



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE HISTÓRIA E GEOGRAFIA
CURSO DE GEOGRAFIA - LICENCIATURA**

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA E AS
PRESSÕES EXERCIDAS SOBRE A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PINDARÉ-
MA**

São Luís - MA
2023

DÉBORA FRAZÃO FERREIRA

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA E AS
PRESSÕES EXERCIDAS SOBRE A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PINDARÉ-
MA**

Monografia apresentada ao curso de Licenciatura em Geografia da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, como requisito parcial para obtenção do grau em Geografia.

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

São Luís - MA
2023

Ferreira, Débora Frazão.

Análise multitemporal do uso e cobertura da terra e as pressões exercidas sobre a Bacia hidrográfica do rio Pindaré - MA / Débora Frazão Ferreira. – São Luís, 2023.

113 f

Monografia (Graduação em Geografia Licenciatura) - Universidade Estadual do Maranhão, 2023.

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

1.Pressão de uso. 2.Uso e cobertura. 4.Rio Pindaré. I.Título.

CDU: 556.513(812.1)

DÉBORA FRAZÃO FERREIRA

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA E AS
PRESSÕES EXERCIDAS SOBRE A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PINDARÉ -
MA**

Monografia apresentada ao curso de Licenciatura em Geografia da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, como requisito parcial para obtenção do grau em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos

Aprovado 21/07/2023

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Luiz Carlos Araujo dos Santos
Universidade Estadual do Maranhão
(UEMA) (Orientador)

Documento assinado digitalmente
gov.br ANDREZA DOS SANTOS LOUZEIRO
Data: 30/08/2023 17:39:14-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa Dra. Andreza dos Santos Louzeiro
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Documento assinado digitalmente
gov.br LUIZ JORGE BEZERRA DA SILVA DIAS
Data: 30/08/2023 20:16:34-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. MSc. Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me guiado e abençoado todos os dias.

Aos meus familiares por todo o apoio e incentivo, especialmente para a minha mãe e ao meu pai.

Agradeço ao meu irmão, Marcos Fernando Frazão Ferreira, por sempre ir me buscar na universidade e apoiar os meus estudos.

Agradeço os meus professores e orientadores, Dr. Luiz Carlos Santos Araújo e ao Dr. Rafael Brugnolli Medeiros, pela orientação, apoio e incentivo à pesquisa.

Agradeço as minhas amigas de Graduação, em especial a Giselle Christyna do Vale Martins e Arliane Raquel de Nascimento Carvalho, por todo o apoio, parceria, ajuda e todos os momentos que vocês me estenderam a mão. Muito obrigada, vocês foram muito importantes para a minha formação. Destaco também, a minha amiga Ingrid Lorranny, por todo o apoio e parceria durante a graduação e até o momento.

A minha querida amiga Nathália Lima Pereira, pela ajuda e longa amizade.

Agradeço aos meus colegas de trabalho do IMESC, pela ajuda, motivação, conhecimentos e apoio para o desenvolvimento deste trabalho. Em especial ao Janderson e ao André Leal. Muito obrigada.

Agradeço aos meus professores de graduação, especialmente ao professor Silas Nogueira e ao professor Luiz Jorge. Muito obrigada pelas oportunidades e pela confiança.

Agradeço também ao meu ex-namorado, Francisco de Oliveira Viana, pelo encerramento de um ciclo e por me proporcionar foco e dedicação total a essa pesquisa.

RESUMO

À medida que a economia foi se tornando mais complexa e diversificada e a intensificação dos usos da terra foram avançando nos territórios, as pressões sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos foram sendo mais frequentes e alarmantes. Desta forma, a exploração dos recursos naturais para atender as necessidades humanas, tornou-se cada vez mais frequente, elevando a necessidade de abordar as bacias hidrográficas enquanto unidades territoriais de planejamento e gestão. É nessa relação que vislumbrou-se abordar a Bacia hidrográfica do rio Pindaré (BHRP), um setor do Estado do Maranhão, mais precisamente da Amazônia Maranhense, em que há uma inserção massiva de atividades que alteram a dinâmica e inter-relações dos componentes de suas bacias hidrográficas. Sendo assim, a presente pesquisa buscou realizar uma análise multitemporal do uso e cobertura da terra, aliadas às técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, a fim de monitorar as mudanças ocorridas no padrão florestal em um dos locais mais impactados pelo avanço antrópico na região Amazônica. Os resultados evidenciaram que desde o ano de 1990 já era visível a modificação da paisagem em decorrência das atividades agropecuárias e extrativistas na região. Contudo, ao longo dos 30 anos, a cobertura de toda bacia hidrográfica passou por significativas mudanças, onde houve uma conversão da classe formação florestal para a pastagem. Esta conversão ocasionou diversas pressões e impactos na BHRP, tais como, destruição das matas ciliares, erosão, assoreamentos e degradação dos cursos d'água, dentre outros.

Palavras-Chaves: Pressão de Uso; Uso e Cobertura; Rio Pindaré.

ABSTRACT

As the economy became more complex and diversified and the intensification of land uses advanced in the territories, pressures on surface and underground water resources became more frequent and alarming. In this way, the exploitation of natural resources to meet human needs has become increasingly frequent, raising the need to address watersheds as territorial units of planning and management. It is in this relationship that we envisaged approaching the Pindaré River Basin, a sector of the State of Maranhão, more precisely in the Maranhão Amazon, where there is a massive insertion of activities that alter the dynamics and interrelationships of the components of its hydrographic basins . Therefore, this article sought to carry out a multitemporal analysis of land use and land cover, combined with remote sensing and geoprocessing techniques, in order to monitor changes in the forest pattern in one of the places most impacted by anthropic advances in the Amazon region. The results showed that, since 1990, the modification of the landscape due to agricultural and extractive activities in the region was already visible. However, over the 30 years, the coverage of the entire watershed has undergone significant changes, where there has been a conversion from forest formation to pasture. This conversion caused several pressures and impacts on the BHRP, such as destruction of riparian forests, erosion, silting and degradation of watercourses, among others.

Keywords: Pressure of Use; Use and Coverage; Pindare River.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da Bacia hidrográfica do rio Pindaré	10
Figura 2. Desmatamento para construção da BR- 222	20
Figura 3. Taxa anual de desmatamento na Amazônia legal maranhense.....	22
Figura 4. Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal.....	16
Figura 5. Recorte do raster	35
Figura 6. Classificação do uso.....	36
Figura 7. Mapa de Geologia da Bacia hidrográfica do rio Pindaré	38
Figura 8. Predominância das Unidades Geológica	39
Figura 9. Mapa de Relevo da Bacia hidrográfica do rio Pindaré	42
Figura 10. Planície fluviolacustre no município de Viana –MA.....	41
Figura 11. Predominância dos relevos da Bacia hidrográfica do rio Pindaré	43
Figura 12. Superfície com colinas em Santa Luzia – MA	44
Figura 13. Mapa de Hipsometria da Bacia hidrográfica do rio Pindaré	46
Figura 14. Mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Pindaré	47
Figura 15. Mapa de Solos da Bacia hidrográfica do rio Pindaré.....	49
Figura 16. Predominância dos Solos da Bacia hidrográfica do rio Pindaré.....	50
Figura 17. Presença do Latossolo	51
Figura 18. Voçorocas do grupo Latossolo em Bom Jesus das Selvas	52
Figura 19. Mapa de Uso e Cobertura da Bacia hidrográfica do rio Pindaré - 1990.	52
Figura 20. Lago de Viana formado por solos plínticos.....	53
Figura 21. Presença do Neossolo quartzarênico	54
Figura 22. Ascensão da ocupação urbana próximo da classe do Neossolo quartzarênico as margens do Rio Pindaré	55
Figura 23. Percentual das classes de uso da Bacia hidrográfica do rio Pindaré-1990	57
Figura 24. Mapa de Uso e Cobertura da Bacia hidrográfica do rio Pindaré – 2005	60
Figura 25. Percentual das classes de uso da Bacia hidrográfica do rio Pindaré 2005	60
Figura 26. Mapa de Uso e Cobertura da Bacia hidrográfica do rio Pindaré - 2020	63

Figura 27. Percentual das classes de uso da Bacia hidrográfica do rio Pindaré - 2020	64
Figura 28. Predominância do Uso e Cobertura da Bacia hidrográfica do rio Pindaré 1990-2020.....	65
Figura 29. Mapa de pressão de uso na Bacia hidrográfica do rio Pindaré	69
Figura 30. Pressão de uso na formação florestal para o desmatamento em Bom Jesus das Selvas	71
Figura 31. Pressão de uso na formação florestal para o desmatamento em Pindaré Mirim	71
Figura 32. Pressão de uso na formação florestal para atividades de silvicultura em Açailândia	72
Figura 33. Pressão de uso agropecuária e silvicultura em Buriticupu	74
Figura 34. Pressão de uso agropecuária e silvicultura em Bom Jesus das Selvas ...	74
Figura 35. Pressão de uso agropecuária e silvicultura em Santa Luzia	75
Figura 36. Pressão de uso agropecuária e silvicultura em Açailândia	75
Figura 37. Codificação da população dos municípios presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré	77
Figura 38. Concentração urbana no município de Açailândia	78
Figura 39. População Residente em área rural em Santa Luzia MA	78
Figura 40. Pressão de uso urbano em campos alagados no município de Viana	79
Figura 41. Pressão de uso urbano próximas às Voçorocas em Buriticupu	80
Figura 42. Pressão de uso urbano próximas às Voçorocas em Açailândia	80
Figura 43 -Pressão de uso urbano próximas às Voçorocas em Santa Luzia	81
Figura 44 - Pressão em corpos hídricos próximo ao leito do Rio Pindaré.....	83
Figura 45 - Pressão em corpos hídricos próximo ao leito do Rio Pindaré.....	83
Figura 46. Pressão em corpos hídricos próximo ao leito do Rio Pindaré	85
Figura 47. Pressão em corpos hídricos próximo ao leito do Rio Pindaré	85
Figura 48. Nascente do Rio Pindaré assoreada	86
Figura 49. Pressão em corpos hídricos próximas ao leito do rio Pindaré	88
Figura 50. Uso e cobertura na Apa da baixada maranhense 1999.....	89
Figura 51. Uso e cobertura na Apa da baixada maranhense 2020	91
Figura 52. Pecuária extensiva em campos alagados na Apa da baixada maranhense	92
Figura 53. Crescimento urbano próximo aos campos alagados na APA da Baixada	

Maranhense	93
Figura 54. Uso cobertura na reserva biológica do Gurupi 1990	93
Figura 55. Uso cobertura na reserva biológica do Gurupi 2020	96
Figura 56. Pecuária extensiva na reserva biológica do Gurupi	97
Figura 57. APP do Rio Pindaré no Município do Alto Alegre do Pindaré MA.....	98
Figura 58. APP do Rio Pindaré no Município de Monção	99
Figura 59. APP do Rio Pindaré próximo a terra indígena do Caru	100
Figura 60. Mapa das terras indígenas da Bacia hidrográfica do rio Pindaré	101
Figura 61. Áreas de Pastagens na área indígenas Araribóia	102
Figura 62. Assoreamento do afluente do Rio Pindaré	103
Figura 63. Margens do Rio Pindaré	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Área das Unidades Geológicas da Bacia hidrográfica do rio Pindaré	31
Tabela 2. Área dos Solos da Bacia hidrográfica do rio Pindaré	40
Tabela 3. Área do Uso e Cobertura da Terra da Bacia hidrográfica do rio Pindaré – 1990	44
Tabela 4. Área do Uso e Cobertura da Terra da Bacia hidrográfica do rio Pindaré – 2005	47
Tabela 5. Área do Uso e Cobertura da Terra da Bacia hidrográfica do rio Pindaré – 2020	50
Tabela 7. Área das classes da APA da Baixada Maranhense – 1990	58
Tabela 8. Classe de uso da APA da Baixada Maranhense – 2020.....	60
Tabela 9. Classe de uso da reserva Biológica do Gurupi – 1990	62
Tabela 10. Classe de uso da reserva Biológica do Gurupi – 1990.....	63

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	11
2- OBJETIVOS	16
3- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
3.1 Uso e cobertura e a Pressão ambiental	17
3.2 Uso e Cobertura na Amazônia Maranhense.....	20
3.3 Teoria Sistêmica	24
3.4 Degradação Ambiental e os processos erosivos na Bacia Hidrográfica.....	27
3.5 Legislação ambiental e Áreas Especiais	28
4- PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	32
4.1 Levantamento Bibliográfico.....	32
4.2 Mapeamento Temático	34
4.3 Uso e cobertura.....	34
5- RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
5.1 Caracterização integrada do meio físico da bacia do rio Pindaré.....	37
5.2 Geologia	37
5.3 Relevo	40
5.4 Solos	47
5.5 Análise Temporal do Uso e Cobertura	54
5.6 Pressões de uso	68
5.7 Áreas protegidas	88
6- CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
7- REFERÊNCIAS	106

1. INTRODUÇÃO

A exploração dos recursos naturais para atender as necessidades humanas, tornou-se cada vez mais frequente, principalmente as pressões sobre os recursos hídricos, tornando-se necessário abordar as bacias hidrográficas enquanto unidades territoriais de planejamento e gestão.

Christofolletti (1980, p.3) define o conceito de bacia hidrográfica sendo: “um sistema geomorfológico aberto que está constantemente realizando trocas de energia e matéria entre os elementos climáticos dominantes e a estrutura em que se dá o escoamento, resultando em equilíbrio dinâmico”. Menezes (2009), afirma que na medida em que o ser humano interfere no ciclo hidrológico, ocorrem alterações que podem modificar drasticamente o sistema e trazer grandes impactos para a sociedade e para a natureza. A partir dessa perspectiva, observa-se que a dinâmica de uma bacia hidrográfica depende de outros componentes que a regem. Configurando-se, assim, como um sistema aberto. Portanto, toda ocorrência de eventos antrópicos dentro de uma bacia hidrográfica que são inseridos, interferem em sua dinâmica causando diversas formas de impactos. A exemplo disso, tem-se o empobrecimento do solo, redução da biodiversidade, desenvolvimento de processos erosivos, redução da capacidade de infiltração, entre outras implicações.

Aguiar (2003) destaca que o interesse por assuntos ligados a mudança de uso e cobertura da terra, tanto dentro como fora dos meios científicos, se deve à aceleração do processo nas últimas décadas e a preocupação com os impactos que tais processos podem causar nos sistemas ambientais e socioeconômicos no nível global, regional ou local. Sendo assim, as informações do uso e cobertura são elementos básicos para o planejamento de uma bacia hidrográfica, pois retratam as atividades econômicas desenvolvidas e que podem significar pressões e impactos sobre os elementos naturais.

É nessa relação que vislumbra-se abordar a Amazônia Maranhense, um setor do Estado em que há uma constante inserção massiva de atividades que alteram de modo significativo a dinâmica e inter-relações dos componentes de suas bacias hidrográficas. O uso antrópico no Maranhão permeia, desde o século passado, caminhos atrelados à retirada das vegetações nativas em razão das atividades do desmatamento que, por muitas vezes é uma extração ilegal de madeira e, conseqüentemente, ocorre de forma não planejada. Fato que inevitavelmente deixa suas áreas vulneráveis, seja para a pecuária, agricultura e/ou urbanização.

A organização do espaço na Bacia hidrográfica do rio Pindaré, não torna-se diferente por estar integrada dentro do arco Arco Amazônico (fronteira do desmatamento, em que a destruição das florestas alcança níveis drásticos atualmente) tendo grande influência de atividades agropecuárias, atrelados com a aglomeração urbana, causando grandes impactos ambientais, econômicos e sociais, que podem ser observados através do mapeamento multitemporal do uso e cobertura do solo.

A Bacia hidrográfica do rio Pindaré localiza-se na porção Oeste do Maranhão, em uma região que abrange trinta e dois municípios do Estado. É parte componente da Bacia Hidrográfica do rio Mearim, situada em uma área de 40.222 km² (Figura 1), fazendo parte da borda oriental da Amazônia Legal. Seu manancial principal apresenta cerca de 620,87 km de extensão, sendo um rio caudaloso, com alta piscosidade e navegável, importante nos aspectos social, econômico e ambiental dessa região oeste do Estado do Maranhão.

