais, usos permitidos e metas 261

Quadro 7.14 - Zona 12 C – Corredor Kanela - Guajajara, com características e usos atuais, usos permitidos e metas 262

Quadro 7.15 - Zona 12 D – Corredor Kanela-Krenyê, com características e usos atuais, usos permitidos e metas

Quadro 7.16 - Zona 12 E – Chapadas das Mesas, com características e usos atuais, usos permitidos e metas 264

Quadro 7.17 - Zona 12 F Mirador – Lençóis Maranhenses, com características e usos atuais, usos permitidos e metas 265

Quadro 7.18 - Zona 12 G – Alto Parnaíba, com características e usos atuais, usos permitidos e metas 266

1 A BASE LEGAL

O Zoneamento Ecológico e Econômico (ZEE), enquanto instrumento encontra-se amparado na Política Nacional do Meio Ambiente, instituída nos artigos 21, inciso IX, 170, inciso VI, 186, inciso II, e 225 da Constituição Federal de 1988; antes, contudo, assentava-se na Lei Federal n.º 6.938/1981. A regulamentação foi efetivada por meio do Decreto Federal n.º 4.297/2002, que dispõe sobre os critérios mínimos para sua elaboração. Nesse diploma legal, também é enfatizado que o ZEE tem por objetivo geral organizar, de forma vinculada, as decisões dos agentes públicos e privados sobre planos, programas, projetos e atividades que, direta ou indiretamente, utilizem recursos naturais, assegurando a plena manutenção do capital e dos serviços ambientais dos ecossistemas.

A referida base legal é enriquecida com outros dispositivos, a saber:

a) Marcos Regulatórios Federais: Lei n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981; Lei n.º 7.661, de 16 de maio de 1988; Decreto s/n.º de 28 de dezembro de 2001; Decreto n.º 4.297, de 10 de julho de 2002; Decreto n.º 5.300, de 7 de dezembro de 2004; Lei Complementar n.º 140, de 8 de dezembro de 2011; Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012; Lei n.º 12.727, de 17 de outubro de 2012;

b) Marcos Regulatórios Estaduais: Decreto Estadual n.º 20.189, de 3 de dezembro de 2003 – Zoneamento Costeiro; Decreto Estadual n.º 29.359, de 11 de setembro de 2013; Lei Estadual n.º 10.316, de 17 de setembro de 2015 – MACROZEE; Decreto Estadual n.º 35.177, de 12 de setembro de 2019, que regulamenta o art. 20, inciso II, da Lei Estadual n.º 5.405, de 8 de abril de 1992, e disciplina as atividades e governança do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão (ZEE-MA).

No Estado do Maranhão, o ZEE tem sido levado a cabo em duas etapas, sendo que a primeira se ateve ao Bioma Amazônico (IMESC, 2019 e 2019a), enquanto a segunda aborda o Bioma Cerrado e Sistema Costeiro (Figura 7.1).

Convém ressaltar que o termo Bioma Cerrado e Sistema Costeiro, aplicado ao Estado do Maranhão, deriva de revisões e atualizações metodológicas no Mapa de Biomas elaborado pelo IBGE, mais precisamente as que culminaram na “Representação de Biomas Compatível com a Escala 1:250.000” (IBGE, 2019), que é a utilizada pelo ZEE.

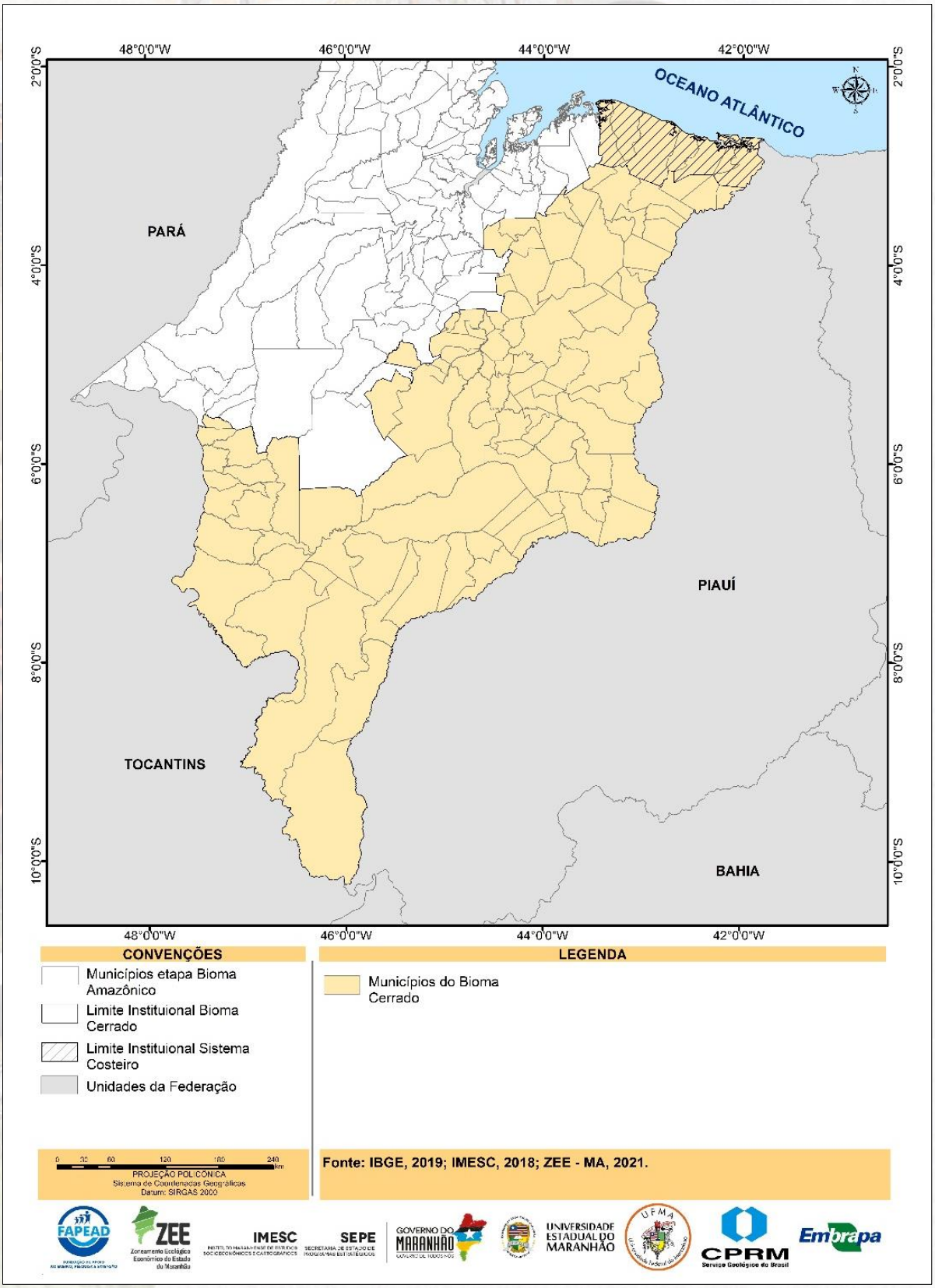
No Estado do Maranhão, portanto, o Bioma Cerrado

> [...] ocupa uma área aproximada de 181.000 km2, o que, di per si, configura um conjunto de paisagens e de ecossistemas transicionais entre a Amazônia, as Caatingas e a Zona Costeira (considerando os compartimentos naturais heterogêneos que caracterizam o Norte do Maranhão), os Cerrados maranhenses apresentam-se como um macroespaço favorável em recursos naturais para a ocorrência de corredores ecológicos (BATISTELLA et. al., 2014). A influência socioprodutiva desse espaço regional tem articulado diversos territórios no contexto da área produtiva denominada MATOPIBA (macroespaço que envolve os Cerrados do Maranhão, do Tocantins, do Piauí e no Noroeste da Bahia, sendo a maior fronteira produtiva agrícola em expansão em território nacional). (IMESC, 2021, p. 8).

Por seu turno, o Sistema Costeiro que ocorre ao Nordeste do Estado do Maranhão corresponde a

> [...] pouco mais de 10.000 km2 e detém paisagens únicas em âmbito global, como é o caso dos Lençóis Maranhenses e do Delta do Parnaíba. Com grande variedade de ecossistemas e de usos socioprodutivos do território maranhense inserido no Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro, passou-se a ser considerado estratégico o desenvolvimento de seu Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) por parte do Governo Estadual [...]. A Oeste, ele se torna ecotonal com o Bioma Amazônico. Já a Leste, ele transiciona em direção ao Bioma da Caatinga, no Piauí (IMESC, 2021, p. 11).

Figura 7.1 - Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão



Fonte: ZEE-MA (2021).

2 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS

A zonificação obtida para o Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão, resultou do encadeamento dos seguintes pressupostos metodológicos:

a) reconhecimento dos indicativos individuais dos Diagnósticos Temáticos do ZEE do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão (IMESC, 2021 e 2021a), com posterior análise integrada (cartográfica e argumentativa), enfatizando a ocorrência das zonas de pressão de uso definidas, bem como a legislação ambiental em vigor e a materialização das sugestões indicadas;

b) elaboração de cartografia de síntese de suscetibilidades do recorte territorial do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão, ressaltando a perda de cobertura vegetal, hipsometria, altimetria, geologia e sísmica natural;

c) definição do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), com a perspectiva de demonstração espacial, de forma integrada, dos principais problemas socioeconômicos que ocorrem no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão;

d) estabelecimento de matrizes de planejamento do tipo SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*, cuja sigla em português é FOFA, equivalente a Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças. As matrizes estão presentes no **Apêndice 1**, por zonas). Esse método de trabalho foi considerado satisfatório (MARCIAL; GRUMBACH, 2007), pois agrega valor qualitativo ao território, por zona de pressão de uso estabelecida, o que, por conseguinte, configurou um reconhecimento integrador de cada célula espacial definida no processo de zonificação e que igualmente foi útil para a configuração dos Cenários Prospectivos do Zoneamento Ecológico-Econômico do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão;

e) indicação de usos atuais e usos futuros permitidos para cada uma das zonas definidas para o Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão, com metas estabelecidas em função do contexto e legislação em vigor.

3 A PROPOSTA DE ZONIFICAÇÃO DO BIOMA CERRADO E SISTEMA COSTEIRO NO MARANHÃO

A apreensão do dinamismo da ocupação e uso atual do solo em determinado território concorrem para a indicação de cenários, tendências e pressupõe a compartimentação em zonas no

intuito de estabelecer diretrizes e metas, nesse caso, Sánchez (2009) ressalta a Zonificação Agroecológica e a Zonificação Econômico-Ecológica como marcos teóricos que subsidiam a "la formulación de leys estaduales que reunieron normativas de ocupación, uso, manejo y conservación de los recursos naturales del território" (SÁNCHEZ, 2009, p. 72).