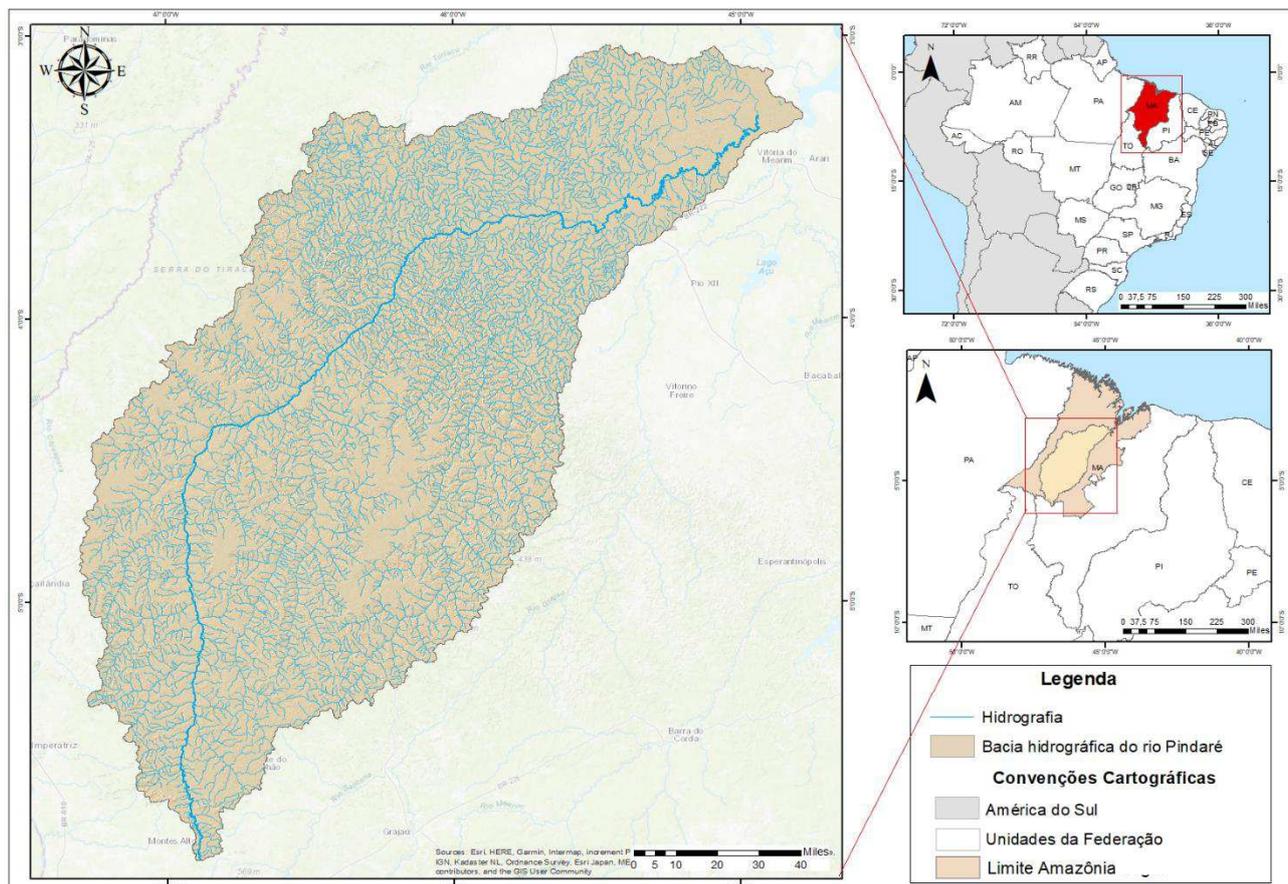
Sua nascente localiza-se próximo a cidade de Montes Altos e Amarante do Maranhão, na serra do Gurupí, como também em uma área indígena chamada Krikati. Percorrendo cerca de 466,3 km até atingir a sua foz, no rio Mearim, o rio Pindaré tem área de drenagem total de aproximadamente 40.482 km² (Abreu, 2013). Diante disso, vale ressaltar que o rio apresenta uma grande quantidade de afluentes. Sendo eles, Buriticupu, Negro, Paragominas, Zutiua, Timbira, Água Preta e Santa Rita.

Pela bacia integrar um grande número de municípios, a sua área de ocupação vai ser resultado dessa proporção, seja para a expansão urbana ou para intensificar as áreas de cultivos. Abreu (2013) afirma que:

A bacia faz parte dos municípios de Alto Alegre do Pindaré, Santa Inês, Pindaré Mirim, e dezenas de povoados, no estado do Maranhão. A área da bacia é ocupada predominantemente por fazendas agropecuárias e as zonas urbanas mais próximas situam-se nos municípios de Alto Alegre do Pindaré, Santa Inês, Pindaré Mirim, a bacia possui também outras áreas de reservas indígenas. (Abreu, 2013. p,12)

Sendo assim, esta pesquisa vislumbra analisar os processos de usos e ocupação da terra e pressões antropogênicas exercidas na bacia hidrográfica do rio Pindaré- MA, a fim de monitorar as mudanças ocorridas no padrão florestal, surgindo como uma possibilidade de aliar formas de evidenciar a deterioração ambiental em um dos locais mais impactados pelo avanço antrópico na região Amazônica Oriental. Como também busca sanar a lacuna existente pela falta de trabalhos sobre essa temática na área da Bacia hidrográfica do rio Pindaré, a fim de obter resultados que possibilitaram conhecer uma maior quantidade de dados sobre essa região.

Figura 1. Mapa de localização da Bacia hidrográfica do Rio Pindaré.



Elaboração: FERREIRA, 2022

2. OBJETIVOS

A presente pesquisa apresentou os seguintes objetivos que nortearam tanto a escolha da área de estudo quanto a temática trabalhada na sua execução:

Gerais

Compreender as mudanças têmporo-espaciais no uso e cobertura da terra nos anos de 1990, 2005 e 2020, avaliando como estas exercem uma pressão sobre os recursos hídricos, indicando possíveis medidas mitigadoras adequadas às estratégias de planejamento do uso e cobertura da terra.

Específicos

- Identificar os padrões de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Pindaré, correlacionando com seus componentes geoambientais (rochas, relevo, solos);
- Caracterizar os locais que possuem degrada o ambiental da bacia hidrográfica do rio Pindaré;
- Evidenciar os territórios especiais (Unidades de conserva o e Terras Indígenas) presentes na região e as pressões exercidas sobre eles;

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Uso e coberturas e a Pressão ambiental

A sentença “uso e cobertura da terra” apresenta um conceito híbrido, em virtude da formação abranger três conceitos: uso, cobertura e terra. No qual o primeiro termo se refere ao que é proveniente das ações antrópicas, isto é, como o homem compõe o seu espaço, através das cidades, agricultura, pastagens, entre outros. Já o segundo diz respeito aos elementos físicos naturais da superfície terrestre, como florestas, campos, desertos, etc (MCCONNELL & MORAN, 2000, APUD ALVES, 2004). E no entende-se por mudança da cobertura da Terra, consiste na mudança dos materiais biofísicos que cobrem a superfície da Terra, enquanto por mudança de uso da terra se entende a mudança dos usos que o homem faz da mesma (JENSEN, 2009).

Vale ressaltar, que o conceito não pode ser confundido com o termo uso e ocupação, em virtude de apresentar uma definição diferente, pois segundo a definição do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental, art. 50 “O Uso e Ocupação do Solo é definido em função das normas relativas a densificação, regime de atividades, dispositivos de controle das edificações e parcelamento do solo, que configuram o regime urbanístico. Nesse sentido, assemelha-se:

O estudo do uso da terra e ocupação do solo consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou, quando não utilizado pelo homem, a caracterização dos tipos de categorias de vegetação natural que reveste o solo, como também suas respectivas localizações. (ROSA, 2007, p. 163)

Desta forma percebe que o conceito de uso e cobertura e uso e ocupação apresentam semelhança, todavia, são abordagens distintas. Para Houghton (1994) todas as mudanças de uso da terra estão intrinsecamente conectadas com o modo de desenvolvimento econômico, crescimento da população, tecnologia e mudanças ambientais, tais mudanças podem ser de área ou intensidade de uso, refletindo a história e possivelmente o futuro da humanidade.

De acordo com Forman e Godrom (1986) as paisagens contêm três principais características: a estrutura (as relações espaciais entre os ecossistemas que as compõem); a função (interação entre os elementos espaciais); e a mudança, a alteração destas duas primeiras características ao longo do tempo.

As informações do uso e cobertura são elementos básicos para o planejamento de uma bacia hidrográfica, pois retratam as atividades econômicas desenvolvidas e que podem

significar pressões e impactos sobre os elementos naturais. Por exemplo, centros urbanos, áreas industriais, entre outros constituintes. Estes elementos podem ser identificados e localizados sobre o mapa das bacias, indicando áreas estratégicas para avaliação, estudo ou manejo. Ashraf (2014) tem a mesma percepção acerca dos impactos provocados pela mudança do uso para suprir as necessidades humanas, provocando impactos que interferem nos sistemas ambientais, o autor evidencia que, a conversão da cobertura florestal para outro tipo de cobertura afeta a porosidade do solo e, por consequência, a absorção da água e o escoamento superficial, ocasionando erosão, impactando o solo e podendo afetar também os corpos hídricos, tanto os aspectos hidrológicos (vazão, escoamento superficial, etc.) quanto a qualidade da água. Tais mudanças também determinam, em parte, a degradação e vulnerabilidade de lugares e pessoas (Kasperson et al., 1995). Acerca dos impactos decorrentes do uso e cobertura, tem-se:

Em termos regionais, as questões ambientais relacionadas a mudanças no uso/cobertura do solo são bem conhecidas: poluição do ar e da água, degradação do solo, desertificação, eutroficação de corpos d'água, acidificação, assim como as questões de perda de biodiversidade. Em nível local, podem ser citados os problemas de erosão, sedimentação, contaminação e extinção de espécies. Em termos sócio-econômicos, as mudanças de uso do solo afetam as estruturas de emprego, produtividade da terra, qualidade de vida, etc. Em áreas urbanas, causa preocupação, inclusive nos países desenvolvidos, a expansão dos subúrbios e áreas industriais nas periferias das grandes cidades, causando perda de áreas para agricultura e de vegetação natural; e, finalmente, nos países subdesenvolvidos, as precárias condições de vida e ambientais resultantes do rápido crescimento de centros urbanos. (AGUIAR, 2003, p, 2)

Diante disso, elevam-se as necessidades de identificar, entender e analisar acerca dos diferentes usos. Como também, diagnosticar as regiões onde há maiores incidências das mudanças a médio e longo prazo, e assim, analisar seus impactos. Egler et al. (2003) enfatiza que avaliar as características fisiográficas e ecológicas permitem compreender sua capacidade de uso, expressa pela geologia, solos, relevo e clima, por outro lado, alguns usos se tornam incompatíveis com o que vem sendo praticado atualmente, o que oferece importantes instrumentos para a construção de indicadores ambientais e para a avaliação da capacidade de suporte ambiental, visto que proporcionam o conhecimento dos diferentes manejos empregados e identificam alternativas que permitem o desenvolvimento sustentável. O processo de mudança e seus impactos são identificados e analisados através das técnicas de sensoriamento remoto, dito por Cardoso (2004) sensoriamento remoto e geoprocessamento constituem-se em técnicas fundamentais para a manutenção de registros do uso da terra ao longo do tempo. E Tucci (1993)

a análise de características, como cobertura vegetal, topografia, drenagem e tipo de solo, permite chegar ao uso racional e adequado de uma área. Explicando, Araújo 2007:

Obtenção de informações detalhadas e precisas sobre o espaço geográfico é uma condição necessária para as atividades de planejamento e tomada de decisões... Os mapas de uso da terra e de cobertura da terra são instrumentos que auxiliam a cumprir essa função, constituindo-se em mecanismos bastante adequados para promoverem o desenvolvimento sustentável do ponto de vista ambiental, e são imprescindíveis para o planejamento regional ou local do terreno (ARAÚJO FILHO et. al. 2007, p. 171)

Sendo assim, as técnicas de sensoriamento remoto para a obtenção de dados sobre o uso e cobertura, torna-se excepcionalmente relevante para os estudos e análises geoambientais de uma região.

Analisando o conjunto paisagístico e as articulações antropogênicas no contexto do Bioma Amazônico Maranhense, deve-se considerar não só a importância dos processos naturais modificadores, como também dos processos de caráter socioprodutivos, socioeconômicos e socioculturais que interferem e favorecem a dinâmica da paisagem atual, entendendo, em primeiro lugar, as suas implicações sobre o território (ZEE, 2019). Sendo assim, a pressão ambiental é resultante de qualquer ação antrópica realizada no meio ambiental, isto é, atividades e processos que produzem mudança na cobertura e conseqüentemente transformando em outra forma de uso. Daí a importância de determinar mediante índices e indicadores, como as mudanças no uso da terra, acompanhadas das atividades antrópicas, exercem a pressão ambiental nestes recursos.

Costa (2022) descreve que as pressões de uso se materializam na relação causal e estreita entre os desmatamentos e os avanços de fronteiras produtivas. Desta forma, a autora afirma que:

Essas pressões de uso são fatores substanciais para a conversão das coberturas nativas em paisagens alteradas pelas atividades em curso, como a pecuária, a silvicultura, a agricultura mecanizada e tecnificada, a agricultura itinerante e os grandes projetos industriais e silvícolas implantados na região. Assim, acabam essas condições motrizes por diminuir progressivamente a diversidade e a riqueza, específicas das paisagens naturais que remanescem em poucos blocos de áreas protegidas (COSTA, 2022, p. 42).

Ainda continuando com a autora, a mesma define 6 zonas de pressão de uso ocorridos no território amazônico, porém apenas 4 delas serão elencadas nesta pesquisa. Sendo elas, Unidade de pressão na cobertura vegetal e territórios protegidos, Unidade de pressão de uso agropecuária e de monossilvicultura, Unidade de pressão de uso urbano e Unidade de pressão em corpos hídricos. O quadro 1, descreve tais pressões e seus respectivos impactos:

Quadro 1. Unidades de Pressões de Uso

Unidades de Pressão de Uso	Pressões Exercidas	Possíveis Impactos
Cobertura Vegetal e Territórios Protegidos	Desmatamento; Queimadas; Pecuária; Silvicultura; Agricultura;	Erosão dos solos; Voçorocas; Perda de Espécies; Conflitos no campo; Perda da cobertura Vegetal
Agropecuária e de Monossilvicultura	Desmatamento Queimadas Pecuária Silvicultura Agricultura	Compactação do solo; Erosões; Desertificações;
Uso Urbano	Desmatamento; Poluição;	Erosão dos solos; Poluição em corpos hídricos
Corpos Hídricos	Poluição; Assoreamento; Desmatamento; Silvicultura; Pastagem	Perda de Espécies; Qualidade da Água;

Organizado: FERREIRA, 2023.

3.2 Uso e cobertura na Amazônia Maranhense

Analisando a historiografia da ocupação no território maranhense, e conseqüentemente na Amazônia maranhense, é importante salientar as primeiras formas de ocupação nesse território, sendo a ocupação norte e sul. De acordo com Trovão (2016) a frente de ocupação norte ocorreu com a finalidade de expulsar os franceses do solo maranhense e iniciar o processo de ocupação pelo litoral, através do acesso hidroviário nos rios genuinamente maranhense, isto é, Pindaré, Munim, Mearim e Itapecuru. Outrossim, ocorreu na frente de ocupação sul, através do meio geográfico, sob influência dos vaqueiros e tendo como base a pecuária, entrou pelo interior maranhense a partir de 1730 e ocupou os campos naturais do Sul do Maranhão, recebendo assim, a denominação de Pastos Bons. Conforme Trovão, 2016:

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

Ambas as frentes colaboraram para o processo de ocupação no território amazônico, em consequência disso, a devastação inicia-se no mesmo período em decorrência das atividades econômicas basear-se na agroexportação e na pecuária extensiva.

Por conseguinte, na década de 1950, o Maranhão foi integrado à Amazônia legal e consequentemente, ao plano de desenvolvimento com a política dos grandes projetos do Estado (empreendimentos agrícolas, pecuários, minerais, madeireiros, etc) e da expansão da fronteira agrícola nos espaços da Amazônia, com base na Lei Federal nº 1.806, de 6 de janeiro de 1953. As estratégias governamentais para a ocupação desse território dividiram-se em três momentos: O primeiro vincula-se à construção da rodovia Belém-Brasília (1962), posteriormente a implementação da Lei Estadual de Terras (1969) e pôr fim a implementação do Projeto Grande Carajás em 1985 (MELO, 2019).

Através das políticas de desenvolvimento do território amazônico, iniciou-se a construção da BR-010 interligando a Amazônia a parte do território nacional, concedido através dos incentivos federais no meio rodoviário, priorizados pelo governo de Juscelino Kubitschek (MELO, 2019). Assim, desenvolveu-se a BR- 010, sendo concluída após 12 anos, em 1974 no regime militar, objetivando a circulação de pessoas, tropas militares, mercadorias e a circulação da sociedade civil em cidades isoladas, que passaram a ter acesso terrestre pelas rodovias recém-construídas (NETO, 2013).

Sendo assim, a implementação deste projeto provocou grandes mudanças na ocupação do território maranhense, sobretudo no meio demográfico, visto que o estado recebeu um grande fluxo migratório advindos do sertão em busca de mudanças na estrutura agrária, buscavam oportunidades de trabalho nas terras devolutas das áreas florestais. Dito isso, observa-se que nesse período houve a supervalorização das terras modificando toda a estrutura do estado, conforme descreve Pereira, 1997:

A Belém-Brasília assim nasceu. Dali pra frente tudo foi muito rápido – a conclusão do desmatamento, a construção da pista e o encascalhamento. Como um milagre a explosão demográfica aconteceu. Nasceram povoados, cresceram aglomerações humanas já iniciadas, surgiram hotéis de beiras de estrada, bordéis, cabarés, e tudo se transformava em outra realidade (PEREIRA, 1997, p. 109).

Isso posto, vale frisar que a Belém-Brasília contribuiu também para o processo de desmatamento na região, visto que a pavimentação estimulou a busca por terras e paralelamente trouxeram danos ambientais gravíssimos para a região (figura 2). Isto ocorre pela exploração

do solo para a extração madeireira, construção de moradias, atividades agropecuárias e de grilagem. Segundo Franklin (2008) destaca:

[...] com a abertura dessa estrada, uma leva de imigrantes começou a chegar ao território de Imperatriz, ocupando terras devolutas, plantando arroz e formando novos vilarejos. [...] Os primeiros a chegar teriam vindo da região do Mearim, principalmente de São Domingos do Zé Feio e Pedreiras. [...] Outras estradas e muitas pontes foram construídas na gestão de Simplício Moreira, fazendo com que o município saísse do seu secular isolamento terrestre, contra o qual pelejaram desde a fundação os moradores de Santa Teresa. (FRANKLIN, 2008, p. 82).

Figura 2. Desmatamento para a construção da BR-222



Fonte: Arquivo Nacional (1958).

Em seguida, a lei de concentração de terras, proclamada pelo governo de José Sarney, através da Lei Estadual de Terras nº 2.979, em 1969 também foi reordenamento da ocupação no território maranhense, com a finalidade de expulsar os trabalhadores rurais e atrair os latifundiários a fim de modernizar o campo agrário. “Lei de Terras foi mantida e ampliada, visando entregar as riquezas do estado aqueles que eram considerados os emissários do progresso e da modernidade capitalista: os empresários rurais. E logo após sua homologação, foram criadas as Delegacias de Terras, objetivando disciplinar e organizar a ocupação das terras

livres do Maranhão e titular áreas reservadas à colonização” (NETO,2019, p. 5). Deste modo, a supressão da cobertura florestal para outras formas de uso foi incentivada pelas ações governamentais no estado, degradando cada vez mais o território amazônico.

Em 1970, outro projeto de integração e desenvolvimento da Amazônia, neste cenário se instala o Programa Grande Carajás (PGC), inaugurado em 1985, a Estrada de Ferro Carajás atravessou a Amazônia maranhense ligando o município de São Luís, a Marabá e Parauapebas, localizados no Estado do Pará. A EFC possui 892 KM de extensão, ligando 27 municípios do Pará e Maranhão, sendo que 23 deles correspondem ao estado do Maranhão, especificamente, ao bioma amazônico. A EFC articula mina, porto, transporta minério de ferro, ferro-gusa, manganês, cobre, combustíveis e carvão.

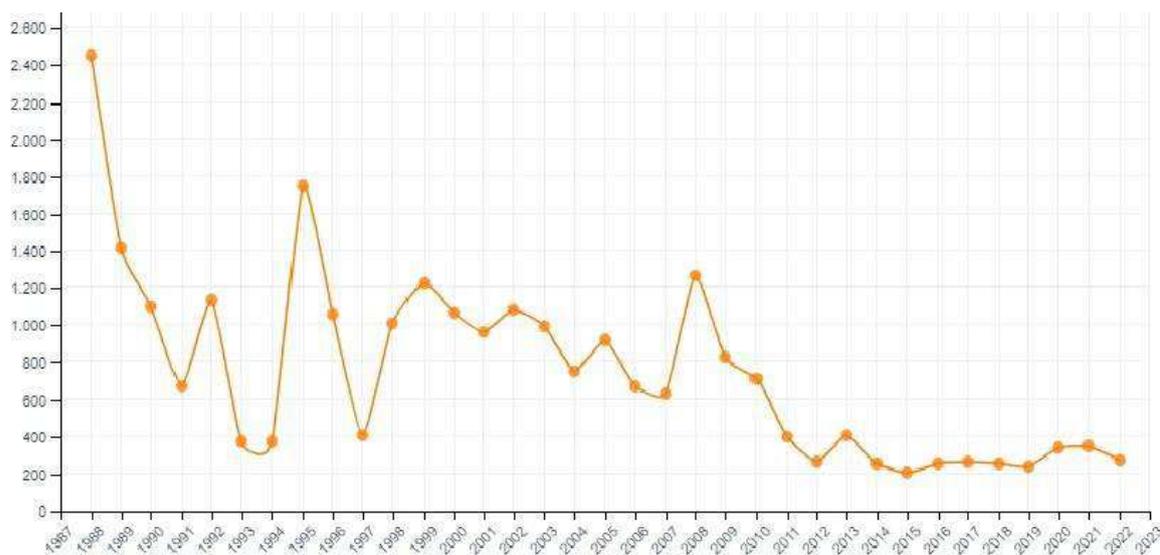
Por este fator, inicia-se uma nova dinâmica na ocupação da Amazônia maranhense, visto que o carvão tornou-se um produto de elevado valor econômico, isso provocou mudanças drásticas na ocupação e desmatamento, em que áreas agropecuárias fragmentam a paisagem na porção oeste do estado e a expansão madeireira pressionava as várias terras indígenas e unidades de proteção ambiental, como também atrai os imigrantes de várias regiões do Brasil, sobretudo, do Nordeste, Goiás, Tocantins e do próprio Maranhão, em razão da demanda por mão de obra. Conforme descreve a Moura (2011):

A implantação, na década de 80, do parque siderúrgico-guseiro de Carajás nesses dois estados, ao longo da ferrovia Carajás-São Luís, adicionando o carvão como produto de elevado consumo, dotou de valor econômico toda e qualquer árvore e fez com que a extração deixasse de ser seletiva, limitada às espécies de maior valor comercial. Tal mudança coincidiu com a expansão da pecuária no Maranhão e com o assentamento de grande número de trabalhadores rurais em toda a região, acompanhando mais ou menos o traçado da ferrovia. (MOURA,2011. P 25)

Segundo Nascimento (2016, p.117) “o PGC incorporou três grandes projetos: o projeto minero-siderúrgico; o projeto agropecuário e florestal e o projeto de infraestrutura (ferrovias, rodovias, portos e hidrelétricas). Por esse viés, a implantação da Estrada de Ferro Carajás desencadeia um conjunto de impactos para o território amazônico.

Através da série histórica de dados disponibilizados pelo PRODES (plataforma desenvolvida pelo INPE para monitoramento da vegetação nativa realizada para todo Brasil) é possível observar que a taxa de desmatamento expandiu-se a partir na década de 80, após a construção da estrada de ferro Carajás, totalizando uma taxa de 2.450,00 km² de supressão da vegetação (Conforme apresenta a figura 3), tendo um pico novamente em 1955, voltando a crescer a partir de 1966, oscilando até o ano de 2007. Após isso, os índices começaram a decair.

Figura 3. Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal Maranhense 1987-2023



Fonte: Prodes, 2022.

Percebe-se que o histórico de desmatamento na Amazônia maranhense é proveniente de vários projetos implementados sem levar em consideração o esgotamento dos recursos naturais, principalmente após a instalação do Porto do Itaqui, que posteriormente se agravou devido à expansão da produção em larga escala de grãos no estado.

E é nessa relação que vislumbrou-se abordar a bacia hidrográfica do rio Pindaré, por estar localizada na porção Oeste do estado, e paralelamente integrar toda a Amazônia maranhense, a região compreende uma área de expansão agrícola bastante dinâmica, sofrendo constantes supressões florestais para outros tipos de uso. Abreu (2013) descreve a cobertura e seus diferentes usos na bacia do rio Pindaré, a autora afirma que a vegetação da bacia hidrográfica é em sua maior parte antropizada, em decorrência as atividades econômicas desenvolvidas na região, apresentando vestígios de vegetação e floresta ombrófila densa, como também a vegetação ciliar marginal apresenta baixos índices de conservação, uma vez que a grande parte da vegetação ciliar são suprimidas para a inserção de novas classes, podendo ocasionar uma série de impactos, alguns já sendo visíveis.

3.3 Teoria Sistêmica e Bacias Hidrográficas

Entender a teoria sistêmica é de suma importância para pesquisas que tenham no arcabouço ambiental, como seu enfoque. Desta forma, será adotado nesta pesquisa, a bacia hidrográfica como um sistema aberto, pois toda ocorrência de eventos antrópicos que lhe são inseridos, interferem diretamente em sua dinâmica, causando diversos impactos em seu

ambiente. Podendo ser de maior ou menor propensão, tais como, a mudança de uso e cobertura, empobrecimento do solo, redução da biodiversidade, desenvolvimento de processos erosivos, redução da capacidade de infiltração, entre outras implicações, podem ser tratadas como degradação. Sendo assim, Santos e Souza (2014) consideram sistemas ambientais:

Os sistemas ambientais são identificados e hierarquizados conforme a inter-relação dos seus componentes geoambientais, suas dimensões e características de origem e evolução. Considerando a diversidade interna dos sistemas, são delimitadas as unidades elementares contidas em um mesmo sistema de relações que configura, especialmente, os subsistemas. Sob esse aspecto, a concepção de paisagem assume significado para a delimitação das subunidades, em decorrência da exposição de padrões fisionômicos uniformes ou de relativa homogeneidade (SANTOS e SOUZA, 2014, p. 222 e 223).

Para Ross (1991), os estudos ambientais prescindem dos mesmos princípios da geografia, os quais buscam entender as relações das sociedades humanas com os seus modos de vida, padrões sociais, culturais, econômicos, os meios de apropriação dos recursos naturais e de suas interações com a natureza. Percebe-se que os estudos ambientais e a ciência geográfica caminham juntos na busca pela compreensão da relação entre a sociedade e natureza, visando à proposição de caminhos que permitam um desenvolvimento social/econômico na qual o ambiente não seja o grande prejudicado.

Desta forma, compreende-se que a Ciência Geográfica tem seu alicerce na interface Sociedade e Natureza e, por muitos séculos, a visão newtoniana-mecanicista-cartesiana de análise dos objetos de maneira simples e igualitária e não das relações entre eles tomou conta do contexto científico, fazendo com que ocorresse uma desconsideração do que havia de mais rico na natureza, as conexões e inter-relações entre os fenômenos (SILVA, 2010), isso resultou em uma inevitável fragmentação, não só do conhecimento científico, mas das análises ambientais.

É neste contexto que se insere a Teoria Geral dos Sistemas, criada pelo biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy (1968), esta teoria trouxe um avanço significativo em sua concepção e emprego, dando um passo efetivo para o conhecimento de que sistemas e organismos apresentam uma inter-relação para permanecerem vivos e em harmonia.

Tal conceito, assumidamente denominado de abordagem sistêmica, se tornou, sobretudo diante da inevitável fragmentação das paisagens e do avanço antrópico sobre sistemas naturais, um dos melhores instrumentos/conceitos/métodos para estudar a configuração ambiental e suas potencialidades, e as relações entre seus componentes, que definiram e ainda definem as paisagens atuais. Esse método, ideal para refletir sobre o processo dinâmico das

paisagens, trouxe consigo inúmeros alicerces que sustentaram vários outros autores que têm na análise sistêmica e integrada o ponto de partida para entender a atual e complexa realidade.

Vários conceitos foram se vinculando à abordagem sistêmica nas pesquisas ambientais. Porém, é através dos conceitos de Christofolletti (1999) e Tricart (1977) que o projeto se debruça como conceitos fundamentais que regem os sistemas ambientais, sendo fundamentais para o entender a configuração ambiental de uma área completamente alterada por ações antrópicas, alterando os seus padrões naturais, sendo o caso da Amazônia Maranhense.

Através das discussões sobre sistemas abertos, Christofolletti mensura acerca do conceito de geossistemas. Para o autor o conceito consiste em:

[...] os geossistemas, também designados como sistemas ambientais físicos, representam a organização espacial resultante da interação dos elementos físicos e biológicos da natureza (clima, topografia, geologia, águas, vegetação, animais, solos). É o campo de ação da geografia física. Os sistemas ambientais físicos possuem uma expressão espacial na superfície terrestre, funcionando através da interação areal dos fluxos de matéria e energia entre os seus componentes [...] (CHRISTOFOLETTI, 2002, p. 37).

Nesse enfoque, a totalidade, as conexões e a teia entrem em discussões, pois as partes tornam-se um ponto crucial na pesquisa acerca dos sistemas ambientais. Desta forma a Unidade e Totalidade, como seres individuais considerados por suas relações mútuas e o conjunto dessas entidades cuja interação resulta em uma composição específica, independentemente da somatória dos elementos, (CHRISTOFOLETTI, 1999)

A totalidade aplica-se às entidades constituídas por um conjunto de partes, cuja interação resulta numa composição diferente e específica, independente da somatória dos elementos componentes. O todo assume uma estrutura e funcionalidade diferenciada dos seus subcomponentes. Em novo nível hierárquico, cada componente do todo possui características específicas, podendo ser considerado como unidade, sendo também analisada como uma totalidade. A noção sempre envolve o contexto do todo, em seu nível hierárquico e na categoria classificatória, constituindo-se em uma entidade unitária, individualizada (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 3).

Como também, autor menciona sobre a organização espacial, pois esta, também torna-se uma característica a ser analisada, visto que possibilita de entender a diversidade de elementos, interações e fluxos compõem uma entidade organizada (CHRISTOFOLETTI, 1999);

Os sistemas ambientais físicos representam a organização espacial resultante da interação dos elementos componentes físicos da natureza (clima, topografia, rochas, águas, vegetação, animais, solos) possuindo expressão espacial na superfície terrestre e representando uma organização (sistema) composta por

elementos, funcionando através dos fluxos de energia e matéria, dominante numa interação areal [...] (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 42).

É nessa relação que o autor relaciona a teoria sistêmica aliada ao geoprocessamento, pois torna-se uma ferramenta essencial para correlacionar os dados geossistêmicos, sendo obtidos através do mapeamento físico ambientais de uma região, tais como, pedologia, geologia, geologia, hidrografia.

A Geografia Física, como subconjunto da disciplina Geografia, preocupa-se com o estudo da organização espacial dos sistemas ambientais físicos, também denominados de geossistemas. Como a expressão concreta na superfície terrestre constitui a relevância espacial para a análise geográfica, torna-se necessário que os componentes do geossistema surjam ocupando territórios, que sejam visualizados em documentos tais como fotos aéreas, imagens de radar e de satélites e outros documentos, sendo sensíveis à observação visual. Deve-se também distinguir as fontes fornecedoras de energia e matéria, responsáveis pela dinâmica do sistema, e as redes de circulação envolvidas nos processos de interação, servindo de canais aos fluxos (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 42).