A partir da exitosa experiência da zonificação do Bioma Amazônico no Maranhão (IMESC, 2019a), decidiu-se levar a efeito a indicação de zonas de pressão de uso no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro, isto é, a definição cartográfica das áreas homogêneas de ações humanas sobre o complexo territorial natural, conforme três aspectos:

a) facilitar o reconhecimento das unidades territoriais homogêneas para classificação dos elementos e conteúdo que ocorrem no recorte espacial priorizado, isto é, o Bioma Cerrado e Sistema Costeiro (Figura 01);

b) propor, de forma integrada, a representação cartográfica dos problemas dos meios físico-biótico e socioeconômico regionais na atualidade, visando à indicação de possíveis usos futuros;

c) fornecer dados e informações para a definição e efetivação de políticas públicas integradas, que almejem a mitigação de conflitos socioeconômicos e produtivos e a reversão dos danos ambientais.

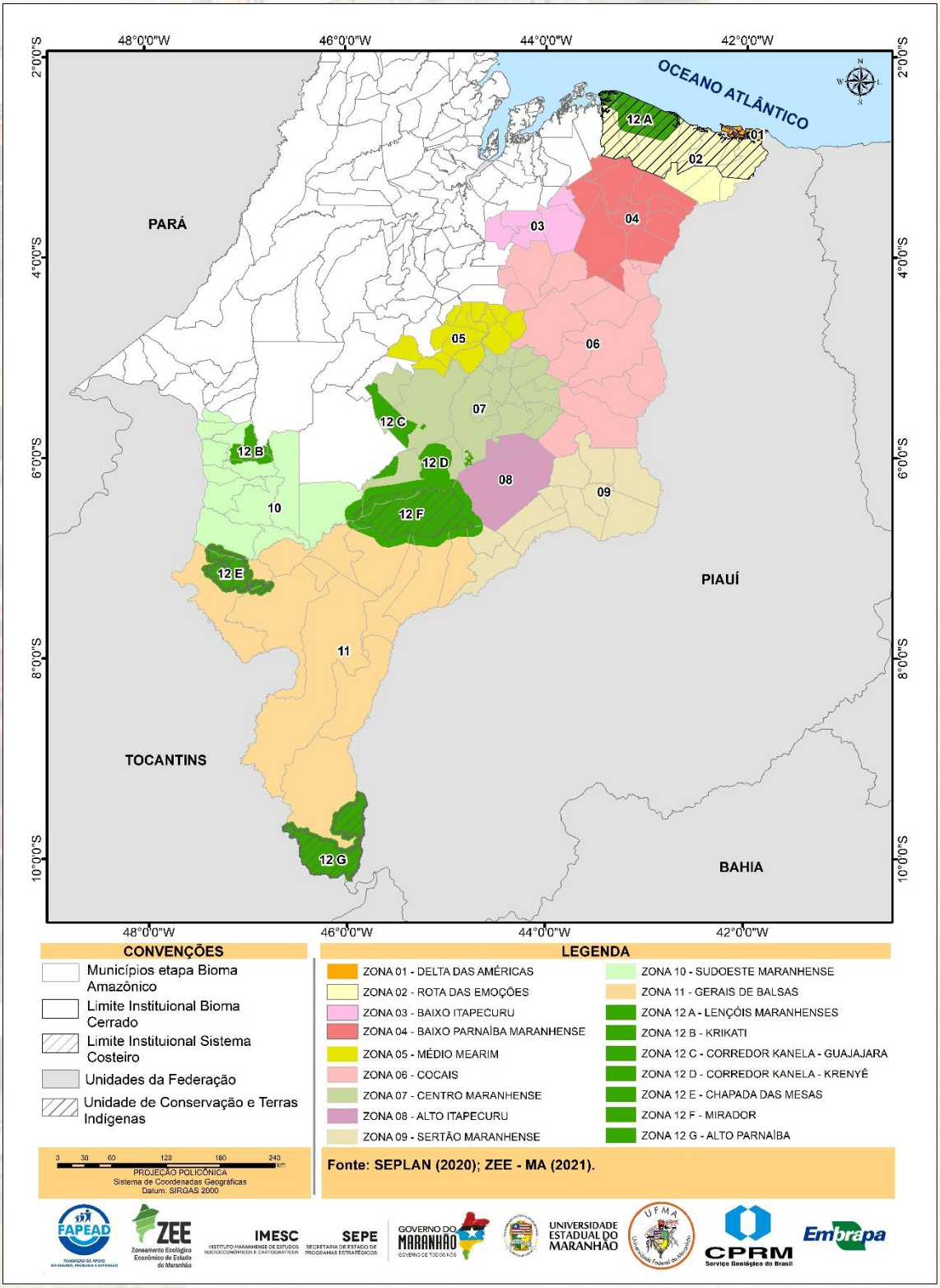
Ante a complexidade do território maranhense (FERREIRA, 2008; FERREIRA; SANTOS, 2015; MARQUES, 2016), o Governo dessa unidade da Federação, por intermédio do Programa ZEE, na escala 1:250.000, apresenta à sociedade a zonificação do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão. O referido documento oficial, além de categorizar em células geoecológicas e geoeconômicas homogêneas à esse recorte territorial, procede também à classificação dos tipos de usos atuais e futuros, bem como indica as metas a serem alcançadas, como diretrizes de inteligência territorial a serem abarcadas pelos entes governamentais em suas mais diversas e integradas esferas de planejamento e formatação de políticas públicas para a execução na próxima década (2020-2030).

As condições de manutenção e atração de investimentos econômicos, consolidação de novos arranjos produtivos locais (APLS) que sejam social e culturalmente viáveis, a proteção ambiental e a recuperação dos ecossistemas e de seus serviços essenciais foram consideradas itens balizadores do processo de formatação metodológica e técnica na definição das 18 zonas em que o Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão se enquadra (Figura 7.2, Tabela 7.1 e Quadros 7.1 a 7.18). Convém destacar que as atividades do ZEE do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão, obedeceram aos seguintes princípios especiais na configuração das 18 zonas:

a) visão sistêmica, que propiciou a análise das relações de interdependência entre os meios físico-biótico, socioeconômico e jurídico-institucional;
b) abordagem interdisciplinar e transdisciplinar em favor da presente e futuras gerações;

c) participação técnica de pesquisadores envolvidos com o processo de Diagnose, Prognose e Cenarização do ZEE do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão;
d) valorização do conhecimento científico multidisciplinar, por gerar capacidade técnica local para o planejamento, o ordenamento e a gestão do território estadual;
e) proposição de soluções de desenvolvimento que almejem à melhoria da qualidade de vida das populações, com geração de emprego e renda, o fortalecimento das atividades produtivas, o respeito ao meio ambiente, a redução dos riscos de perda do patrimônio natural e cultural;
f) fomento à manutenção e recuperação dos serviços ecossistêmicos do ZEE do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão.

Figura 7.2 - Mapa de Zonificação do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão



Fonte: ZEE-MA (2021).

Tabela 7.1 - Zonificação do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Maranhão por área em km²

Nº	NOME DA ZONA	ÁREA (KM²)
1	ZONA 01 - DELTA DAS AMÉRICAS	403,97
2	ZONA 02 - ROTA DAS EMOÇÕES	9.862,73
3	ZONA 03 - BAIXO ITAPECURU	4.783,45
4	ZONA 04 - BAIXO PARNAÍBA MARANHENSE	12.602,95
5	ZONA 05 - MÉDIO MEARIM	6.583,62
6	ZONA 06 - COCAIS	27.881,36
7	ZONA 07 - CENTRO MARANHENSE	18.098,04
8	ZONA 08 - ALTO ITAPECURU	7.095,92
9	ZONA 09 - SERTÃO MARANHENSE	15.421,71
10	ZONA 10 - SUDOESTE MARANHENSE	16.992,57
11	ZONA 11 - GERAIS DE BALSAS	49.208,53
12	ZONA 12 A - LENÇÓIS MARANHENSES	2.609,46
13	ZONA 12 B - KRIKATI	1.159,70
14	ZONA 12 C - CORREDOR KANELA - GUAJAJARA	1.705,85
15	ZONA 12 D - CORREDOR KANELA - KRENYÊ	1.335,06
16	ZONA 12 E - CHAPADA DAS MESAS	2.555,77
17	ZONA 12 F - MIRADOR	8.602,93
18	ZONA 12 G - ALTO PARNAÍBA	4.325,76
	TOTAL (Km2)	**191.229,38**

Quadro 7.1 - Zona 01 – Delta das Américas, com características e usos atuais, usos permitidos e metas

	CARACTERÍSTICAS E USOS ATUAIS	USOS PERMITIDOS	METAS
Zona 01 – Delta das Américas	I – Mangues arbóreos de diferentes espécies de mangues, matas ciliares, água doce e água salgada, praias, dunas, restingas, caatingas litorâneas, povoados ribeirinhos e carnaubais, além de arquipélago com mais de 80 ilhas e por cinco baías (Tutóia, Melancieira, Caju, e das Canárias, no território maranhense) enquanto a baía de Igarassu pertence ao Piauí; II - Presença de quatro (70% da área total) das cinco fozes do Rio Parnaíba no território maranhense, constituindo-se no único delta no continente americano em mar aberto; III – Presença de Unidades de Conservação (APA do Delta do Parnaíba e Resex Marinha do Delta do Parnaíba e RPPN Ilha do Caju); IV – Integra o Polo Turístico Delta das Américas.	I – Atividade turística: ecoturismo e turismo cultural; II – Desenvolvimento de atividade técnico-científica que não altere os ecossistemas da zona.	I – Efetivar a regularização fundiária; II – Implementar ações visando à gestão de conflitos; III – Monitorar o avanço da ocupação na direção dessa zona; IV – Otimizar a política de turismo; V – Atualizar e/ou efetivar Plano de Manejo das UCs.

Quadro 7.2 - Zona 02 – Rota das Emoções, com características e usos atuais, usos permitidos e metas

	CARACTERÍSTICAS E USOS ATUAIS	USOS PERMITIDOS	METAS
Zona 02 – Rota das Emoções	I – Apresenta características típicas de regiões litorâneas na porção Norte enquanto no continente o uso é misto; II – Abundância na biodiversidade dos ecossistemas de manguezais, marinhos e costeiros; III – Sistemas ecológicos costeiros e continentais com significativo grau de perturbação, associados a atividades econômicas e a ocupação antrópica em áreas de preservação; IV – Presença de Parque Eólico; V – Existência de atividade pecuária extensiva e agricultura com cultivo de mandioca, entre outras atividades voltadas à produção rural familiar; VI – Potencial de geração de energia eólica e turismo; VII – Forte presença de atividade pesqueira; IX – Ocorrência de atividades econômicas de extrativismo animal (peixes, caranguejo, camarão, sururu, dentre outros) e vegetal; X – Concentração de projetos de assentamento; XI – Presença de Sítios históricos.	I – Agricultura com manejo controlado do solo; II – Atividade pesqueira, sem utilização de arrastos motorizados; III – Extrativismo vegetal em áreas que não estão em áreas de proteção integral; IV – Extrativismo animal respeitando o tempo de reprodução e a lista de animais em extinção; V – Atividade Pecuária com diminuição progressiva do uso extensivo; VI – Desenvolvimento de atividade técnico-científica que prime pela mínima intervenção nos ecossistemas da região; VII - Atividade turística: ecoturismo, turismo rural, histórico e cultural.	I – Monitorar os usos permitidos em áreas de preservação permanentes, de acordo com a Lei n.º 12. 651/2012, e uso sustentável em áreas de conservação, de acordo com a Lei n.º 9.985/2000; II – Manter o equilíbrio ambiental no desenvolvimento de atividades econômicas em áreas de manguezais que envolvam a pesca e extrativismo animal; III – Manter a biodiversidade ecossistêmica em áreas de manguezais; IV – Primar pelo manejo e uso adequado do solo em áreas de pecuária e agricultura; V – Efetivar política de turismo; V – Atualizar instrumentos de ordenamento territorial.

Quadro 7.3 - Zona 03 – Baixo do Itapecuru, com características e usos atuais, usos permitidos e metas

	CARACTERÍSTICAS E USOS ATUAIS	USOS PERMITIDOS	METAS
Zona 03 – Baixo Itapecuru	I – Predominância ambiental das bacias hidrográficas dos vales dos rios Itapecuru e Munim; II – Acentuada presença de projetos de assentamento e comunidades quilombolas; III – Presença da atividade pecuária semiextensiva voltada para o corte (bovinos), agricultura familiar e rizicultura irrigada; IV – Extrativismo vegetal, sobretudo do babaçu; V – Integra o Polo Turístico Munim; VI – Unidades paisagísticas e ecológicas com intenso processo de modificação e desequilíbrio ambiental, associados a atividades econômicas de pecuária e antrópicas presentes nessa região.	I – Atividade pecuária com diminuição progressiva do uso extensivo; II – Atividade agrícola com manejo adequado do solo; III – Extrativismo vegetal com o devido controle dos recursos florestais de maneira a não afetar o ecossistema associado; V – Desenvolvimento de atividade técnico-científica, que não altere os ecossistemas da região; VI - Atividade turística: ecoturismo, turismo rural e cultural.	I – Controlar o uso excessivo do solo em função de atividades econômicas, tais como a pecuária e agricultura itinerante; II – Monitorar os recursos vegetais em áreas com grande atividade de extrativismo vegetal; III – Regulamentar e fiscalizar os usos permitidos em áreas de preservação permanentes, de acordo com a Lei nº 12.651/2012; IV – Recuperar áreas degradadas pelas atividades antrópicas, com cobertura vegetal nativa e seu ecossistema integrado; V – Desenvolver cadeias produtivas sustentáveis, que ratifiquem o uso controlado dos recursos naturais; VI – Implementação de políticas de inclusão social; VII – Efetivação de política de turismo; VIII – Atualização de instrumentos de ordenamento territorial.

Quadro 7.4 - Zona 04 – Baixo Parnaíba Maranhense, com características e usos atuais, usos permitidos e metas

	CARACTERÍSTICAS E USOS ATUAIS	USOS PERMITIDOS	METAS
Zona 04 – Baixo Parnaíba Maranhense	I – Ocupa parte dos vales das bacias hidrográficas do Alto Munim e principalmente do Baixo Parnaíba Maranhense; II – Agricultura familiar é assentada nos cultivos de mandioca e arroz; III – Presença e expansão das *commodities* agrícolas, sobretudo da soja; IV – Extrativismo vegetal, predominantemente no Vale do Munim por intermédio de andiroba e na coleta da folha do jaborandi, bem como da maniçobeira; V – Pecuária bovina e suína é expressiva; VI – Pesca fluviolacustre é acentuada; VII - Alteração na cobertura vegetal nativa e degradação de ambientes naturais pelo intensificado uso da pecuária, agricultura e exploração dos recursos naturais; VIII – Presença de comunidades quilombolas, projetos de assentamento e unidades de conservação; IX – Integra o Polo Turístico Munim.	I – Extrativismo vegetal em áreas que não estão em áreas de proteção integral; II – Extrativismo animal respeitando o tempo de reprodução e a lista de animais em extinção; III – Agricultura com manejo controlado do solo; IV – Atividade turística: ecoturismo, turismo rural e cultural; V – Ocupação humana em áreas que não estão dispostas nas Leis de nº 12.651/2012 e nº 9.985/2000.	I – Controlar e fiscalizar a atividade pesqueira na época de reprodução (Piracema); II – Monitorar a expansão das *commodities* agrícolas; III – Implementar políticas de inclusão social; IV – Efetivar política de turismo; V – Efetivar instrumentos de ordenamento territorial.

Quadro 7.5 - Zona 05 – Médio Mearim, com características e usos atuais, usos permitidos e metas

	CARACTERÍSTICAS E USOS ATUAIS	USOS PERMITIDOS	METAS
Zona 05 – Médio Mearim	I – Agricultura assentada no cultivo de arroz; II – Exploração de gás natural; III – Presença de projetos de assentamento; IV – Região com fragilidade de equipamentos coletivos (escola técnica, universidade, instituição financeira, hospital de complexidade); V – Extrativismo Vegetal com ênfase na coleta de babaçu.	I – Extrativismo vegetal em áreas que não estão em áreas de proteção integral; II – Agricultura com manejo controlado do solo; III – Atividade turística: ecoturismo, turismo rural e cultural; IV – Ocupação humana em áreas que não estão dispostas nas Leis de nº 12.651/2012 e nº 9.985/2000.	I – Implantar políticas de inclusão social; II - Proteger e revitalizar a barragem do Rio Flores; III - Elaborar e executar projetos para dinamizar a agricultura familiar; IV - Implantar equipamentos coletivos de saúde e educação; V – Instalar projetos de turismo; VI – Efetivar instrumento de ordenamento territorial.

Quadro 7.6 - Zona 06 – Cocais, com características e usos atuais, usos permitidos e metas

	CARACTERÍSTICAS E USOS ATUAIS	USOS PERMITIDOS	METAS
Zona 06 – Cocais	I – Apresenta áreas de vegetação em estágio sucessional, constituída principalmente de babaçuais, inseridos na Bacia do rio Itapecuru; II – Perturbações dos ecossistemas e da cobertura vegetal decorrentes da pecuária extensiva (bovino), roça no toco baseada no cultivo de arroz, assim como da cana-de-açúcar; III – Degradação dos solos e recursos hídricos devido à pecuária extensiva presente nessa zona; IV – Extrativismo vegetal é acentuado e tem ênfase na coleta do babaçu; V – Presença de terreiros de candomblé potencializam o turismo religioso e cultural; VI – Presença de comunidades quilombolas e projetos de assentamento; VII – Integra o Polo Turístico Cocais; VIII – Crescimento horizontal de cidades.	I – Extrativismo vegetal em áreas que não estão em áreas de proteção integral; II – Agricultura com manejo controlado do solo; III – Práticas de atividade pecuária com diminuição progressiva do uso extensivo com menor impacto em áreas de corpos d'água; IV – Empreendimentos industriais para beneficiamento da cadeia produtiva do arroz; V - Atividade turística: ecoturismo, turismo rural, histórico e cultural.	I – Implementar políticas de inclusão social dos afrodescendentes; II – Controle e monitoramento do uso dos recursos florestais, principalmente da mata dos cocais; III – Recuperar a bacia do Itapecuru; IV – Otimizar a cadeia produtiva do babaçu; V – Efetivar política de turismo; VI – Implementar instrumento de ordenamento territorial.

Quadro 7.7 - Zona 07 – Centro Maranhense, com características e usos atuais, usos permitidos e metas

	CARACTERÍSTICAS E USOS ATUAIS	USOS PERMITIDOS	METAS
Zona 07 - Centro Maranhense	I - Extrativismo vegetal baseado na coleta de babaçu; II – Forte presença de projetos de assentamento; III – Pecuária extensiva, sobretudo do gado bovino; IV – Agricultura familiar baseada no cultivo de mandioca e roça no toco; V – A agricultura de lavouras temporárias constitui maior atividade econômica da região; VI – Polo Turístico Serras, Guajajaras, Timbiras e Kanela.	I – Atividade agrícola com manejo adequado do solo; II – Práticas de atividade pecuária com diminuição progressiva do uso extensivo com menor impacto em áreas de campos alagados; III – Extrativismo vegetal em áreas que não estão em áreas de proteção integral; IV – Extrativismo animal respeitando o tempo de reprodução e a lista de animais em extinção; V – Atividade Turística: ecoturismo, turismo rural e cultural.	I – Proteger as áreas de babaçuais; II - Elaborar e executar projetos para dinamizar a agricultura familiar; III - Implantar projetos para desenvolver o turismo; IV - Dinamizar a agricultura com base na aptidão dos solos; V – Apoiar a diversificação da agroindústria do coco babaçu; VI – Efetivar instrumento de ordenamento territorial.

Quadro 7.8 - Zona 08 – Alto Itapecuru, com características e usos atuais, usos permitidos e metas

	CARACTERÍSTICAS E USOS ATUAIS	USOS PERMITIDOS	METAS
Zona 08 – Alto Itapecuru	I – Presença de projetos de assentamento e *commodities* agrícolas, sobretudo da soja; II – Agricultura familiar com base na roça do toco; III – Extrativismo vegetal.	I – Extrativismo vegetal em áreas que não estão em áreas de proteção integral; II – Extrativismo animal respeitando o tempo de reprodução e a lista de animais em extinção; III – Agricultura com manejo controlado do solo; V – Atividade turística: ecoturismo, turismo rural e cultural.	I – Elaborar inventário turístico; II – Implantar programas para desenvolver o turismo; III - Controlar a poluição e desassorear rios; IV – Conservar a cobertura vegetal remanescente; V – Efetivar instrumento de ordenamento territorial.

Quadro 7.9 - Zona 09 – Sertão Maranhense, com características e usos atuais, usos permitidos e metas

	CARACTERÍSTICAS E USOS ATUAIS	USOS PERMITIDOS	METAS
Zona 09 – Sertão Maranhense	I – Região sofreu forte influência da pecuária e do Rio Parnaíba; II – Expansão das commodities agrícolas, cuja referência é a soja; III – Pesca é potencializada pelo rio Parnaíba e, sobretudo, pela Represa de Boa Esperança; IV – Presença de projetos de assentamento; V – A atividade turística é incipiente, apesar do potencial natural, histórico e cultural; VI – Práticas agrícolas, em sua maioria itinerante (roça no toco) destinadas â lavoura temporária.	I – Atividade pesqueira, sem utilização de arrastos motorizados; II – Extrativismo vegetal em áreas que não estão em áreas de proteção integral; III – Extrativismo animal respeitando o tempo de reprodução e a lista de animais em extinção; IV – Agricultura com manejo controlado do solo; V – Atividade turística: ecoturismo, turismo rural, histórico e cultural.	I – Monitorar e controlar a ocupação nas margens dos rios e represa; II – Efetivar política de turismo a fim de diversificar e otimizar o potencial; III – Apoiar e incentivar ações voltadas para a piscicultura; IV - Proteger a fauna e a flora do cerrado, a vegetação ciliar, as nascentes e os leitos dos rios; V – Efetivar instrumento de ordenamento territorial.