E, por fim, a teoria de equilíbrio dinâmico, princípio de constante mutação, em que cada variável oferece modificações nos demais elementos presentes na paisagem mediante suas dependências mútuas, proposto por Tricart (1977). Ele expõe que “o conceito de sistema é, atualmente, o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente”. Relatando que esta forma de análise é indispensável para melhor conhecer o meio físico geográfico, caracterizado por uma dinâmica que se manifesta a níveis taxonômicos variados e que são sentidos de forma espacial e temporal.

O autor também aborda sobre o equilíbrio dinâmico e como este resulta na fragilidade de um ambiente, pois o equilíbrio dinâmico depende das trocas que a natureza executa através da energia e matéria, na qual originam relações de um equilíbrio dinâmico. Todavia, através das intervenções antrópicas no ambiente, ocasiona um estado de desequilíbrio, podendo ser temporários e até mesmo permanentes (TRICART, 1977). Portanto, qualquer alteração nos componentes naturais, tais como, solo, relevo, vegetação, recursos hídricos e clima, provocam desequilíbrios nos sistemas ambientais. Rompendo o equilíbrio dinâmico.

Portanto, ao levar tal conceito ao viés ambiental, foco deste projeto, tem-se que considerar que o conhecimento das potencialidades, da fragilidade e vulnerabilidade ambiental em bacias hidrográficas, passa necessariamente pelo levantamento das informações sobre o meio físico: relevo, geologia, pedologia, clima, uso, cobertura da terra, hidrografia, entre outros. Tornando possível definir diretrizes e ações a serem implantadas no espaço físico-territorial,

servindo de base para um zoneamento ambiental e fornecendo subsídios à gestão do território (ROSS, 1994; SPÖRL e ROSS, 2004).

3.4 Degradação Ambiental e os processos erosivos na Bacia Hidrográfica

O termo degradação ambiental se faz presente na Lei nº 6.938 que institui a Política Nacional de Meio Ambiente. No qual esta lei, evidencia-se a degradação ambiental como a alteração adversa das características ambientais originais.

Gomes (2016) trabalha a questão da degradação ambiental, no qual destaca que a mesma é resultado da utilização sem medidas com a sustentabilidade ambiental, originando a saturação dos recursos naturais em diferentes níveis escalares, pois:

A necessidade do homem de se organizar e se fixar em um determinado espaço geográfico e expandir suas tecnologias conforme evolui o desenvolvimento da raça humana, provoca inúmeras modificações no meio, alterando o que chamamos de natural, acarretando na maioria das vezes graves problemas ambientais, o que torna determinado espaço em um ambiente de risco de vida para o próprio homem, que foi o grande responsável por toda essa mudança, é a chama da degradação ambiental (GOMES, 2016, p. 141).

Desta forma, Pereira Júnior e Pereira (2017) afirmam que a degradação ambiental está intrinsecamente ligada com a perda da diversidade biológica devido ao uso dos recursos naturais comprometendo a conservação e manutenção da biodiversidade. Para Andrade et al. (2018), alguns fatores contribuem para a modificação dos ecossistemas presentes. Estes fatores são a expansão urbana, a escassez da educação ambiental e a carência de políticas públicas em prol da preservação/conservação dos recursos naturais. Assemelhando-se a Fushimi (2010), muitas atividades praticadas pela sociedade desencadeiam e intensificam os desastres naturais, acarretando desequilíbrios e degradações na paisagem.

Nas discussões acerca da degradação em Bacia hidrográficas, Lemos Filho et al. (2017) evidenciam que o uso dos recursos naturais é cada vez mais crescente em bacias hidrográficas, ocasionando a aceleração dos processos de degradação ambiental em diversos elementos que compõem o sistema hidrográfico. Cunha (2010), com a intensidade de desmatamento, atrelado com o crescimento de áreas urbanas, sem as mínimas condições de saneamento (lixo, sedimentos e esgotos) alteram o equilíbrio do ciclo hidrológico. Resultando em uma série de impactos dentro da bacia hidrográfica, causando a degradação dos canais pluviais.

As degradações das redes de drenagem podem ocorrer em dois ambientes, sendo eles urbanos e rurais. Porém, pela área de estudo ser predominantemente rural, este projeto está voltado para a degradação e os processos erosivos nos ambientes rurais.

Nas áreas rurais, os processos de degradação costumam ocorrer, normalmente, pelas práticas agropecuárias, ou seja, a supressão da vegetação para as atividades de plantio e pastagens, como também a excessiva deposição de agrotóxicos e atividades de mineração próximas às margens. Assim como, a retirada ilegal de madeira para a comercialização. Ocasionalmente grandes consequências para a manutenção do ciclo hidrológico, tais como, a transformação dos rios perenes em intermitentes, e a extinção de diversos curso d'água. Desta forma, as áreas tornam-se cada vez mais vulneráveis, ocasionando assoreamento nos canais.

A razão de ocorrência do assoreamento é devido a erosão fluvial, no qual estão sempre relacionados com a supressão e deteiorização da mata ciliar existente, ou seja, a cobertura vegetal que protege os rios. Sem elas os impactos das águas pluviais sobre o solo tornam-se maiores, resultando nas erosões, isto é, transporte e acúmulo de sedimentos. Visto que o papel da vegetação é frear o escoamento sedimentar provindo de outras regiões, fazendo com que o processo seja lento e cause menos impacto aos rios (CUNHA, 2010).

3.5 Legislação ambiental e Áreas Especiais

A partir do Século XX, a criação de espaços territoriais especialmente protegidos tornou-se necessária e a partir disso, firmou-se no Brasil e no mundo como a principal e mais amplamente disseminada estratégia de proteção da natureza (AZEVEDO, B. R. M.; PIGA, F. G.; RODRIGUES, T. C. S.; AZEVEDO, R. R., 2020). No Brasil, este instrumento foi instituído em 1981, pela Política Nacional de Meio Ambiente e, posteriormente, em 1988 pela Constituição Federal, configurando como uma das principais ferramentas para proteção da paisagem e da biodiversidade brasileiras e como garantia do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (SCHÄFFER et al., 2011). De acordo com a lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Art 4º - A Política Nacional do Meio Ambiente visará “À preservação e restauração dos recursos ambientais com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente, concorrendo para a manutenção do equilíbrio ecológico propício à vida”.

De acordo com o Código Florestal Lei n.º 12.651/2012, às áreas especiais de proteção ambiental são: I) áreas de preservação permanente; II) apicuns e salgados, III) reserva legal, IV) unidades de conservação, áreas ambientais municipais e V) áreas de uso restrito.

Por área de preservação permanente – APP, ainda segundo a lei, entenda-se 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” (art. 3º da Lei n.º 12.651/2012). Com a obrigação da lei, as áreas de preservação permanente, estabeleceu uma limitação de natureza administrativa sobre uso e gozo da propriedade.

O 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, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

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 45°, 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;

IX – no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo está definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d’água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X – as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI – em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

No que se refere a segunda tipologia para espaços territoriais protegidos, discutido neste projeto refere-se às Unidades de Conservação (UC 's). As unidades de conservação são áreas destinadas à preservação ambiental, onde predomina um ambiente ecologicamente equilibrado (SAMPAIO et al, 2017). Essas áreas possuem características naturais relevantes, são legalmente instituídas pelo poder público e tem como objetivo preservar e conservar a sobrevivência da biodiversidade, dos recursos genéticos e de processos ecológicos essenciais, além de proteger as belezas naturais locais, como as montanhas, cachoeiras, cânions, rios e lagos (BRASIL, 2000).

Desta forma, as Ucs possuem um regramento específico através da Lei n.º 9.985/2000 – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC. Através da a Lei n.º 9.985/2000, as categorias de unidades de conservação são divididas em áreas de proteção integral e áreas de uso sustentável. Respectivamente, conforme a Lei n.º 9.985/2000, as Unidades de Conservação (Ucs) de Proteção Integral tem como objetivo preservar a natureza, sendo permitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Classificadas em: estação ecológica, reserva biológica, parque nacional, monumento natural e refúgio da vida silvestre. Na bacia hidrográfica do rio Pindaré, a unidade de conservação de proteção integral que integra a região, é a reserva biológica do Gurupi. Situada na porção oeste da bacia hidrográfica, abrangendo o município de Bom Jardim, Centro Novo e São João do Caru.

Já as Áreas de Uso Sustentável, conforme a Lei n.º 9.985/2000, tem como característica, compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parte dos seus recursos naturais. Diferenciando-se das áreas de proteção integral, permite-se a exploração do ambiente de modo sustentável. Recebendo uma classificação no qual é dividida em: áreas de proteção ambiental, áreas de relevante interesse ecológico, floresta nacional, reserva extrativista, reserva da fauna, reserva de desenvolvimento sustentável e reserva particular do patrimônio natural. A região de estudo compreende uma unidade de conservação de Uso Sustentável, seno a Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense, no qual compreende uma área de 178.846 ha, integrando 11 municípios, localizada na região norte da bacia hidrográfica.

Por conseguinte, adentrando nas terras indígenas, a constituição de 1988, o Art. 231 dispõe o reconhecimento dos territórios indígenas, visando a sua organização social, costumes, línguas, crenças e tradições, e os direitos originários sobre as terras que tradicionalmente ocupam, competindo à União, proteger e fazer respeitar todos os seus bens. Conforme o capítulo III do artigo 231:

§ 1º - São terras tradicionalmente ocupadas pelos índios as por eles habitadas em caráter permanente, as utilizadas para suas atividades produtivas, as imprescindíveis à preservação dos recursos ambientais necessários a seu bem-estar e as necessárias a sua reprodução física e cultural, segundo seus usos, costumes e tradições.

§ 2º - As terras tradicionalmente ocupadas pelos índios destinam-se a sua posse permanente, cabendo-lhes o usufruto exclusivo das riquezas do solo, dos rios e dos lagos nelas existentes.

§ 3º - O aproveitamento dos recursos hídricos, incluídos os potenciais energéticos, a pesquisa e a lavra das riquezas minerais em terras indígenas só podem ser efetivados com autorização do Congresso Nacional, ouvidas as comunidades afetadas, ficando-lhes assegurada participação nos resultados da lavra, na forma da lei.

§ 4º - As terras de que trata este artigo são inalienáveis e indisponíveis, e os direitos sobre elas, imprescritíveis.

§ 5º - É vedada a remoção dos grupos indígenas de suas terras, salvo, "ad referendum" do Congresso Nacional, em caso de catástrofe ou epidemia que ponha em risco sua população, ou no interesse da soberania do País, após deliberação do Congresso Nacional, garantido, em qualquer hipótese, o retorno imediato logo que cesse o risco.

§ 6º - São nulos e extintos, não produzindo efeitos jurídicos, os atos que tenham por objeto a ocupação, o domínio e a posse das terras a que se refere este artigo, ou a exploração das riquezas naturais do solo, dos rios e dos lagos nelas existentes, ressalvado relevante interesse público da União, segundo o que dispuser lei complementar, não gerando a nulidade e a extinção direito a indenização ou a ações contra a União, salvo, na forma da lei, quanto às benfeitorias derivadas da ocupação de boa fé.

§ 7º - Não se aplica às terras indígenas o disposto no art. 174, § 3º e § 4º. Art. 232. Os índios, suas comunidades e organizações são partes legítimas para ingressar em juízo em defesa de seus direitos e interesses, intervindo o Ministério Público em todos os atos do processo.

Este capítulo foi destinado à posse e ocupação dessas terras, em prol a proteção e preservação dessas áreas. Reconhecendo seus direitos, costumes e tradições. Destacando o parágrafo 6, que limita qualquer exploração das riquezas naturais no território destinado. Assim como no estatuto do índio, título III das terras dos índios, capítulo I das disposições gerais:

Art. 18. As terras indígenas não poderão ser objeto de arrendamento ou de qualquer ato ou negócio jurídico que restrinja o pleno exercício da posse direta pela comunidade indígena ou pelos silvícolas.

§ 1º Nessas áreas, é vedada a qualquer pessoa estranha aos grupos tribais ou comunidades indígenas a prática da caça, pesca ou coleta de frutos, assim como de atividade agropecuária ou extrativa.

Os avanços trazidos pela constituição de 1988, e pelas demais legislações correlatas aos direitos indígenas, somaram significativamente para o direito à terra dessa população. Em contrapartida, esses territórios sofrem múltiplas pressões devido aos interesses econômicos a fim de explorar os recursos naturais existentes na região ou próximo às regiões, tais como, a

retirada de madeira, atividades de mineração, caças ilegais e práticas agropecuárias. Resultando em diversos conflitos e deteriorando os ambientes físicos. Assim sendo, a BHRP reconhece legalmente seis terras indígenas em sua região, sendo elas, Caru, Araribóia, Rio Pindaré, Awa, Kriati e Governador. Pela área contar com intensas atividades antrópicas, as terras indígenas vêm sofrendo constates pressões ao logo de suas limitações.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização desta pesquisa, definiu-se a utilização dos seguintes procedimentos metodológicos.

4.1 Levantamento Bibliográfico

O levantamento bibliográfico deu-se a partir de estudos em artigos, trabalhos, teses, monografias, dissertações, relatórios, e-books e livros acerca do tema da pesquisa.

Foram pesquisados conteúdos relacionados a bacias hidrográficas, Teoria Geral dos Sistemas, Degradação ambiental, legislação ambiental, conceitos de uso e cobertura da terra. E também os aspectos naturais existentes em uma bacia hidrográfica.

A metodologia está fragmentada em quatro etapas básicas que envolvem os seguintes procedimentos: organização e levantamento inicial de dados; mapeamento dos componentes físico-naturais e socioeconômicos; mapeamento do uso e cobertura e a última etapa consiste na análise e diagnóstico da situação ambiental e as propostas mitigadoras para o planejamento do uso das terras.

i) Fase de Organização e Levantamento Inicial

A base para se iniciar os procedimentos inseridos neste projeto se vincula a definição da área de estudo e escala, seja ela cartográfica como geográfica. A escala regional é inevitável diante da bacia hidrográfica do rio Pindaré abrange trinta e dois municípios da região oeste do Estado do Maranhão. Por outro lado, esse trabalho tem como objetivo oferecer uma escala cartográfica que se vincula ao nível exploratório e de reconhecimento, que Santos (2004) enfatiza que abrange escalas de 1:100.000 até 1:1.000.000, e até mesmo, no caso de possíveis divisões das sub-bacias hidrográficas, com análises mais aplicadas, alcançar a escala de semi-detalle, compatível com os dados que serão levantados, bem como com a abrangência espacial das bacias hidrográficas.

Dessa forma, avança-se para o levantamento das primeiras informações sobre a área de estudo (informações cartográficas) como sua delimitação, que é disponibilizada gratuitamente por meio da Agência Nacional das Águas (ANA), sendo verificada a delimitação de acordo com o Modelo Digital de Elevação – SRTM, disponível nos *sites* da *National Aeronautics and Space Administration* – NASA/Earth Explorer (resolução de 30 metros) e NASA/Alos Palsar (resolução de 12,5 metros). Ambas passarão por uma correção para as imperfeições refletidas no *raster*, no

intuito de adequar todo o conjunto de pixels ao cálculo numérico de elevação, condizente com a realidade terrestre. Toda a base cartográfica e os mapas derivados deste trabalho serão projetados em sistema de coordenada Universal Transversa de Mercator (UTM) segundo o Datum SIRGAS 2000 – Zona 23 Sul.

Ainda nesta primeira etapa, fez-se o levantamento bibliográfico que consistiu em promover o estudo prévio das informações disponíveis sobre o tema, área de estudo, assim como o histórico dos municípios estudados e os dados relevantes sobre as características locais, por meio de trabalhos já realizados na área ou semelhantes, favorecendo um ordenamento das informações e contribuindo para a efetivação das etapas propostas no projeto.

ii) Mapeamento

Para o mapeamento, os dados referentes aos componentes físico-naturais e socioeconômicos, foi utilizado procedimentos ligados ao Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando-se do Qgis e ArcGis 10[®]. A seguir são detalhados os procedimentos metodológicos empregados na geração dos mapas temáticos e demais abordagens visando alcançar os objetivos propostos.

iii) Integração do meio físico

Geologia: Foram utilizados dados do Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia Legal, Instituto de Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMESC).