Quadro 7.10 - Zona 10 – Sudoeste Maranhense, com características e usos atuais, usos permitidos e metas

	CARACTERÍSTICAS E USOS ATUAIS	USOS PERMITIDOS	METAS
Zona 10 – Sudoeste Maranhense	I – Influência do médio vale do Rio Tocantins; II – Presença de projetos de assentamento e sítios históricos; III – Presença de Distrito Industrial; IV – Possui significativas áreas de silvicultura e sistemas produtivos voltados para o segmento agroflorestal; V – Perda da biodiversidade do bioma, em virtude da ocupação humana e transformações causadas pelas atividades agropecuárias e outros usos antrópicos.	I – Agricultura com manejo controlado do solo; II – Plantio de Silvicultura, desde que não esteja em áreas próximas de cursos d'água superficiais; III – Extrativismo vegetal em áreas que não estão em áreas de proteção integral; IV – Extrativismo animal respeitando o tempo de reprodução e a lista de animais em extinção; V – Práticas de atividade pecuária com diminuição progressiva do uso extensivo com menor impacto em áreas de corpos d'água; VI - Atividade turística: ecoturismo, turismo rural, histórico e cultural.	I – Desenvolver a agricultura familiar; II – Efetivar política de turismo; III – Proteger a vegetação ciliar, os cerrados e a fauna da região; IV – Implementar políticas de inclusão social; V – Implantar instrumento de ordenamento territorial; VI – Controle e fiscalização dos sistemas naturais remanescentes; VI – Uso e manejo adequado do solo, sobretudo em áreas de pastagens e adensamento populacional.

Quadro 7.11 - Zona 11 – Gerais de Balsas, com características e usos atuais, usos permitidos e metas

	CARACTERÍSTICAS E USOS ATUAIS	USOS PERMITIDOS	METAS
Zona 11 – Gerais de Balsas	I – Chapadas revestidas de campos cerrados e ocupação rarefeita; II – Presença de projetos de assentamento; III – Forte ocupação e uso vinculados às *commodities* agrícolas de soja, sorgo e milho; IV – A pecuária constitui-se uma atividade complementar, praticada em caráter extensivo, com a criação de gado bovino e caprino; V – Distrito industrial; VI – Presença de sítios históricos.	I – Atividade Industrial com adequação à legislação ambiental de cada segmento econômico a ser desenvolvido; II – Atividade pecuária com diminuição progressiva do uso extensivo; III – Plantio de silvicultura, desde que não se localize próximo de cursos d'água superficiais; IV – Agricultura com manejo controlado do solo; V – Extrativismo animal respeitando o tempo de reprodução e a lista de animais em extinção; VI – Extrativismo vegetal em áreas que não estão em áreas de proteção integral; VII – Atividade turística: ecoturismo, turismo rural, histórico e cultural.	I – Buscar meios alternativos para o desenvolvimento econômico ecologicamente sustentável para a manutenção da qualidade ambiental para as populações presentes nessa região; II – Proteger o meio ambiente, por meio da recomposição das matas ciliares e evitar o assoreamento e poluição dos rios; III – Efetivar política de turismo; IV – Implantar instrumento de ordenamento territorial.

Quadro 7.12 - Zona 12 A – Lençóis Maranhenses, com características e usos atuais, usos permitidos e metas

	CARACTERÍSTICAS E USOS ATUAIS	USOS PERMITIDOS	METAS
Zona 12 A – Lençóis Maranhenses	I – O Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses foi criado através do Decreto 86.060, de 02/06/1981, ocupando 156.608,15 hectares distribuídos nos municípios de Barreirinhas, Primeira Cruz e Santo Amaro do Maranhão; II – Visitação não obedece ao suporte de carga; III – Integra o Polo Turístico Parque dos Lençóis; IV - Avanço de empreendimentos turísticos, imobiliários e de usos diversos na zona de amortecimento do Parna Lençóis Maranhense.	I – Atividade turística: ecoturismo, turismo rural, e cultural; II – Desenvolvimento de atividade técnico-científica, que não altere os ecossistemas da zona.	. I – Efetivar a regularização fundiária; II – Implementar ações atinentes à gestão de conflitos; III – Monitorar o avanço da ocupação na direção do Parna Lençóis Maranhense; IV – Otimizar a política de turismo; V – Atualizar o Plano de Manejo do Parna dos Lençóis Maranhense.

Quadro 7.13 - Zona 12 B – Krikati, com características e usos atuais, usos permitidos e metas

	CARACTERÍSTICAS E USOS ATUAIS	USOS PERMITIDOS	METAS
Zona 12 B – Krikati	I – Essa zona corresponde à TI Krikati, que ocupa parte dos municípios de Montes Altos, Amarante do Maranhão, Lajeado Novo, e Sítio Novo; II – Presença de grande biodiversidade vegetal e faunística, ameaçada pelas pressões dos usos no território, como atividade pecuária e avanço da fronteira agrícola e pelas queimadas; III – As principais atividades econômicas são a pecuária e agricultura familiar.	I – Uso estabelecido de acordo com o Estatuto do Índio, Lei de n.º 6.001/1973; II – Agricultura familiar e pecuária intensiva e semi-intensiva, desde que não afetem a biodiversidade e as áreas de conservação existentes, respeitando os limites das áreas de Proteção Integral, conforme dispõe a Lei n.º 9.985/2000.	I – Controle e fiscalização para cumprimento da Lei n.º 6.001/1973, que rege essa área de conservação; II – Controle e monitoramento de focos de queimada que envolve as Terras Indígenas que integram essa zona.

Quadro 7.14 - Zona 12 C – Corredor Kanela - Guajajara, com características e usos atuais, usos permitidos e metas

	CARACTERÍSTICAS E USOS ATUAIS	USOS PERMITIDOS	METAS
Zona 12 C – Corredor Kanela – Guajajara	I – Nessa zona estão inseridas as Terras Indígenas Geraldo Toco Preto, Urucu/Juará e Cana Brava/Guajarara, que se distribuem pelos municípios de Jenipapo dos Vieiras, Barra do Corda, Barão de Grajaú, Itaipava do Grajaú e Arame; II – Áreas biodiversas, mas sob forte pressão decorrente do avanço de usos diversos, em que se destacam a pecuária, a fronteira agrícola e pelas queimadas; IV – As principais atividades econômicas são a pecuária e agricultura familiar; V – Integra o Polo Turístico Serras, Guajajaras, Timbiras e Kanela.	I – Uso estabelecido de acordo com o Estatuto do Índio, Lei de nº 6.001/1973; II – Agricultura familiar e pecuária intensiva e semi-intensiva, desde que não afetem a biodiversidade e as áreas de conservação existentes, respeitando os limites das áreas de Proteção Integral, conforme dispõe a Lei nº 9.985/2000.	I – Controle e fiscalização para cumprimento da Lei n.º 6.001/1973, que rege essa área de conservação; II – Controle e monitoramento de focos de queimada que envolve as Terras Indígenas que integram essa zona.

Quadro 7.15 - Zona 12 D – Corredor Kanela-Krenyê, com características e usos atuais, usos permitidos e metas

	CARACTERÍSTICAS E USOS ATUAIS	USOS PERMITIDOS	METAS
Zona 12 D – Corredor Kanela – Krenyê	I – Presença da Terra Indígena Kanela, que ocupa parte dos municípios de Fernando Falcão e Barra do Corda; II – Expressiva biodiversidade florística e faunística em estágio de conservação, contudo, está sob forte pressão devido ao avanço de usos exógenos em que se destacam a pecuária e fronteira agrícola, além de queimadas; III - Integra o Polo Turístico Serras, Guajajaras, Timbiras e Kanela.	I – Uso estabelecido de acordo com o Estatuto do Índio, Lei de n.º 6.001/1973; II – Agricultura familiar e pecuária intensiva e semi-intensiva, desde que não afetem a biodiversidade e as áreas de conservação existentes, respeitando os limites das áreas de Proteção Integral, conforme dispõe a Lei n.º 9.985/2000.	I – Controle e fiscalização para cumprimento da Lei nº 6.001/1973, que rege essa área de conservação; II – Controle e monitoramento de focos de queimada que envolve as Terras Indígenas que integram essa zona.

Quadro 7.16 - Zona 12 E – Chapadas das Mesas, com características e usos atuais, usos permitidos e metas

	CARACTERÍSTICAS E USOS ATUAIS	USOS PERMITIDOS	METAS
Zona 12 E – Chapada das Mesas	I – O Parque Nacional da Chapada das Mesas foi instituído pelo Decreto de 12/12/ 2005; e Decreto S/N de 31/01/2006, distribuído nos municípios de Estreito, Carolina e Riachão; II – Cultivos de subsistência, extrativismo e criação de poucos bovinos; III – Integra o já consolidado Polo Turístico Chapada das Mesas; IV – Visitação com pouca observância à capacidade de carga.	I – Atividade turística: ecoturismo, turismo rural, histórico e cultural; II – Desenvolvimento de atividade técnico-científica, que não altere os ecossistemas da zona.	I – Efetivar a regularização fundiária; II – Implementar ações atinentes à gestão de conflitos; III – Proceder a averiguação da procedência dos documentos dos supostos proprietários e a proteção das nascentes; IV – Efetivar o Plano de Manejo do PARNA Chapada das Mesas.

Quadro 7.17 - Zona 12 F Mirador – Lençóis Maranhenses, com características e usos atuais, usos permitidos e metas

	CARACTERÍSTICAS E USOS ATUAIS	USOS PERMITIDOS	METAS
Zona 11 F – Mirador	I – Expressividade do Parque Estadual do Mirador, que foi instituído pela Lei n.º 7.641/1980, ocupando 507.830,58 hectares distribuídos nos municípios de Fernando Falcão, Formosa da Serra Negra, Loreto, Mirador, Sambaíba, São Domingos do Azeitão, e São Felix de Balsas; II – Nas planícies entre os chapadões, o solo é principalmente arenoso, mas no alto dos tabuleiros é eminentemente argiloso. Afloramentos rochosos são encontrados nas encostas; III – Pecuária extensiva e agricultura, que avançam e pressionam os limites da UC; IV – Caça, queimadas e uso dos campos naturais para pastagem de bovinos; V – Projetos de assentamento, além de grandes projetos agrícolas de cultivos de cana-de-açúcar e arroz avançam na direção da UC.	I – Atividade turística: ecoturismo, turismo rural, histórico e cultural; II – Desenvolvimento de atividade técnico-científica, que não altere os ecossistemas da zona.	I – Efetivar a regularização fundiária; II – Implementar ações atinentes à gestão de conflitos; III – Proteger as nascentes a fim de garantir o principal manancial que abastece a capital maranhense; IV – Atualizar o Plano de Manejo da UC.

Quadro 7.18 - Zona 12 G – Alto Parnaíba, com características e usos atuais, usos permitidos e metas

	CARACTERÍSTICAS E USOS ATUAIS	USOS PERMITIDOS	METAS
Zona 11 G – Alto Parnaíba	I – O Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba foi instituído pelo Decreto s/n.º, de 16/07/2002 e Lei n.º13.090, de 12/01/2015, ocupando 749.774,17 hectares distribuídos nos municípios de Alto Parnaíba (MA), São Félix do Tocantins, Lizarda e Mateiros (TO), Barreiras do Piauí, São Gonçalo do Gurguéia, Corrente e Gilbués (PI), Formosa do Rio Preto (BA); II – Cultivos de subsistência, extrativismo e criação de poucos bovinos; III – Visitação com pouca observância à capacidade de carga.	I – Atividade turística: ecoturismo, turismo rural, histórico e cultural; II – Desenvolvimento de atividade técnico-científica, que não altere os ecossistemas da zona.	I – Efetivar a regularização fundiária; II – Implementar ações dedicadas à gestão de conflitos; III – Proceder à averiguação da procedência dos documentos dos supostos proprietários e a proteção das nascentes; IV – Efetivar o Plano de Manejo do PARNA Nascentes do Rio Parnaíba.

4 CONSIDERAÇÕES ACERCA DA ZONIFICAÇÃO E SEUS DESDOBRAMENTOS NECESSÁRIOS

O ZEE-MA do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro torna explícito a necessidade de criação de uma cultura de inteligência territorial para o planejamento e ordenamento dos espaços do Bioma Cerrado e no Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão, com a perspectiva de que há a possibilidade de promoção do desenvolvimento integrado do espaço total ora evidenciado, mas com responsabilidade na produção de conhecimento técnico-científico que o pauta. Alia se a isso a prospecção de novas cadeias produtivas, com destaque para a biotecnologia, com possibilidade de integração de vários setores da economia maranhense.

O ZEE do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão tem por objetivo geral de aplicação subsidiar as decisões dos agentes públicos e privados quanto aos planos, programas, projetos e atividades que, direta ou indiretamente, utilizem recursos naturais, de modo a assegurar a plena manutenção dos capitais ecológico e econômico e dos serviços ecossistêmicos. Ademais, na distribuição espacial das atividades econômicas, o presente instrumento analisa a importância ecológica, as potencialidades, as limitações e as fragilidades dos ecossistemas, buscando sempre um desenvolvimento integrado, equilibrado e durável.

A proteção ambiental do patrimônio biodiverso remanescente, bem como do patrimônio cultural material e imaterial a ele vinculado são valores essenciais para o contexto do território analisado neste documento. Para todos os efeitos e propósitos, a pertinência de avaliar as suscetibilidades ambientais, bem como os usos e pressões de uso, são condição *sine qua non* para uma adequada e racional utilização dos territórios e recursos disponíveis, isso de forma durável, sustentável.

E tendo em vista a orientação para a mitigação de perturbações antropogênicas que concorrem para o comprometimento ao mesmo tempo das sociedades humanas locais e regionais, bem como dos recursos naturais contidos no território, respostas precisam ser dadas para, nas esferas de planejamento públicas e privadas, decisões sejam tomadas buscando o desenvolvimento econômico, com inclusão social e recuperação ambiental.

São cenários que convidam ao pesquisador que zoneia um espaço total dessa magnitude e ordem de grandeza a prospectar alternativas que sejam integradoras para a promoção do tão propalado ensejo de desenvolver sustentavelmente essa parcela do Estado do Maranhão. E, ratifica-se, deve se tornar algo viável a partir da efetivação do ZEE do Estado do Maranhão, na escala 1:250.000, etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro.

Os usos e conflitos existentes estão categorizados em cada uma das matrizes de caracterização das zonas do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em Território Maranhense (Apêndice 01). Elas estão disciplinadas metodologicamente para apresentar, de maneira objetiva, os princípios a observar e a

cumprir para que haja o equilíbrio entre a proteção ambiental, o desenvolvimento econômico regional e a garantia de gestão territorial eficiente para a próxima década (horizonte de planejamento 2022-2031).

A zonificação apresenta metas, consideradas diretrizes para a configuração decenários prospectivos, que apontam para três situações específicas, a saber:

a) necessidade de fomento a atividades pecuaristas semi-intensivas e intensivas, com uso decrescente de terras para o aumento da produtividade, bem como valorização de projetos rurais que se pautem na integração consórcio lavoura-pecuária-floresta;
b) recuperação de áreas degradadas, restaurando serviços ecossistêmicos, em função de legislação própria estadual, ainda ser definida em discussões entre o Executivo Estadual e o Legislativo;
c) integração, nos ciclos produtivos, de cadeias associadas a novos ou inovadores processos de uso adequado dos recursos naturais remanescentes.

Por outro lado, a regularização fundiária é exigida para que haja segurança jurídica, institucional e social ao produtor e à produção. Esse é um dos principais problemas pelos quais passa o Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão quanto às demandas de ordenamento produtivo e conservacionista do território e que, dessa maneira, precisa de esforços cada vez mais concretos para a resolução dos problemas de superposição de demarcações de terras, posse ilegal e ocupação em terras devolutas e em áreas privadas.

Com a plataforma do Cadastro Ambiental Rural (CAR), deve-se elaborar base de dados consistente e que deve se tornar política pública de ordenamento do território, fomento à recomposição de áreas degradadas, manutenção de corredores ecológicos e garantia de salvaguardas sociais. Destarte, políticas de assistência técnica aos produtores rurais, sobretudo os que não têm condições financeiras para realizar seus cadastros em plataformas oficiais, validação da base do CAR já existente, que ainda não foi realmente acelerada pelos executores dessa atividade no Maranhão, e realização de um conjunto de esforços para a regularização desse procedimento são consideradas situações emergenciais a serem cumpridas no primeiro quinquênio de validade da execução deste ZEE-MA do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro.

Quanto à proteção ambiental, todos os ambientes de Áreas de Preservação Permanentes (APPs), Terras Indígenas (TIs), Unidades de Conservação de Proteção Integral (atuais ou a serem criadas ou revistos os seus limites entre 2022 e 2030) devem ser consideradas áreas intangíveis. Os usos nela possíveis devem ser unicamente disciplinados pelos órgãos gestores ambientais ou pela FUNAI, no caso das TIs, analisando caso a caso a pertinência de atuação institucional e suas limitações.

Ademais, a elas devem ser somadas os enclaves remanescentes de vegetação nativa, sobretudo de porte florestal, os quais devem passar por rigoroso e eficiente processo de autorização de supressão

vegetal pelos órgãos ambientais competentes, quando couber, haja vista o grande déficit florestal pelo qual passa o território analisado, conforme visto no Capítulo deste trabalho que tratou sobre o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, bem como o referente às pressões de uso no território. As citadas áreas, mesmo com perda de extensão e conectividade paisagísticas, apresentam-se como importantes espaços de nucleação de remanescentes de biodiversidade florística, sobretudo, o que pode fomentar a criação de empreendimentos ligados à coleta de sementes e produção de mudas de espécies nativas para o reflorestamento.

Por conseguinte, todas as zonas apresentam vocação para o desenvolvimento de novas cadeias produtivas associadas à biotecnologia. Bioprospecção, valorização de conhecimento tradicional associado à biodiversidade e articulação de bionegócios e de economia verde em geral são considerados estratégicos para que haja a formatação de um novo conjunto de arranjos produtivos locais (APLs) no contexto do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão, mantendo três princípios basilares:

a) manutenção e proteção da biodiversidade;
b) garantia de direitos de repartição de benefícios com comunidades tradicionais pelos saberes compartilhados acerca da biodiversidade; e
c) combate à biopirataria.

Aliás, em tempos de descobertas cada vez mais difundidas acerca da genômica e da compreensão metabolômicas, faz-se mister voltar a atenção para as práticas de aproveitamento dos produtos cuja origem esteja na biodiversidade (animal e vegetal) e na sua compreensão no território do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro do Estado do Maranhão. Essa estratégia e inovação tem se mostrado cada vez mais necessária para avanços tecnológicos na área da farmacologia, representando aproximadamente 1/3 dos medicamentos novos aprovados entre os anos 1980 e 2010. As pesquisas nessa área do conhecimento, vinculadas à biotecnologia, já são desenvolvidas no contexto do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro em território maranhense nos últimos 40 anos e apresentam bastante resultados positivos.

As atividades de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) nessa área da biotecnologia apontam, então, para bioensaios que chegam ao nível molecular, proporcionando maiores correlações genômicas, por exemplo. Daí a importância de bibliotecas e suas respectivas chaves de acesso, que possibilitam o uso ou revisão de uso dos compostos bioquímicos naturais, com fins de geração de produtos mais efetivos para tratamentos de enfermidades com novos medicamentos, associados diretamente a perfis metabólicos avaliados. E tudo isso tem base na bioprospecção de novos componentes.

Convém salientar, pois, que essas atividades devem cumprir rigorosamente os marcos regulatórios estaduais, nacionais e internacionais em vigor. Nesse sentido, o Protocolo de Nagoya sobre

acesso a recursos genéticos e repartição justa e equitativa dos benefícios derivados de sua utilização à Convenção sobre Diversidade Biológica é um tratado internacional vinculado à Convenção das Partes sobre Diversidade Biológica, assinada no Rio de Janeiro, em 1992.

Na cidade que nomeia o documento, situada no Centro-Leste do Japão, em 2010, foi assinado por 55 países um conjunto de intenções voltadas para a garantia de remuneração dos países signatários pelo uso dos recursos genéticos a eles associados, visando a proteção e a conservação desse tipo de patrimônio associado à biodiversidade.

Os avanços da biotecnologia e das inovações tecnológicas, que visam a pesquisas e geração de novos produtos a partir da década de 1980 provocaram forte estímulo à busca por novas matrizes biológicas para o prosseguimento das atividades de inovação e de inserção mercadológica, o que gerou importantes divisas econômicas. Contudo, os países detentores dos recursos passaram por possibilidades de exaustão dos mesmos ou mesmo erosão da biodiversidade, ocasionando problemas de disponibilidade dos recursos frente às demandas cada vez mais crescentes. E isso reforça a tese geopolítica de soberania dos Estados-nação signatários.

Ao apresentar benefícios aos entes e países que desenvolvem produtos relacionados à variabilidade e disponibilidade de componentes da biodiversidade (bioprodutos), o Protocolo de Nagoya também é fator garantidor de proteção do patrimônio genético, bem como do conhecimento tradicional associado. Este, por seu turno, é considerado pelo tratado como um forte elemento de proteção, em especial em momentos de “facilidades” de deslocamentos transfronteiriços. Indiretamente, o documento auxilia na contenção das inovações fruto de processos de biopirataria.

A Lei Federal nº 13.123, de 20 de maio de 2015, deve ser considerada quando da elaboração e execução de políticas públicas estaduais no tocante à regulamentação e apontamento de estratégias para o desenvolvimento das atividades que estejam relacionadas à Biotecnologia, como Bioprospecção, Bioensaios e Economia Verde em sentindo amplo. Ademais, o acesso ao patrimônio genético em comunidades tradicionais, territórios indígenas, áreas de preservação permanentes e Unidades de Conservação devem passar por rigoroso processo de anuência pública pelos órgãos responsáveis e, sobretudo, pela aceitação comunitária, respeitando os marcos legais nacionais e internacionais sobre o tema.