Solos: vinculou-se aos dados disponíveis no Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia Legal, Instituto de Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMESC). Com o intuito de detalhar de maneira mais satisfatória os dados obtidos nessas fontes, serão usadas imagens de satélite, saídas de campo e interações entre os componentes do meio físico.

Hidrografia: consiste não só na espacialização desta, bem como na análise morfométrica segundo a metodologia de Christofolletti (1980), o que auxiliará no melhor gerenciamento dos meios naturais, além de impactar positivamente no conhecimento e análise dos recursos hídricos. Seus dados foram vinculados às fontes do ZEE da Amazônia Legal, IBGE, IMESC e ANA.

Relevo: consistiu-se na identificação do mapeamento hipsométrico, dos compartimentos geomorfológicos e da declividade, que foram realizados por meio da

importação do Modelo Digital de Terreno/SRTM, bem como dados do IBGE, que foram trabalhados em ambiente SIG. A declividade atenderá a uma predefinição das classes, podendo ser utilizadas àquelas descritas no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2018).

iv) Uso e Cobertura

Uso e cobertura da terra: Para mapear o uso e cobertura da terra existente na bacia hidrográfica do rio Pindaré, adotou-se uma classificação não supervisionada através do mosaico de imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, para as imagens de 1984 à 2011; satélite Landsat 8, sensor Operational Land Imager (OLI) para imagens mais recentes (2020), disponíveis gratuitamente no Catálogo de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE e no Serviço Geológico dos Estados Unidos – USGS. Todas as imagens foram analisadas e processadas em ambiente SIG, além de saídas de campo para comprovação da realidade terrestre com a classificação realizada em plano virtual. Também foi adotado a base de dados disponíveis no MapBiomas, a fim de comparar e agregar os resultados obtidos. Esta plataforma fornece dados matriciais do uso e cobertura da terra para todo o Brasil, do ano de 1985 até 2020, baseado na coleção 6. No qual são produzidos a partir dos mosaicos Landsat, sendo realizadas as classificações que resultam nos mapas de cobertura e uso da terra para cada ano. Dentro da lógica proposta pelo MapBiomas os mapas são atualizados uma vez que houver um aperfeiçoamento nos algoritmos de classificação. A metodologia de classificação é dinâmica e processual, com a finalidade de aperfeiçoar a classificação de cada tipologia.

Ainda com relação ao uso e cobertura da terra, foi realizada, a interpretação e mapeamento das Áreas Preservação Permanente, Terras Indígenas, Unidades de Proteção Ambiental, entre outras áreas que tenham aspectos legais que possam conservar e/ou preservar os remanescentes florestais. Nesse contexto, entram informações como o Código Florestal, Sistema Nacional de Unidades de Conservação, unidades que se vinculam à Fundação Nacional do Índio – FUNAI, dados do IBGE e IMESC, entre outras fontes necessárias para fazer tal levantamento.

v) Pressões de Uso: Já para o mapa de pressões de uso, adotou-se a metodologia proposta por COSTA (2022) seguindo algumas adequações para esta pesquisa. Sendo assim, para as identificações das unidades de pressão, foi somado as feições para cada categoria de classe (e as seguintes subdivisões), sendo apenas a cobertura vegetal, agropecuária e silvicultura, uso urbano e corpos hídricos.

Aspectos socioeconômicos: em relação aos levantamentos de informações de cunho socioeconômico dos municípios banhados pela bacia hidrográfica do rio Pindaré, foi realizada, preliminarmente, pesquisas nos *sites* dos principais órgãos de informações desse âmbito, dentre os quais: IBGE e IMESC. Discutindo-se aspectos como o índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM), coleta dos resíduos sólidos, formas de abastecimento de água da cidade, identificar indicadores populacionais, produto interno bruto municipal, vinculando-o à agropecuária, indústria e serviços.

vi) Trabalho de campo: Para confirmar as informações geradas nesta pesquisa, foi realizado um trabalho de campo nas regiões mais deterioradas pelo avanço antrópico na região. Para essa identificação, foi utilizado o mapeamento de uso e cobertura da terra referente ao ano de 2020. Os municípios validados foram: Viana, Santa Luzia do Tide, Pindaré- Mirim, Buriticupu, Bom Jesus das Selvas, Cajari, Amarante do Maranhão e Alto Alegre do Pindaré. O instrumento utilizado para essa validação consistiu no auxílio do Drone DJI MAVIC 3.

4.2 Mapeamentos Temáticos

A base que se deu para iniciar os procedimentos vincula-se à definição da área de estudo e escala, cartográfica e geográfica. Esse plano de trabalho tem como objetivo oferecer uma escala cartográfica que se vincula ao nível exploratório e de reconhecimento, que Santos (2004) enfatiza que abrange escalas de 1:100.000 até 1:1.000.000, compatível com os dados que foram levantados, bem como com a abrangência espacial das bacias hidrográficas. Dessa forma, avançou-se para o levantamento das primeiras informações sobre a área de estudo (informações cartográficas) como sua delimitação, que é disponibilizada gratuitamente por meio da Agência Nacional das Águas (ANA), sendo verificada de acordo com o Modelo Digital de Elevação – SRTM, disponível no site da NASA/Alos Parsar (resolução de 12,5 metros).

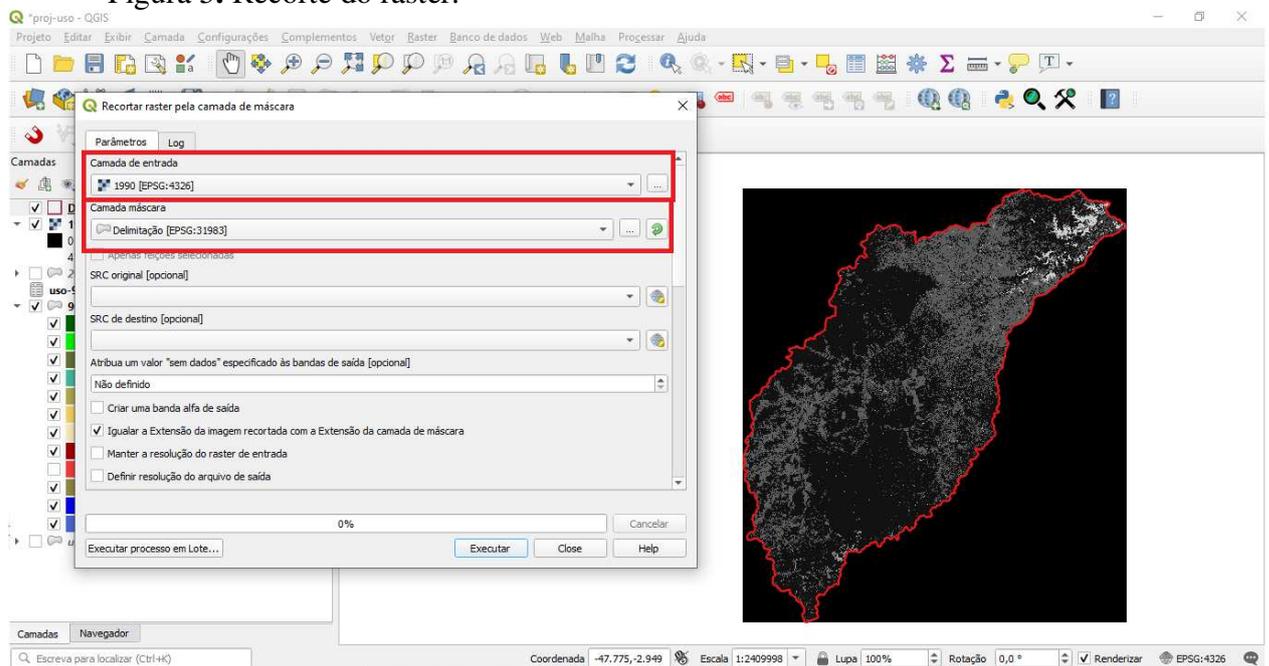
Para a caracterização da área de estudo, foi feito um levantamento de dados de geologia, relevo e solos. Enquanto o primeiro tomou-se como base a Companhia de Pesquisa e Recursos Mineirais (CPRM), a segunda e terceiro buscou-se dados do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão (ZEE-MA). Contudo, diante das escalas apresentadas por essas bases, elaborou-se a validação com saída de campo e manuseio de imagens de satélite. Com isso, foram ajustados polígonos que não correspondiam com suas áreas reais, bem como, criados novos polígonos. Essa validação foi fundamental para detalhar a área e para que as bases correspondam aos locais corretos de suas formações geológicas, geomorfológicas e pedológicas.

4.3. Uso e cobertura da terra

Para mapear o uso e cobertura da terra existente na bacia hidrográfica do rio Pindaré, adotou-se a base de dados disponíveis no MapBiomias. Esta plataforma fornece dados matriciais do uso e cobertura da terra para todo o Brasil, do ano de 1985 até 2020, baseado na coleção 6. No qual são produzidos a partir dos mosaicos Landsat, sendo realizadas as classificações que resultam nos mapas de cobertura e uso da terra para cada ano. Dentro da lógica proposta pelo MapBiomias os mapas são atualizados uma vez que houver um aperfeiçoamento nos algoritmos de classificação. A metodologia de classificação é dinâmica e processual, com a finalidade de aperfeiçoar a classificação de cada tipologia.

Para produzir o mapa de uso e cobertura da bacia hidrográfica do rio Pindaré, foi realizado, inicialmente, um recorte para a área estudada (figura 5) identificando o raster que será recordado, e em seguida a delimitação da bacia. Através do software QGIS 3.10.

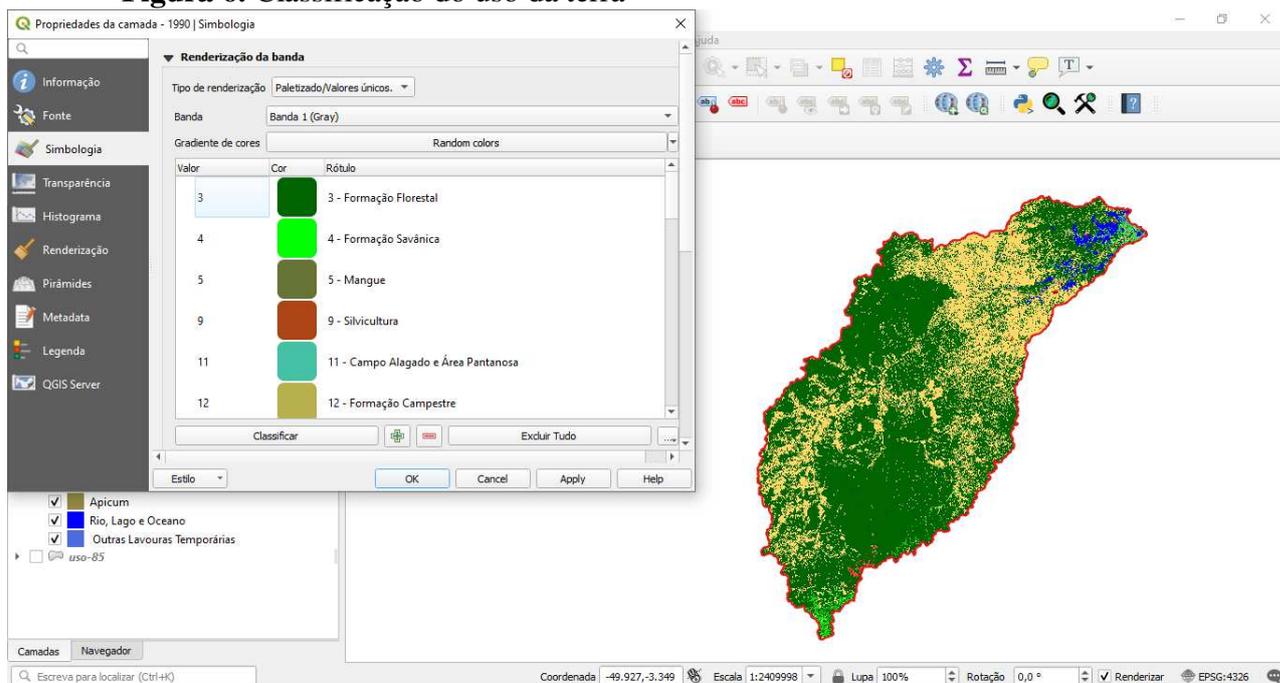
Figura 5. Recorte do raster.



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Posteriormente, para definir e identificar a classificação dos diferentes usos, utilizou-se a paleta de cores RGB de cada classe da legenda (figura 6), disponibilizada no próprio site.

Figura 6. Classificação do uso da terra



Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

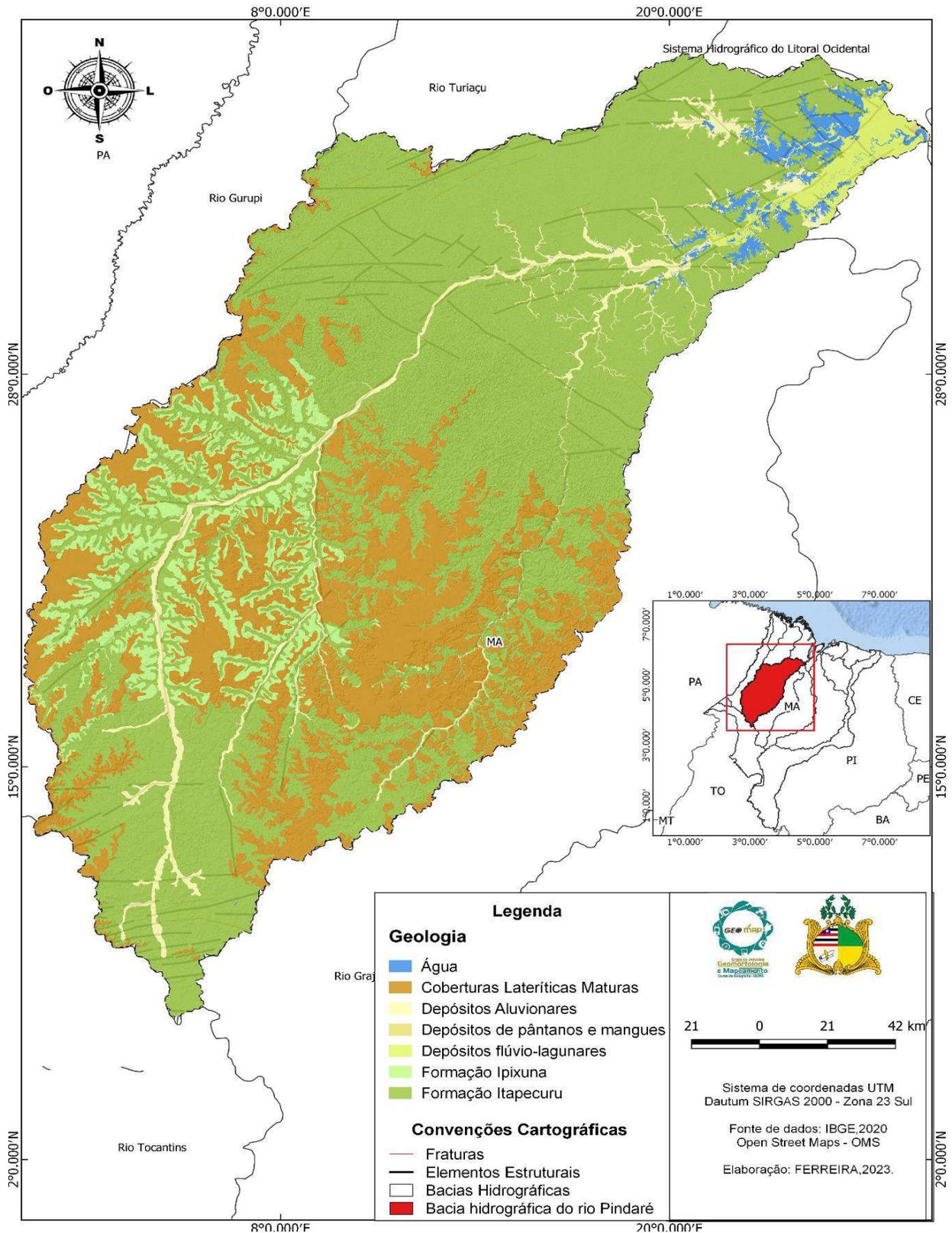
Por fim, foi necessário fazer a conversão do formato do arquivo. Alternando do formato matricial para vetorial, a fim de poligonizar as feições e obter um cálculo de área.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.2 Geologia

A bacia do rio Pindaré está integrada a Província Estrutural do Parnaíba, no qual é constituída principalmente por sedimentos enozoicos, além de enozoicos e enozoicos (PESSOA & BORGHI, 2004. P,1). Na área de estudo, foi identificado, através do mapeamento, 6 unidades geológicas presentes na bacia (Figura 7).