Esse dispositivo legal deve ser acompanhado pelos órgãos ambientais que atuam no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão para que haja real cumprimento dos dispositivos e combate ao uso inadequado do patrimônio biodiverso do território em questão. Marcos regulatórios diversificados têm sido criados no Brasil para permitir maior controle e segurança quanto ao uso da biodiversidade nacional, ao mesmo tempo salvaguardando o patrimônio biológico brasileiro e os pesquisadores envolvidos na produção do conhecimento através de pesquisas acerca dele.

A legislação, embora presente e relativamente atualizada, ainda é pouco difundida e cumprida. Ações do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e do Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN) do Ministério do Meio Ambiente (MMA) são considerados estratégicos, porém ainda não conseguem alcançar todos os quadrantes do País e, por conseguinte, do Bioma Cerrado e dos Sistema Costeiro no Estado do Maranhão, por exemplo.

Esforços adicionais são necessários para garantir políticas de manutenção da biodiversidade, aliada à geração de informações científicas e tecnológicas estratégicas para o desenvolvimento nacional, estadual e regional. Ademais, é conveniente afirmar que nas duas situações os marcos regulatórios e as iniciativas governamentais de controle e monitoramento de situações potenciais de uso da biodiversidade ainda são carentes de mecanismos reais que possibilitem melhor e adequada aplicação da legislação em vigor.

Outro elemento indiscutivelmente necessário para a promoção do desenvolvimento sustentável, durável e amplo no contexto do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão é a Educação. Esta é condição *sine qua non* para o desenvolvimento regional durável. É através dela que serão consolidados todos os processos previstos de planejamento e ordenamento territoriais no contexto espacial ora analisado, haja vista o ZEE permitir mudanças de reflexões e de práticas associadas ao manejo dos recursos naturais e ao uso dos espaços disponíveis, aliados a um quesito cultural bastante salutar: o conhecimento técnico-científico acerca dos sistemas e processos que ocorrem no recorte geográfico de trabalho.

É notório a ampliação da rede educacional técnica e superior, sobretudo pública, no contexto do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão. Contudo, há valorização de cursos técnicos e tecnológicos relacionados à indústria ou a atividades de prestação de serviços, mas que não conseguem criar uma postura de empreendedorismo territorialmente extensivo, uma vez que não se apresenta opções de investimentos estratégicos fora dos enclaves produtivos que se estendem pelo espaço total avaliado neste ZEE.

Por outro lado, os cursos superiores são, em sua maioria, de licenciaturas, algo estratégico para a formação de contingentes profissionais que possam atuar nas redes de ensino públicas e privadas de níveis fundamental e médio, mas que não refletem totalmente as reais necessidades de formação de recursos humanos que possam atuar efetivamente no território. Entretanto, ambas as alternativas de qualificação não conseguem atender *di per si* às demandas intrínsecas às atividades produtivas, conservacionistas e de planejamento e ordenamento do território do Bioma Cerrado e Sistema costeiro a ele associado em terras maranhenses.

Cursos como Geologia, Engenharia Geológica ou ainda Engenharia de Minas são absolutamente necessários para que haja uma real e mais adequada utilização dos recursos minerais, como águas

subterrâneas e superficiais, bem como minérios e sedimentos de uso econômico disponíveis no território. Some-se a isso a demanda cada vez mais crescente de cursos na área florestal, como cursos técnicos em Manejo Florestal ou mesmo Engenharia Florestal. Balsas, Caxias e Chapadinha poderiam sediar em suas universidades públicas o desenvolvimento desses cursos.

O ZEE do Estado do Maranhão – Etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro deverá ser transformado em Lei Estadual para ser validado. Desse modo, é imperativo que seja avaliado e integrado aos planejamentos estratégicos institucionais, sobretudo pelos órgãos públicos que atuam no território analisado. As premissas de transversalidade de ações, de agregar valor informacional sobre a realidade dos espaços totais regionais, na escala de trabalho 1:250.000, servirão para formatar e executar políticas de Estado para uma década inteira (2022-2031).

Ademais, é imperativa a integração deste com o ZEE-MA do Bioma Amazônico, sobretudo quanto a questões de ordem técnica, uma vez que, doravante, o Estado do Maranhão não mais deva ser visto por biomas, apenas, mas como uma única entidade territorial. Essa tarefa é mais cartográfica e técnica do que de revalidação de relatórios temáticos e seus produtos devem estar disponíveis para todo o público, não devendo ficar restritos apenas a órgãos estaduais específicos.

Todavia, para que tal intento se materialize, faz-se necessário que:

a) haja capilarização das propostas do ZEE-MA do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado junto a todas as secretarias e autarquias estaduais, órgãos públicos municipais e órgãos do Executivo Federal que atuem no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão. Outrossim, a disponibilidade do conjunto de documentos e base cartográficas ora disponíveis à sociedade devem estar em plataforma livre e pública para consulta e usos diretos por parte de todos os segmentos que atue no território, de forma a que possam ter acesso total e irrestrito a toda a base de dados e informações produzida nessa etapa do ZEE. A melhor forma de permitir com o que este seja de fato um instrumento de planejamento e ordenamento do território, norteador de políticas públicas e efetivação de ações pelo Poder Público é permitir uma mudança paradigmática de cultura gerencial, ao permitir que as tomadas de decisão sejam pautadas em sólida base técnico-científica, desenvolvida com vistas à proteção ambiental, mas também ao desenvolvimento econômico e social;
b) possa ser permitido o acesso irrestrito das informações oficiais do ZEE para todos os cidadãos em ambiente web, bem como fomentar capacitações presenciais ou à distância sobre o uso das ferramentas e produtos cartográficos em plataforma freeware para gestores públicos, representantes dos Ministérios Públicos, Judiciário e Legislativos (Estadual e Federal), segmentos universitários, sindicatos, conselhos de classe, representantes da sociedade civil e de direitos humanos, bem como organizações do terceiro setor, federações

e outros entes que atuam diretamente sobre o território do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão.

c) sejam realizadas revisões de Planos Plurianuais (PPA) ou as suas formatações, como serão os PPAs 2024-2027 e 2028-2032, com base nos dados e informações elaborados para o Bioma Cerrado e Costeiro do Estado do Maranhão, bem como o ZEE-MA do Bioma Amazônico, em conformidade os dispositivos presentes em legislação específica. As ações devem ser pautadas nesta base técnico-científica, o que facilitará o planejamento estratégico governamental, bem como facilitará a aplicação de recursos públicos às áreas mais carentes de equipamentos, bens e serviços do território. Ademais, poderá incrementar a geração de tributos de forma adequada e fomento de novos arranjos produtivos, como os já citados neste documento;

d) haja real facilitação ao acesso por parte de todos os segmentos que atuam no Bioma Cerrado e Sistema Costeiro no Estado do Maranhão, haja vista a demanda por acesso a informações concretas sobre as potencialidades e limitações do território, facilitando suas decisões quanto aos investimentos potenciais recomendados por cada zona do Bioma Amazônico no Estado do Maranhão. A orientação quanto aos caminhos a seguir, os espaços e recursos a dispor e as formas de uso permitidas poderão gerar ganhos já a curto prazo (até 04 anos) após a aprovação do presente ZEE.

Por fim, há que se entender que os esforços conceptivos, metodológicos, procedimentais e avaliativos dispostos no contexto da zonificação do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro a ele associado no Estado do Maranhão apresentam dinamismo próprio e que, se houver a opção política, social ou dos agentes econômicos que desenvolvem suas atividades no espaço total em destaque nos estudos desta etapa do ZEE, é naturalmente possível que haja para uma condição absolutamente reversível de problemas socioprodutivos, ambientais e socioculturais.

Dessa maneira, acreditando em um pacto pelo desenvolvimento integrado do recorte geográfico aqui trabalhado, indica-se a possibilidade de reversão dos danos em curso e de agregação de valor socioambiental e socioeconômico ao território do Bioma Cerrado e Sistema Costeiro do Maranhão. Isso, evidentemente, durante a próxima década e contando com a atuação conjugada, convergente, das forças governamentais, sociais, comunitárias, de povos originários, ambientalistas, produtivas e de entidades representativas que têm nessa área uma possibilidade de galgar futuros diferentes, promissores, em todos os aspectos. As atividades no território analisado de serem mantidas as atuais formas de uso e pressões do território, a convergência de fatores em vigor pode conduzir facilmente esse espaço para outros patamares de desenvolvimento integrado, amplo, socialmente justo e com garantia de salvaguardas ambientais.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei n.º 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. Brasília: 18 de julho de 2000.

BRASIL. **Decreto n.º 4887 de 20 de novembro de 2003**. Regulamenta o procedimento para identificação, reconhecimento, delimitação, demarcação e titulação das terras ocupadas por remanescentes das comunidades dos quilombos de que trata o art. 68 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias. Diário Oficial da União, Seção 1, p. 4, 21 de novembro de 2003. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/d4887.htm>. Acesso em: 20 de dez 2020.

BRASIL. **Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis **n.º** 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória **n.º** 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, 2012.

FERREIRA, Antonio J. de A. O Estado do Maranhão do Sul: velha idéia e realidade? **Ciências Humanas em Revista,** São Luís: Edufma, v. 4, n. 2, p. 137-152, 2006.

FERREIRA, Antonio J. de A**. Políticas territoriais e a reorganização do espaço maranhense.** São Paulo, 2008. Tese (Doutorado em Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-11082009-141934/. Acesso em: 30 ago. 2021.

FERREIRA, A. J. de A; SANTOS, Luís C. A. Formação socioambiental do estado do Maranhão. In: SIMONIAN, Lígia T. L.; BATISTA, Ester R. (Orgs.). **Formação socioambiental da Amazônia.** Belém: NAEA, 2015, v. 1, p. 249-317.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil**: compatível com a escala 1:250 000. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS-IMESC. **Prognóstico e Cenarização** – Etapa Bioma Amazônico. São Luís: IMESC, 2019.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS-IMESC. **Zonificação do território** – etapa Bioma Amazônico. São Luís: IMESC, 2019a.

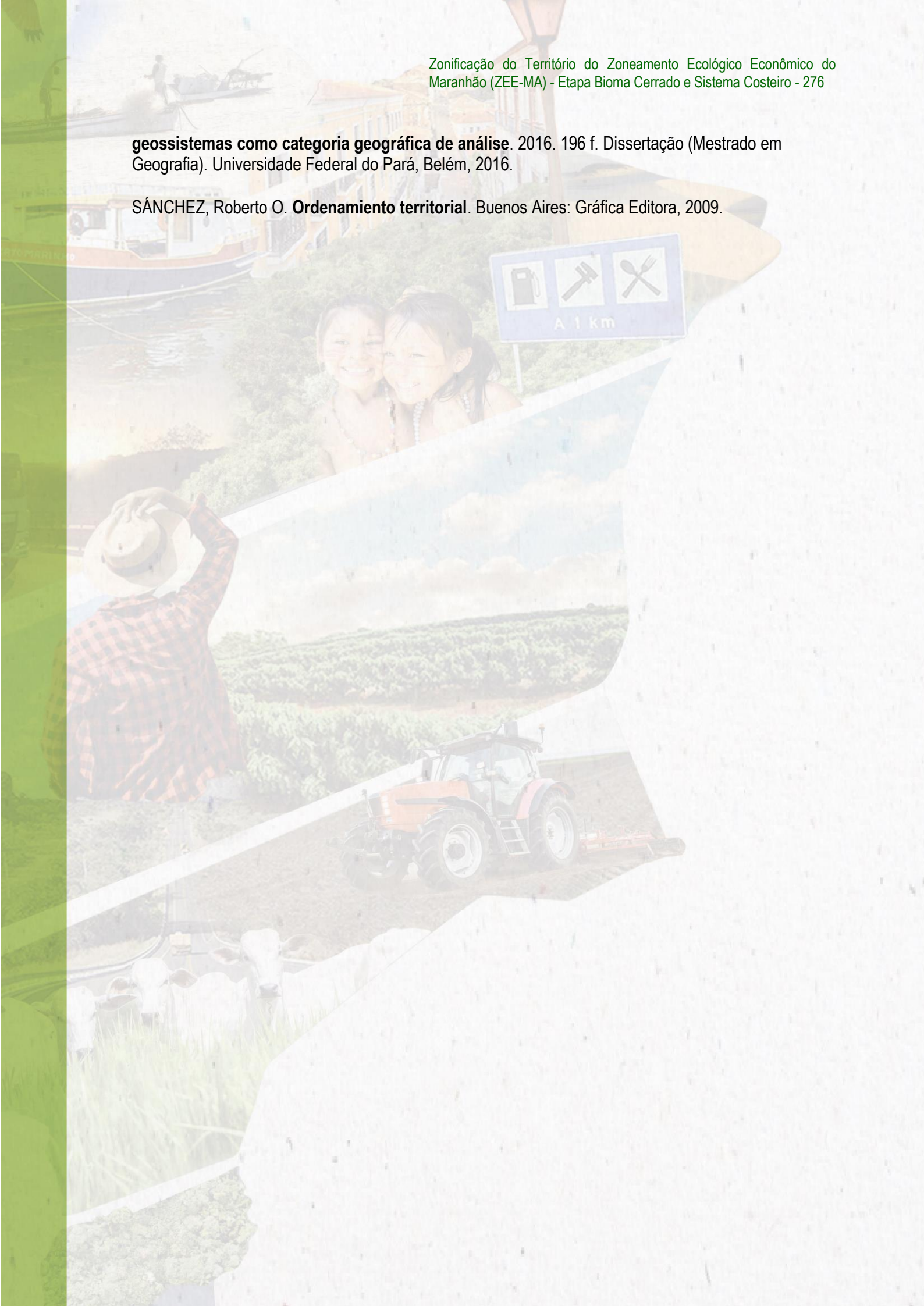
INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS-IMESC. **Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão (ZEE-MA)**: etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro. v.1. São Luís: IMESC, 2021.

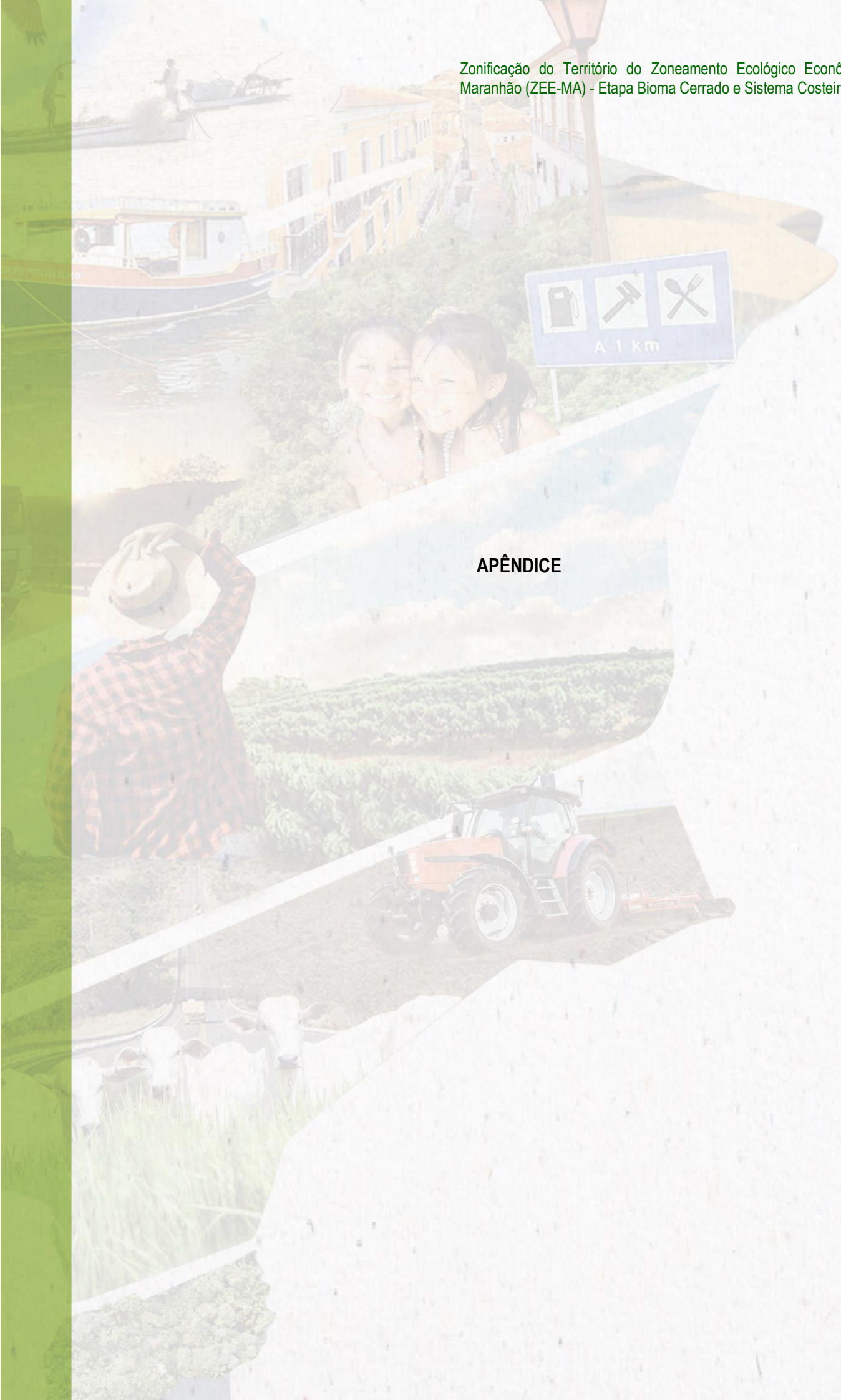
INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS-IMESC. **Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão (ZEE-MA):** etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro. v.2. São Luís: IMESC, 2021a.

MARQUES, Válter 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.

SÁNCHEZ, Roberto O. **Ordenamiento territorial**. Buenos Aires: Gráfica Editora, 2009.





APÊNDICE

APÊNDICE A - ZONAS DE PLANEJAMENTO A PARTIR DA PRESSÃO PELO USO DA TERRA DO BIOMA CERRADO E SISTEMA COSTEIRO NO ESTADO DO MARANHÃO COM A AP LICAÇÃO DA METODOLOGIA DE SWOT

Quadro 7.19 - MATRIZ SWOT (FOFA) DA ZONA 01 – DELTA DAS AMÉRICAS

FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS
FORÇAS: Presença de Unidades de Conservação (APA do Delta do Parnaíba e Resex Marinha do Delta do Parnaíba e RPPN Ilha do Caju); Polo Turístico Delta das Américas.	**OPORTUNIDADES:** Turismo; Pesquisas e descobertas a partir da biodiversidade.
FRAQUEZAS: dificuldade na implementação das ações visando à gestão de conflitos; lentidão na consolidação do Polo Turístico Delta das Américas.	**AMEAÇAS:** Não conclusão da regularização fundiária; Avanço da ocupação na direção dessa zona; Não efetivação de Plano de Manejo das UCs.

Fonte: Organizado pelos autores (2021).

Quadro 7.20 - MATRIZ SWOT (FOFA) DA ZONA 02 – ROTA DAS EMOÇÕES

FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS
FORÇAS: belezas cênicas, mar e rios piscosos; extrativismo animal (caranguejos, camarão, sururu, peixes, sarnambi); agricultura familiar; Polo Turístico Parque dos Lençóis; Parque Eólico; Sítios históricos.	**OPORTUNIDADES:** atividades pesqueiras e agrícolas, artesanato, caprinocultura, fruticultura, gás natural, energia eólica, turismo de lazer e científico.
FRAQUEZAS: solos com restrições (para a aptidão agrícola); dificuldade de recomposição da mão de obra de pescadores e agricultores devido à baixa remuneração e ao semianalfabetíssimo; Visitação com pouca observância à capacidade carga.	**AMEAÇAS:** pesca industrial não regularizada e de fora do Maranhão; diminuição da mão de obra dedicada à pesca e à agricultura; sistemas ecológicos costeiros e continentais com significativo grau de perturbação, associados a atividades econômicas e da ocupação antrópica em áreas de preservação; Desatualização do Plano de Manejo do Parna Lençóis Maranhenses.

Fonte: Organizado pelos autores (2021).

Quadro 7.21 - MATRIZ SWOT (FOFA) DA ZONA 03 – BAIXO ITAPECURU

FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS
FORÇAS: Polo Turístico Munim foi instituído em 2009; Presença de projetos de assentamento e comunidades quilombolas; Atividade pecuária semiextensiva voltada para o corte (bovinos), agricultura familiar e rizicultura irrigada; Extrativismo vegetal, sobretudo do babaçu.	**OPORTUNIDADES:** Pecuária; Pesca; Piscicultura; Cadeia produtiva do Leite; Turismo; Extrativismo vegetal; Áreas quilombolas; Avicultura; Agricultura; Cerâmica; Artesanato.
FRAQUEZAS: Áreas degradadas pelas atividades antrópicas, com cobertura vegetal nativa e seu ecossistema integrado.	**AMEAÇAS:** Comprometimento da qualidade das águas do Rio Itapecuru; Desmatamento em áreas de babaçuais e a mata ciliar, bem como devido ao avanço da pecuária.

Fonte: Organizado pelos autores (2021).

Quadro 7.22 - MATRIZ SWOT (FOFA) DA ZONA 04 – BAIXO PARNAÍBA MARANHENSE

FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS
FORÇAS: Presença de comunidades quilombolas, projetos de assentamento e unidades de conservação; Pecuária; Commodities agrícolas; Polo Turístico Munim.	**OPORTUNIDADES:** Agricultura; Agronegócio; Fruticultura; Ovinocaprinocultura; Extrativismo vegetal; Silvicultura; Turismo.
FRAQUEZAS: Não efetivação do polo turístico; Não efetivação de instrumentos de ordenamento territorial.	**AMEAÇAS:** expansão das áreas plantadas de *commodities* agrícolas, sobretudo da soja e silvicultura; Avanço do desmatamento em áreas de vegetação ciliar; Conflitos por terra.