Figura 7. Mapa de Geologia da Bacia hidrográfica do Rio Pindaré.



Elaboração: FERREIRA, 2023.

A Formação Itapecuru é composta por arenitos, argilitos, folhelhos, siltitos e arenitos arcoseanos (LOPES; TEIXEIRA, 2013). Com maior predominância formando 62% (Figura 8) das, apresentando uma área de 25.047,6 km² (Tabela 1). De acordo com Lima (1978), estas formações representam as rochas com maior disponibilidade hídrica subterrânea da bacia.

Tabela 1. Área das formações geológicas da Bacia hidrográficado rio Pindaré

Unidades Geológicas	Área (km²)	Porcentagem
Formação Itapecuru	25.047,6	63%
Coberturas Lateríticas Maturas	10.029,5	25%
Formação Ipixuna	2.538,79	6%
Depósitos Aluvionares	1.477,42	4%
Depósitos flúvio-lagunares	671,355	2%
Depósitos pântanos e mangues	7,63154	0%

Elaboração: FERREIRA,2023.

Os Depósitos Aluvionares são constituídos a partir de areias e argilas, sendo transportadas e depositadas pelos rios e igarapés (LOPES; TEIXEIRA, 2013). Esses depósitos formados a partir de areias médias, mal selecionadas, quartzosas, submaturas a maturas, apresentando intercalações de pelitos, formando os depósitos de canal, de barras de canal e da planície de inundação dos cursos médios dos rios (CPRM, 2000). Esta unidade geológica encontra-se presente no curso d'água principal que drena a bacia hidrográfica. Representando uma área de 1.477,42 km², representando apenas 4%.

As Coberturas Lateríticas são encontradas no alto e médio curso do rio Pindaré, sendo a segunda unidade geológica de maior predominância (25%), apresentando uma área de 10.029,5 km². Desta forma, para se originar, seu material sofre influência do intemperismo físico e químico. A partir disso, constou-se a presença das coberturas lateríticas no município de Santa Luzia (Figura 8)

Figura 8. Presença de coberturas laterísticas no município de Santa Luzia – MA



Fonte: CPRM, 2010

Os Depósitos flúvio-lagunares são encontrados no sistema lacustre da planície de inundação da baixada maranhense e no leito do rio Pindaré, com uma área de 671,35 km² (2%). Formado através de um evento transgressivo, no qual deu origem ao afogamento dos baixos cursos do rio Pindaré. Resultando na deposição de argilas adensadas com areia fina disseminada. (LOPES; TEIXEIRA, 2013).

Já a formação Ipixuna, forma-se a partir de conglomerados, arenitos e pelitos depositados ao longo dos meandros do rio Pindaré (LOPES; TEIXEIRA, 2013). Apresentando uma área total de 2538,79 km² (6%).

5.3 Relevo

AB'SABER (1969) propôs uma análise para entender a dinâmica da geomorfologia aplicada aos estudos ambientais. Através da relação entre três fatores que influenciam no relevo. Sendo eles, a identificação de uma compartimentação morfológica dos terrenos (I), levantamento da estrutura superficial das paisagens (II), e os processos morfodinâmicos (III). A partir dessa perspectiva, para a identificação da compartimentação morfológica do terreno, ou seja, as observações decorrentes da topografia e suas características morfológicas, foi necessário, inicialmente, o mapeamento do perfil morfológico encontrado na região de estudo, sendo eles a Planície Costeira da Baixada Maranhense e as Superfícies Aplainadas do Planalto Dissecado do Gurupi- Grajaú com suas subdivisões (Figura 9).

De acordo com Dantas (2013), a baixada maranhense consiste em uma vasta planície fluvio-marinha de topografia extremamente plana e praticamente ajustada ao nível de base geral, denominada Planície da Baixada Maranhense. Esta forma de relevo compõe 13% da bacia, com uma área de 5.114,53 km² (Figura 11). Sobre a região, Dantas (2013) afirma:

Essa unidade consiste, portanto, de vastas planícies fluviolacustres e fluvio-marinhas constituídas por sedimentos inconsolidados de idade holocênica. São terrenos argilosos e ricos em matéria orgânica, com predomínio de Gleissolos Háplicos, Gleissolos Sállicos, Gleissolos Tiomórficos e Solos de Mangue (IBGE, 2011^a)

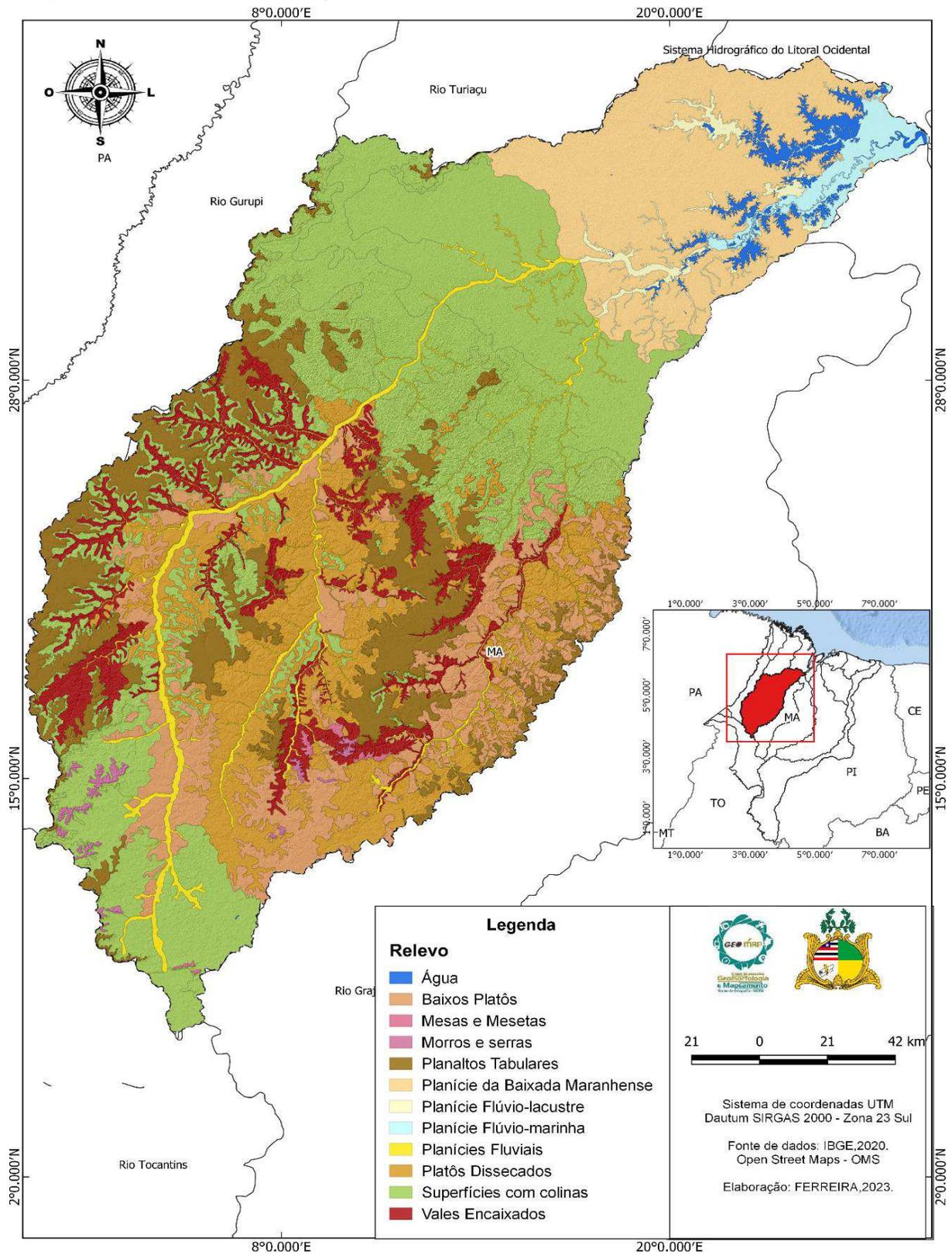
Em superfície, registra-se um diversificado conjunto de ambientes deposicionais de origem fluvial, fluvio-marinha, lacustre. Em toda a região destaca-se grande domínio das planícies fluvio-marinhas, com uma área de 679,52 km², correspondendo a 2% da área total da bacia. Seguida das planícies lacustre com 531,54 km², correspondendo a 1% do relevo presentes em todo baixo curso do rio Pindaré. A exemplo disso, a figura 10 evidencia a presença de planície fluviolacustre, localizada no município de Viana, na baixada maranhense, situada no baixo curso da região

Figura 10. Planície Fluviolacustre no município de Viana - MA



Fonte: Registro da pesquisa, 2022.

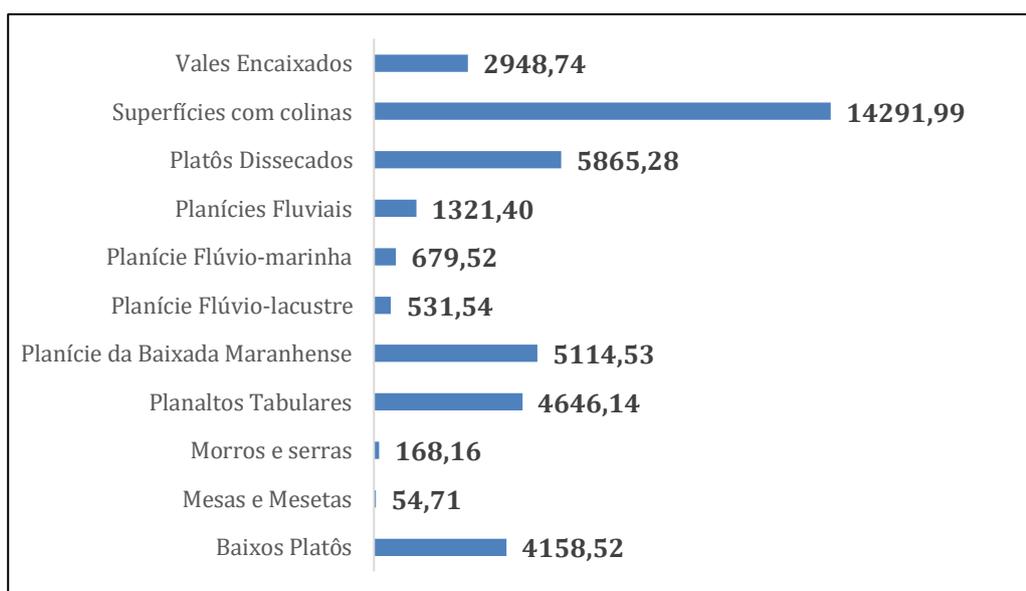
Figura 9. Relevo da Bacia hidrográfica do rio Pindaré



Elaboração: FERREIRA, 2023.

Já o Planalto Dissecado Gurupi-Grajaú ocupa o setor centro-ocidental da região e está representado por um conjunto de superfícies tabulares elevadas (12%), com área de 4.646,14 km² no total. Também apresenta amplas planícies fluviais nos fundos de vales dos rios, principalmente na drenagem do rio Pindaré, totalizando 3% da área correspondendo a 321,40 km² de extensão. Este Planalto, costumam ser modelados em cotas elevadas, formando vales encaixados, presentes no alto curso da bacia, correspondendo a 7% e uma área de 2.948,74 km². Seguido de baixos platôs, presentes ao longo do médio curso, equivalente a 10% do relevo na região. Acompanhado pelos platôs dissecados (15%).

Figura 11. Predominância dos relevos da Bacia hidrográficoado Rio Pindaré



Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

As colinas e morros dissecados também estão integrados na superfície dessa região, com predominância de 36% e uma área de 14291,99 km², estão presentes em todo o médio e alto curso da bacia hidrográfica. Dantas (2013), destaca que esta forma de relevo apresenta uma zona de desmatamento e vulnerabilidade aos processos erosivos. O autor discorre sobre os relevos:

Segundo Marçal e Guerra (2003), o relevo de colinas amplas ou aplainado, embutido entre os baixos platôs, consiste na zona mais desmatada e suscetível à ocorrência de processos erosivos em escala regional. Castro et al. (2006) destacam a ocorrência de processos de erosão induzida pela Rodovia BR-222 em Açailândia. A recente obra de alargamento dessa rodovia, que interliga São Luís e Açailândia, expõe diversos trechos suscetíveis a processos de erosão laminar,

ravinamentos e deslizamentos rasos ao longo dos taludes recém-implantados.

A exemplo disso, a figura 12 apresenta a predominância das superfícies com colinas presentes no município de Santa Luzia, destaca-se que esta forma de relevo apresenta predominantemente, um alto teor de cobertura florestal ao longo de sua extensão. Em contrapartida, ao lado direito da região, ressalta-se algumas superfícies desmatadas, com solos expostos, escassa cobertura florestal no baixo platô e margens desprotegidas próximas ao afluente do rio. Sendo assim, a remoção da vegetação nativa dessa área expõe o solo aos impactos das chuvas, aumentando os processos erosivos, elevando a vulnerabilidade do afluente aos processos sedimentares, ocasionando o assoreamento do canal. Também é possível observar a presença de uma erosão desenvolvida ao final da colina, em decorrência da exposição do solo aos processos morfodinâmicos.

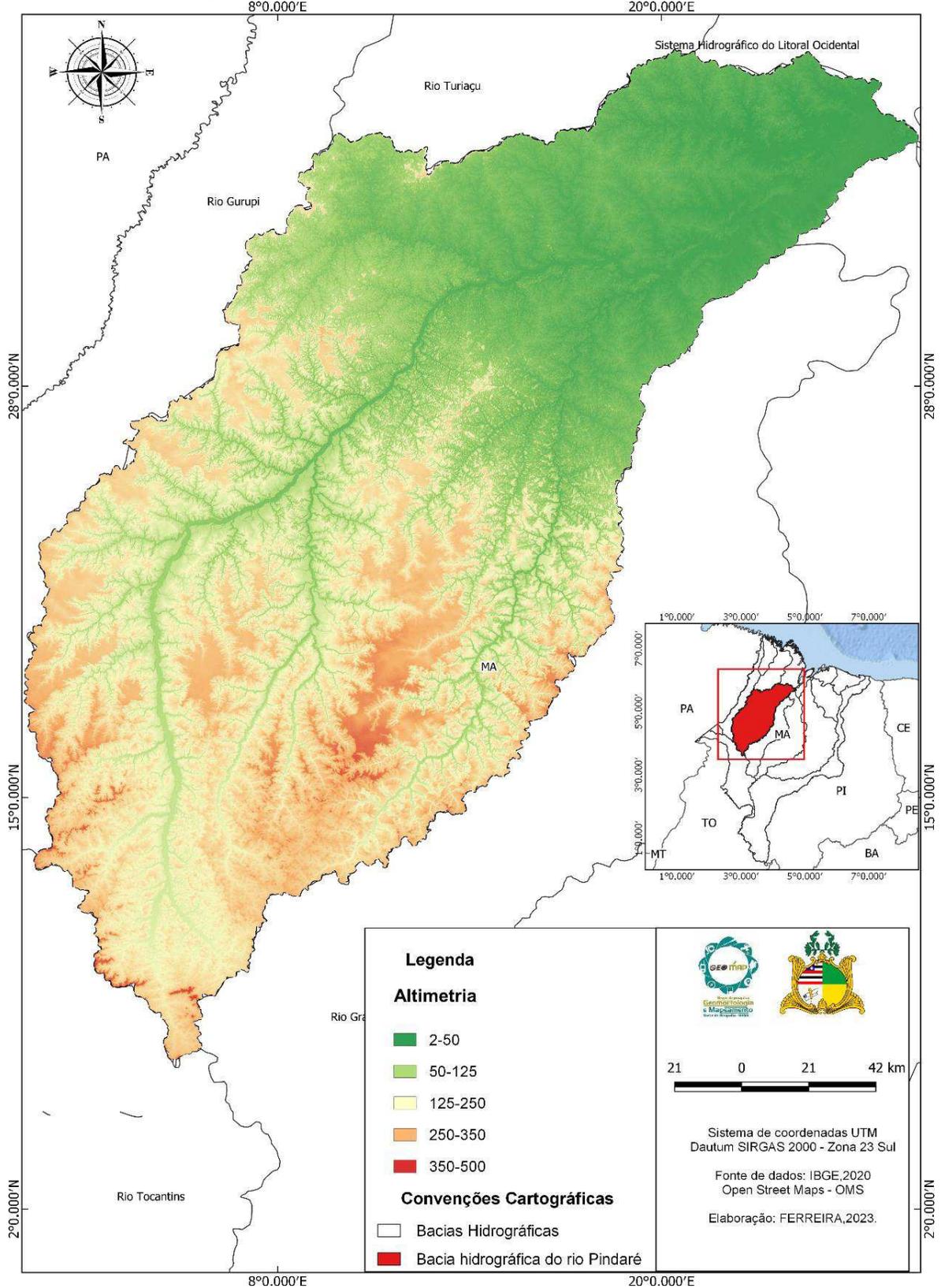
Figura 12. Superfícies com colinas em Santa Luzia - MA



Fonte: Registro da pesquisa, 2022.