Fonte: Organizado pelos autores (2021).

Quadro 7.23 - MATRIZ SWOT (FOFA) DA ZONA 05 – MÉDIO MEARIM

FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS
FORÇAS: Ocorrência de gás natural e babaçu; instalação de projetos de assentamento.	**OPORTUNIDADES:** Agricultura; Pecuária; Extrativismo vegetal e mineral; Cadeia produtiva do leite; Hortifruticultura; Gás Natural.
FRAQUEZAS: Fragilidade dos equipamentos de atendimento coletivo; Inexistência de projetos de turismo; Falta de instrumentos de ordenamento territorial.	**AMEAÇAS:** Desmatamento de mata ciliar; Estado de conservação da Barragem do Rio Flores; Expansão da área destina para pecuária.

Fonte: Organizado pelos autores (2021).

Quadro 7.24 - MATRIZ SWOT (FOFA) DA ZONA 06 – COCAIS

FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS
FORÇAS: olarias, pecuária extensiva, agricultura tecnificada (produção de arroz); agricultura familiar; extrativismo vegetal (babaçu); piscicultura; instituições de ensino superior; potencial turístico.	**OPORTUNIDADES:** pesquisa científica; verticalização e adensamento da cadeia produtiva de arroz e babaçu; pesca; indução do turismo; extrativismo mineral.
FRAQUEZAS: degradação de solos em função das atividades extensivas; baixos indicadores sociais e de saneamento ambiental.	**AMEAÇAS:** queimadas; degradação por conta da pecuária extensiva; lentidão na reversão dos baixos indicadores sociais e de saneamento ambiental.

Fonte: Organizado pelos autores (2021).

Quadro 7.25 - MATRIZ SWOT (FOFA) DA ZONA 07 – CENTRO MARANHENSE

FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS
FORÇAS: Polo Turístico Serras, Guajajaras, Timbiras e Kanela; pecuária; agricultura familiar; extração de babaçu.	**OPORTUNIDADES:** Indução da cadeia produtiva do turismo; agricultura; fruticultura; pecuária; piscicultura; artesanato; gás natural; diversificar cadeia produtiva do babaçu.
FRAQUEZAS: Baixa cobertura do saneamento ambiental; Pouca proteção da mata ciliar, nascentes e os leitos dos rios; Não consolidação do Polo Turístico Serras, Guajajaras, Timbiras e Kanela; Falta de apoio à agricultura familiar.	**AMEAÇAS:** Expansão da pecuária extensiva; Não efetivação do Polo Turístico Serras, Guajajaras, Timbiras e Kanela; Reduzido valor agregado do extrativismo do babaçu.

Fonte: Organizado pelos autores (2021).

Quadro 7.26 - MATRIZ SWOT (FOFA) DA ZONA 08 – ALTO ITAPECURU

FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS
FORÇAS: Potencial turístico; commodities agrícolas sustentadas na soja; agricultura familiar.	**OPORTUNIDADES:** Indução da cadeia produtiva do turismo; agricultura; pecuária; comércio; extrativismo vegetal.
FRAQUEZAS: Ausência de programas para desenvolver o turismo; Baixa cobertura do saneamento ambiental; Pouca proteção da mata ciliar, nascentes e os leitos dos rios; Falta de apoio à agricultura familiar.	**AMEAÇAS:** Desmatamento; Avanço da área plantada das *commodities* da soja, pecuária extensiva e da agricultura com práticas tradicionais.

Fonte: Organizado pelos autores (2021).

Quadro 7.27 - MATRIZ SWOT (FOFA) DA ZONA 09 – SERTÃO MARANHENSE

FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS
FORÇAS: Potencial turístico; Potencial para piscicultura; Potencial para artesanato de redes e bordados.	**OPORTUNIDADES:** Pecuária; Agricultura; Artesanato; Agroindústria; Piscicultura; Turismo.
FRAQUEZAS: Ausência de programas e projetos para desenvolver o turismo; Baixa cobertura do saneamento ambiental; Incipientes ações de fiscalização da ocupação nas margens dos rios e represa; Falta de apoio ao artesanato de redes e bordados.	**AMEAÇAS:** Desmatamento; Poucas ações de proteção à fauna e a flora do cerrado, bem como da vegetação ciliar, as nascentes e os leitos dos rios; Expansão da *commoditie* agrícola da soja.

Fonte: Organizado pelos autores (2021).

Quadro 7.28: MATRIZ SWOT (FOFA) DA ZONA 10 – SUDOESTE MARANHENSE

FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS
FORÇAS: oferta de energia elétrica; áreas de silvicultura e sistemas produtivos voltados para o segmento agroflorestal; polo industrial; agricultura familiar diversificada; pesquisa científica; potencial turístico.	**OPORTUNIDADES:** pesquisas científicas; expansão do polo industrial; reflorestamento; cadeia produtiva do turismo.
FRAQUEZAS: degradação de cursos hídricos; degradação de solos em função das atividades extensivas; não indução do potencial turístico.	**AMEAÇAS:** Perda da biodiversidade do bioma, em virtude da ocupação humana e transformações causadas pelas atividades agropecuárias e outros usos antrópicos.

Fonte: Organizado pelos autores (2021).

Quadro 7.29 - MATRIZ SWOT (FOFA) DA ZONA 11 – GERAIS DE BALSAS

FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS
FORÇAS: consolidação das *commodities* agrícolas e da pecuária; disponibilidade de recursos hídricos superficiais e subterrâneos; cobertura vegetal em APPs; Potencial turístico.	**OPORTUNIDADES:** demanda de produtos agropecuários; adensamento de cobertura vegetal em APPs; ecoturismo e turismo histórico; cadeia produtiva do leite; Avicultura; Pesca; Piscicultura; Agronegócio; Turismo.
FRAQUEZAS: geomorfologia regional acidentada; processos erosivos remontantes; não indução do potencial turístico.	**AMEAÇAS:** queimadas; expansão da área plantada das *commodities* agrícolas; perda de fertilidade do solo por lixiviação.

Fonte: Organizado pelos autores (2021).

Quadro 7.30 - MATRIZ SWOT (FOFA) DA ZONA 12 – LENÇÓIS MARANHENSES

FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS
FORÇAS: Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, instituído em 1981; Polo Turístico Parque dos Lençóis já está consolidado.	**OPORTUNIDADES:** Turismo; Pesquisas e descobertas a partir da biodiversidade.
FRAQUEZAS: Desatualização do Plano de Manejo do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses.	**AMEAÇAS:** Avanço da ocupação na direção do Parna Lençóis Maranhenses.

Fonte: Organizado pelos autores (2021).

Quadro 7.31: MATRIZ SWOT (FOFA) DA ZONA 11 B – KRIKATI

FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS
FORÇAS: presença de terra indígena, área prioritária para a conservação da biodiversidade, povos indígenas convivem com harmonia há milhares de anos, faz parte do corredor da biosfera.	**OPORTUNIDADES:** pesquisas e descobertas a partir da biodiversidade.
FRAQUEZAS: degradação do bioma; frágil governança das terras indígenas.	**AMEAÇAS:** pressão pelo uso da terra, pressão para novos espaços para atividades econômicas, queimadas críticas; conflitos socioambientais.

Fonte: Organizado pelos autores (2021).

Quadro 7.32: MATRIZ SWOT (FOFA) DA ZONA 11 C – CORREDOR KANELA-GUAJAJARA

FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS3
FORÇAS: presença de terra indígena, área prioritária para a conservação da biodiversidade; povos indígenas convivem em harmonia há milhares de anos.	**OPORTUNIDADES:** pesquisas e descobertas a partir da biodiversidade (biotecnologia).
FRAQUEZAS: degradação do bioma; frágil governança das terras indígenas.	**AMEAÇAS:** pressão pelo uso da terra, pressão para novos espaços para atividades econômicas, queimadas críticas; conflitos socioambientais.

Fonte: Organizado pelos autores (2021).

Quadro 7.33 **- MATRIZ SWOT (FOFA) DA ZONA 11 D – CORREDOR KANELA-KRENYÊ**

FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS
FORÇAS: presença de terra indígena; área prioritária para a conservação da biodiversidade; povos indígenas convivem com harmonia há milhares de anos.	**OPORTUNIDADES:** pesquisas e descobertas a partir da biodiversidade (biotecnologia).
FRAQUEZAS: degradação do bioma; frágil governança das terras indígenas.	**AMEAÇAS:** pressão pelo uso da terra, pressão para novos espaços para atividades econômicas, queimadas críticas; conflitos socioambientais.

Fonte: Organizado pelos autores (2021).

Quadro 7.34 - MATRIZ SWOT (FOFA) DA ZONA 11 E – CHAPADA DAS MESAS

FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS
FORÇAS: O Parque Nacional da Chapada das Mesas foi instituído pelo Decreto de 12/12/2005; Principal atrativo do Polo Turístico Chapada das Mesas, que já está consolidado. Plano de Manejo do Parna está atualizado.	**OPORTUNIDADES:** Turismo. Pesquisas e descobertas a partir da biodiversidade.
FRAQUEZAS: Poucas ações a fim de proceder à averiguação da procedência dos documentos dos supostos proprietários e a proteção das nascentes.	**AMEAÇAS:** Regularização fundiária não concluída; Dificuldade na gestão de conflitos.

Fonte: Organizado pelos autores (2021).

Quadro 7.35 - MATRIZ SWOT (FOFA) DA ZONA 11 F – ALTO ITAPECURU

FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS
FORÇAS: Biodiversidade do Parque Estadual do Mirador, que foi instituído pela Lei nº 7.641/1980; Principal manancial que abastece a capital do Maranhão.	**OPORTUNIDADES:** Turismo. Pesquisas e descobertas a partir da biodiversidade.
FRAQUEZAS: Desatualização do Plano de Manejo da UC.	**AMEAÇAS:** Dificuldades para garantir a proteção das nascentes do principal manancial que abastece a capital maranhense; Regularização fundiária não concluída; Dificuldade na gestão de conflitos.

Fonte: Organizado pelos autores (2021).

Quadro 7.36 - MATRIZ SWOT (FOFA) DA ZONA 11 G – ALTO PARNAÍBA

FATORES INTERNOS	FATORES EXTERNOS
FORÇAS: Biodiversidade do Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba, que foi instituído pelo Decreto s/nº, de 16/07/2002 e Lei n.º13.090, de 12/01/2015. Plano de Manejo atualizado.	**OPORTUNIDADES:** Turismo; Pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação, recreação e turismo ecológico.
FRAQUEZAS: Dificuldade na efetivação do Plano de Manejo da UC.	**AMEAÇAS:** Regularização fundiária não concluída; Dificuldade na gestão de conflitos.

Fonte: Organizado pelos autores (2021).

ZONIFICAÇÃO DO TERRITÓRIO DO ZONEAMENTO ECOLÓGICO ECONÔMICO DO MARANHÃO (ZEE-MA) - ETAPA BIOMA CERRADO E SISTEMA COSTEIRO

ZEE

Zoneamento Ecológico
Econômico do Maranhão

ZEE.MA.GOV.BR