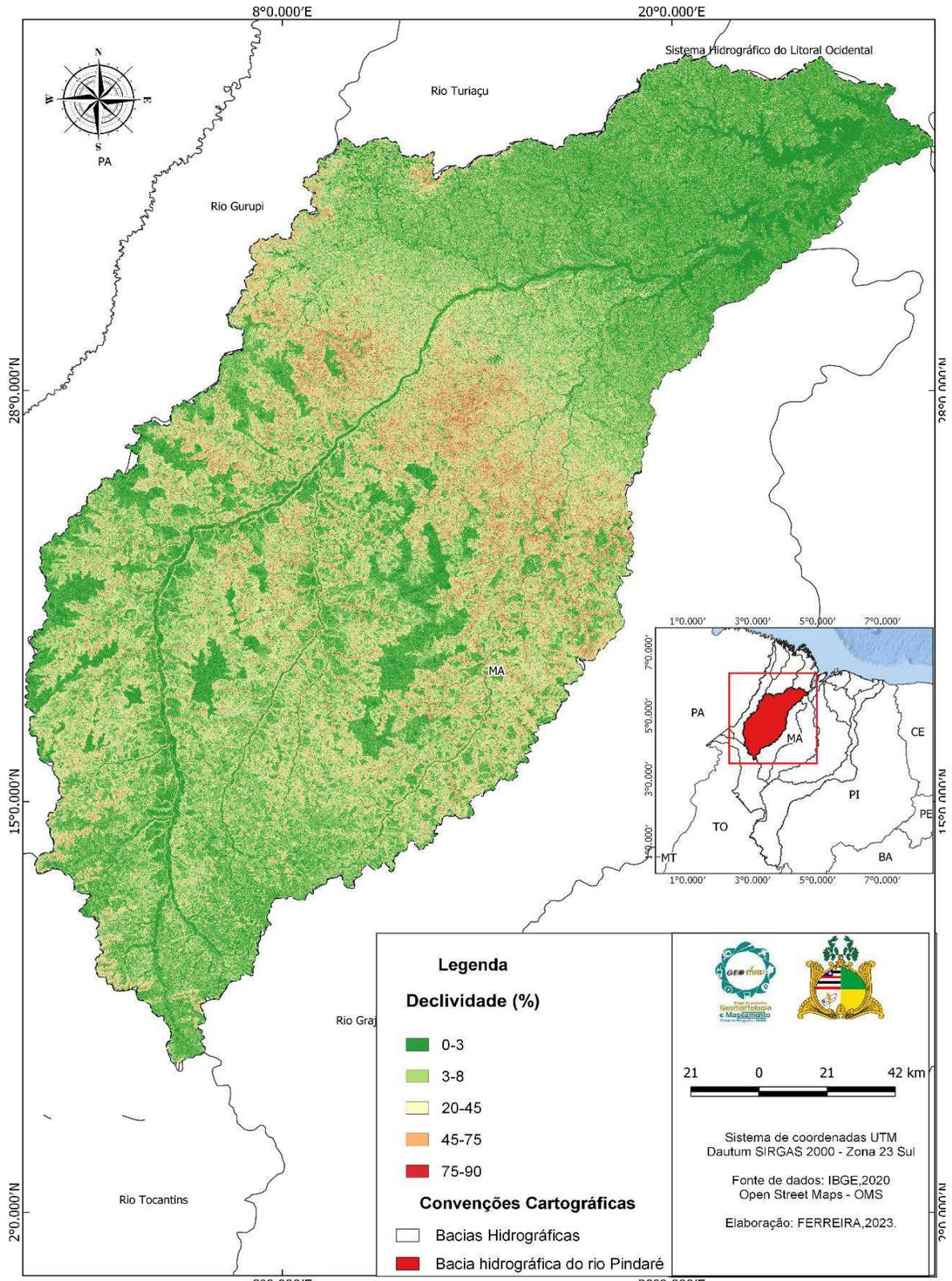
Seguindo a dinâmica da paisagem proposta por Ab'saber, para caracterização morfométrica da bacia, tornou-se necessário o mapeamento topográfico para a realização da análise (Figura 13 e 14). ARBRECHT & MARTZ (1999) analisaram a importância da topografia na distribuição de fluxo de água sobre a superfície terrestre, sendo relevantes para a obtenção de dados de uma bacia hidrográfica, tais como a sua delimitação, comprimento do rio principal, forma da bacia, orientação das vertentes e características dos canais de drenagem, (MOORE et al., 19

Figura 13. Mapa de Altimetria da Bacia hidrográfica do rio Pindaré.



Elaboração: FERREIRA, 2023.

Figura 14. Mapa de Declividade da Bacia hidrográfica do rio Pindaré



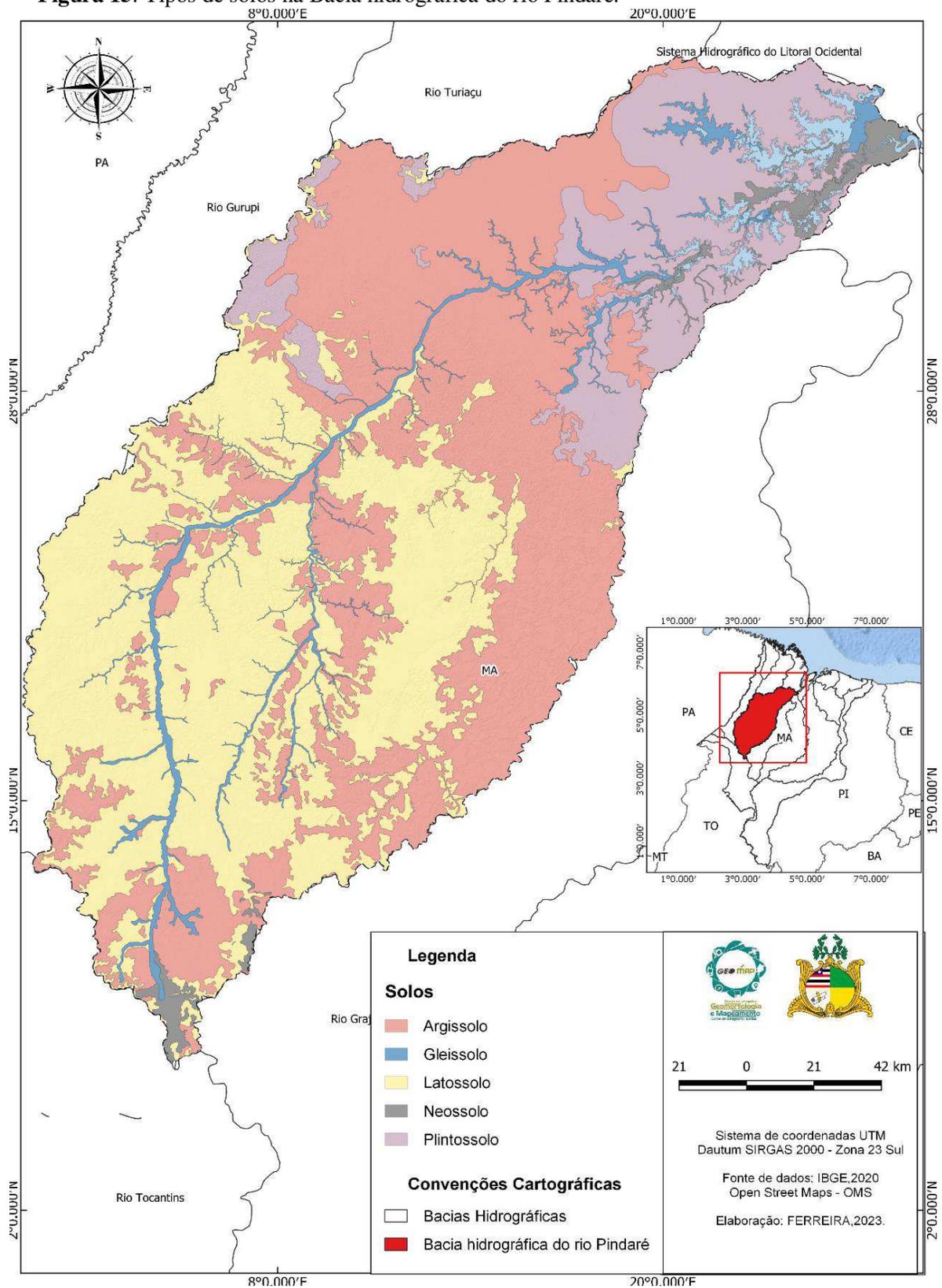
Na BHRP as menores altitudes correspondem ao intervalo de 8-140 metros, que estão presentes, predominantemente, em todo baixo curso e ao longo das planícies fluviais. Isto posto, destaca-se a região da baixada maranhense, formada por baixos intervalos morfométricos (8-140 metros), no qual favorece o desenvolvimento de algumas práticas econômicas, tais como, a pecuária e a utilização de lagos para a pesca. Já as maiores altitudes (350 - 500m), por sua vez, estão presentes em todo médio e alto curso, nas áreas que formam os planaltos dissecados do Gurupi.

Em sequência, ressalta-se a declividade, pois é um fator primordial para diagnosticar as pressões de uso, visto que através da inclinação do solo é possível proporcionar o desenvolvimento de algumas práticas econômicas ou dificultar a instalação da mesma, uma vez que em zonas de inclinações superiores a 45 graus podem afetar: o uso de máquinas, a velocidade da enxurrada, a infiltração de água no solo, a disponibilidade de água no solo e a energia da enxurrada (PIRES; SOUZA, 2006). Nesse sentido, o comportamento da declividade apresenta a predominância no médio e alto curso com inclinações superiores a 45 graus, e no baixo curso áreas com declividade de até 20 graus. Desta forma, algumas áreas do alto e médio curso possuem restrição quanto ao uso do solo, em decorrência da suscetibilidade da área, dificultando a instalação de práticas econômicas e favorecendo a velocidade do escoamento. Sendo assim, ao observar a dinâmica morfológica e morfométrica, percebe-se como estes fatores influenciam em uma bacia hidrográfica. Além disso, Ab'saber também mostra como a morfodinâmica, isto é, as ações antrópicas também interferem nessa dinâmica, resultando em desequilíbrio e proporcionando certos impactos.

5.4 Solos

O solo é o suporte não só dos ecossistemas, mas também das atividades humanas sobre a terra, diante disso seu estudo torna-se de fundamental importância para entender a dinâmica ocorrentes em uma bacia hidrográfica. Desta forma, torna-se necessário analisar suas potencialidades e fragilidades como elemento natural, podendo ser de recurso produtivo, substrato de atividades e principalmente como concentrador de impactos (SANTOS, 2004, p. 80). Visto isso, identificou-se as seguintes classes de solos presentes na bacia hidrográfica do rio Pindaré (Figura 15). Sendo eles: Argissolo, Latossolos, Gleissolos, Luvisolos, Plintossolos e Neossolos.

Figura 15. Tipos de solos na Bacia hidrográfica do rio Pindaré.



Elaboração: Ferreira, 2023.

Os Argissolos cobrem cerca de 42% (Figura 16) da bacia, com uma área de 16.679 km² (Tabela 3), envolvendo parte do alto e baixo curso. Os argissolos, apresentam normalmente o teor de argila no horizonte B (subsuperficial) é bem maior que no horizonte A (superficial), caracterizando o horizonte B textural (EMBRAPA 2018). Conforme a EMBRAPA (2015), esses solos apresentam limitações quanto ao seu manejo, devido a grandes quantidades de cascalhos e fragipó. Também são poucos suscetíveis a processos erosivos, assim como apresentam redução na infiltração.

Tabela 3. Solos da Bacia hidrográfica do rio Pindaré.

Solos	Áreas (km²)	Porcentagem
Argissolos	16.679	42%
Latossolo	14.835	38%
Plintossolos	5.786,10	15%
Gleissolos	1.549,96	4%
Neossolos	268,792	1%

Fonte: Dados da Pesquisa, 2021

Os Latossolos representam 38% dos solos existentes na bacia hidrográfica, com área de 14.835 km², concentrando-se em todo alto e médio curso (Figura 17). São solos minerais, não hidromórficos, São altamente intemperizados e sem incremento de argila em profundidade, geralmente profundos, com horizontes A e B (EMBRAPA, 2018). Esses solos destacam-se pelas boas condições físicas para o desenvolvimento radicular das culturas, assim como baixa susceptibilidade à erosão e condições favoráveis às atividades de mecanização, porém quando apresenta teores elevados de areia e assemelha-se às Areias Quartzosas, são muito suscetíveis à erosão (EMBRAPA 2021). As principais restrições ao uso agrícola referem-se ao baixo nível de fertilidade natural e à baixa capacidade de água disponível, além da elevada taxa de infiltração (EMBRAPA 2015, p. 2.). A vista disso, foram identificadas a ocorrência de voçorocas no grupo dos latossolos no município de Bom Jesus das Selvas (Figura 18 e 19). Este fenômeno é decorrente do processo histórico de desmatamento na região para ocupações, atividades pecuaristas, exploração madeireira e construção de rodovias. Como também tem relação direta com a elevada erodibilidade da cobertura pedológica vinculadas com as formas

de uso e ocupação não planejadas que ocorrem na região. A princípio a retirada de vegetação é considerado o primeiro passo para a erosão, condicionado aos processos exógenos do relevo.

Figura 17. Presença do Latossolo em Santa Luzia - MA



Fonte: Registros da pesquisa, 2022.

Figura 18. Voçorocas no grupo Latossolo em Bom Jesus das Selvas - MA



Fonte: COSTA.2022

Figura 19. Voçorocas no grupo Latossolo em Bom Jesus das Selvas



Fonte: Registro da pesquisa, 2022.

Os Plintossolos integram 15%, com uma área de 5.786,10km². São solos minerais que apresentam horizonte plíntico, litoplíntico ou concrecionário, apresentando uma baixa fertilidade natural (EMBRAPA, 2018). Sobre suas potencialidades, esses solos restringem

fortemente a capacidade de retenção de água destes solos e não são indicados para atividades mecanizadas. Ocorrem geralmente em relevo plano, presentes no baixo e médio curso da bacia hidrográfica, principalmente na região da Baixada Maranhense (figura 20), formando planícies de campos alagados. Deste modo, Esses solos são indicados para a agropecuária, desde que sejam bem manejados (EMBRAPA 2015, p. 2.), o que proporciona atividades econômicas para a criação de bubalinos, culturas alagadas e a pesca nesta região.

Figura 20. Lago de Viana formado por solos plúnticos.



Fonte: COSTA, 2022.

Os Gleissolos apresentam 4,0% dos solos presentes na bacia, com uma área de 1.549,95 km². Estes solos encontram-se dispersos na bacia, presentes ao longo das planícies fluviais. Os Gleissolos são solos minerais, hidromórficos, com horizonte glei ocorrendo nos primeiros 50 cm de profundidade, associados ao material sedimentar próximos aos cursos d'água (EMBRAPA, 2018). Esses solos costumam apresentar uma fertilidade variada, sendo inadequados para a agricultura, pois apresentam uma limitação pelo excesso de água, sendo aptas para o cultivo de arroz de inundação. (EMBRAPA, 2015)

Os Neossolos compõem apenas 1% dos solos, são os solos de menor predominância na Bacia, com uma área de 268,792 km². De acordo com a EMBRAPA (2018), esses solos são pouco desenvolvidos por material mineral, caracterizados pela textura arenosa (classes texturais areia e areia franca). Como também, apresentam um baixo nível de fertilidade natural, com baixa capacidade dos níveis de matéria orgânica, assim como baixa capacidade hídrica

disponível, sendo muito suscetíveis aos processos erosivos. Visto isso, são solos que necessitam de um uso racional para prevenir a sua degradação. Também não são recomendáveis para atividades agrícolas, sendo indicados apenas para a preservação da flora e fauna (EMBRAPA 2015). A partir desses pressupostos, a figura 21 apresenta a formação dos Neossolo Quartzarênico desenvolvidos às margens do rio Pindaré. No entanto, é importante salientar as pressões exercidas sobre estes solos através da expansão urbana desenvolvida próximo ao leito do rio (Figura 22). Fato este preocupante, pois a substituição da cobertura vegetal para áreas destinadas a construção de moradias, proporciona a exposição dos solos, como também a vulnerabilidade do rio aos processos de sedimentação.

Figura 21. Presença do Neossolo Quartzarênico nas margens do rio Pindaré



Fonte: Registro da pesquisa, 2022.

Figura 22. Ascensão da ocupação urbana próximo a classe do Neossolo Quartzarênico nas margens do rio Pindaré



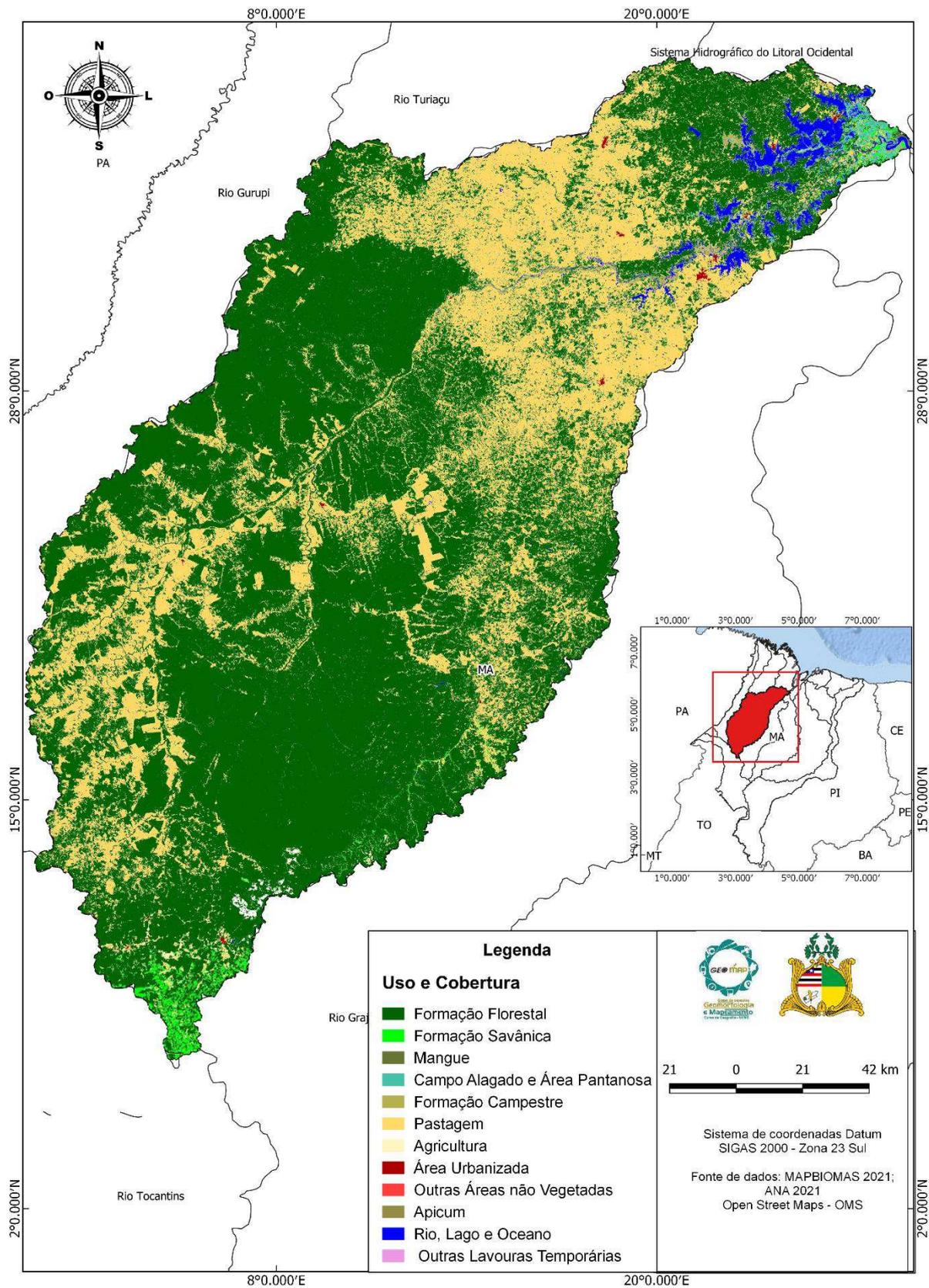
Fonte: Registro da pesquisa, 2022

Portanto, ao observar as diferentes classes de solos presentes na BHRP, pode-se afirmar como este estudo torna-se importante para implementação de usos em uma determinada região, como também a forma como o solo é utilizado têm influência sobre uma bacia hidrográfica, pois o processo de infiltração depende exclusivamente do tipo de solo existente, assim como da cobertura vegetal, em decorrência do arranjo das partículas sólidas e sua graduação granulométrica que determinam o espaço disponível para recepção de água, bem como a sua facilidade de movimento no solo (PAIVA e PAIVA, 2001, p.246).

5.5 Análise Temporal do Uso e Cobertura

O mapeamento do uso e cobertura torna-se um elemento fundamental para a gestão e o planejamento de uma bacia hidrográfica, pois pode-se identificar as atividades econômicas desenvolvidas e como estas podem ocasionar possíveis pressões e impactos sobre os elementos naturais. Visando isso, analisou-se os dados de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Pindaré (Figura 23) na série temporal (do ano de 1990 ao ano de 2020) com o intervalo de 15 (quinze) anos.

Figura 23. Mapa de Uso e Cobertura da Bacia hidrográfica do rio Pindaré- 1990



Elaboração: Ferreira, 2023.

Tabela 4. Área das classes da Bacia hidrográfica do rio Pindaré - 1990

Classes	Área (km ²)
Formação Florestal	27.082,96
Formação Savânica	382,84
Mangue	5,48
C. Alagado e Área Pantanosa	244,73
Formação Campestre	270,46
Pastagem/ Agropecuária	11.590,41
Agricultura e Pastagem	74,23
Área Urbanizada	41,28
Áreas não Vegetadas	67,97
Apicum	1,07
Rio, Lago e Oceano	630,19
Lavouras Temporárias	0,08
Total	40.391,7

Fonte: Dados da Pesquisa, 2022

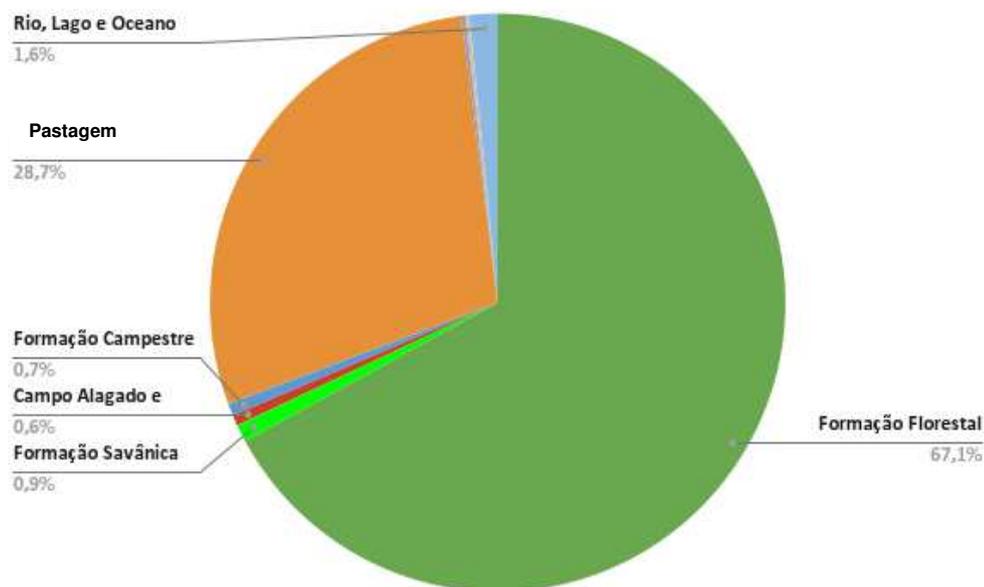
Observa-se que no primeiro ano havia um predomínio da formação florestal, porém as atividades antrópicas já permeavam em um alto grau de concentração na bacia, isto ocorre através de três acontecimentos que são de suma importância para o entendimento do desmatamento na Amazônia maranhense, especificamente, na bacia hidrográfica do rio Pindaré. O primeiro momento ocorreu em 1960 com a construção da BR-222 que conecta a BR-010 (Belém) à São Luís, nos trechos de Açailândia e Santa Luzia, ocorrido na década de 1960. Visto isso, o processo de ocupação antrópica formou-se de modo acelerado, assim como as pressões sobre os recursos naturais foram cada vez mais constantes, principalmente tratando-se das supressões vegetais para a retirada de madeira na região. Conforme MOURA (2011, p 25):

A construção de outra estrada, a BR-222, ligando a rodovia Belém-Brasília a São Luís, favoreceu ainda mais toda essa dinâmica socioeconômica, adicionando novas fronteiras madeireiras e fazendo surgir repentinamente, onde antes só havia floresta, novos povoados e distritos, muitos deles hoje transformados em municípios. (MOURA,2011. p 25)

Posteriormente, tem-se a política de distribuição de terras, e pôr fim a implantação do Projeto Carajás de mineração de ferro, estes trouxeram uma estrutura caótica para o estado, isso provocou mudanças drásticas na ocupação e conseqüentemente no desmatamento, em que áreas agropecuárias fragmentam a paisagem na porção oeste do estado, englobando toda Amazônia Maranhense e conseqüentemente a bacia hidrográfica do rio Pindaré.

Desta forma, verificou-se que no primeiro ano analisado, em 1990, a classe Floresta apresentava uma área de 27.082,96 km² (Tabela 4), o que correspondia a 67,1% da área total da bacia. O restante da área 11.590,41km² (28,7%) era ocupado pela classe de pastagem, seguidos de formações savânicas, campestre, rios e campos alagados (Figura 23).

Figura 23. Percentual das classes de uso da Bacia hidrográfica do rio Pindaré - 1990

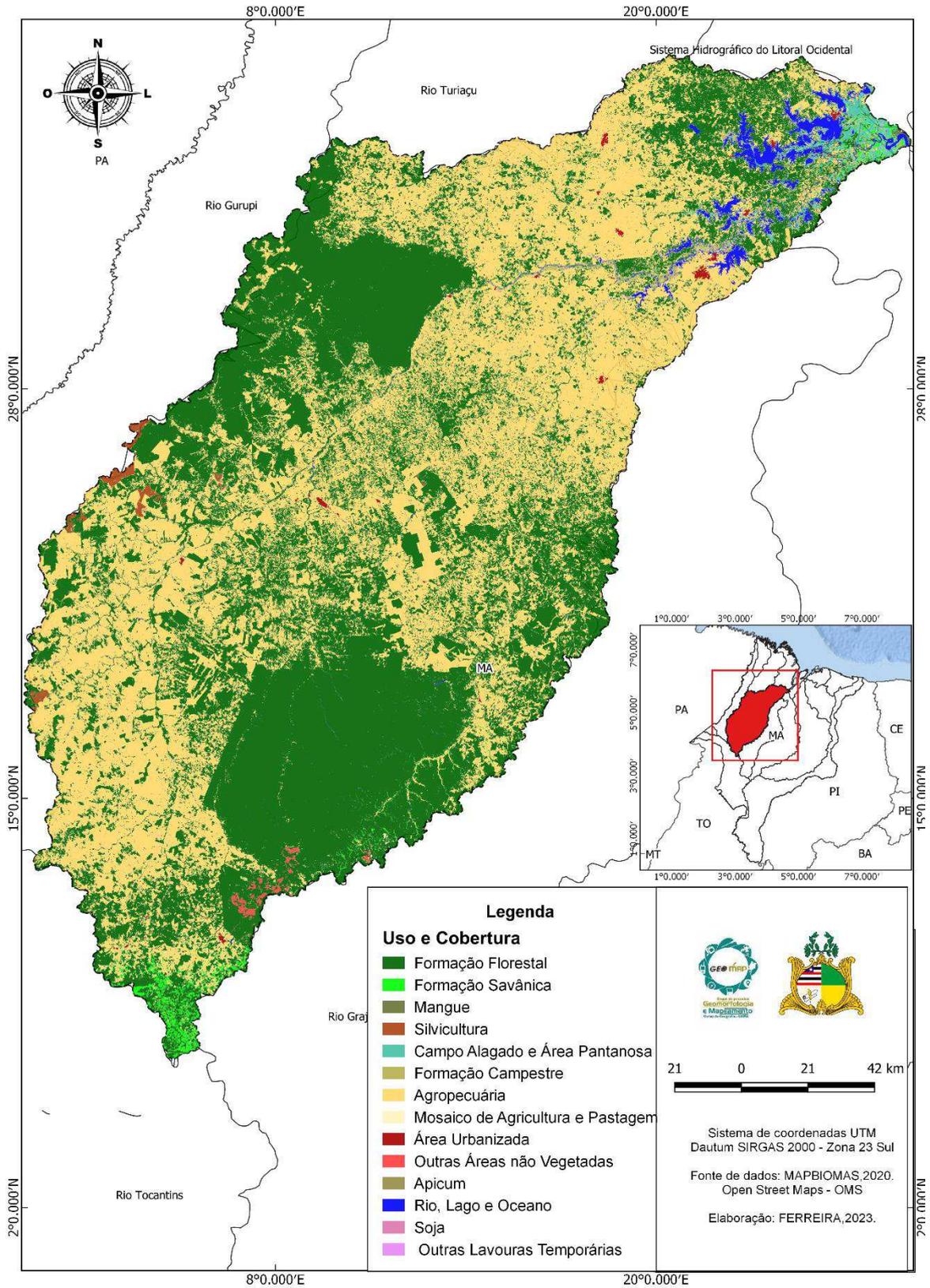


Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

Após 15 anos, observou-se a fase de modificação da paisagem na BHRP, provenientes da expansão das atividades agropecuárias e do desmatamento na região (Figura 24). A partir disso, novas classes de uso foram introduzidas, tais como a silvicultura, as lavouras temporárias e a expansão das áreas urbanas.

Portanto, o ano de 2005 já apresentavam grandes mudanças sobre a cobertura da bacia hidrográfica, principalmente se tratando da formação florestal, pois esta classe apresentou um decréscimo de 16% em relação ao ano anterior, passando de 67,1% para 50,4% da área total, com aproximadamente 20.376,86 km² (Tabela 5). Enquanto a classe pastagem teve um crescimento expressivo em 14,76% em relação ao ano anterior, totalizando 18.296,95 km² (45,3%), o que corresponde a quase metade da cobertura da BHRP (Figura 25). Seguidos dos rios e lagos (1,3%), Formação Savânica (0,8%) e Silvicultura (0,3%).

Figura 24. Mapa do Uso e Cobertura da Bacia hidrográfica do rio Pindaré - 2005



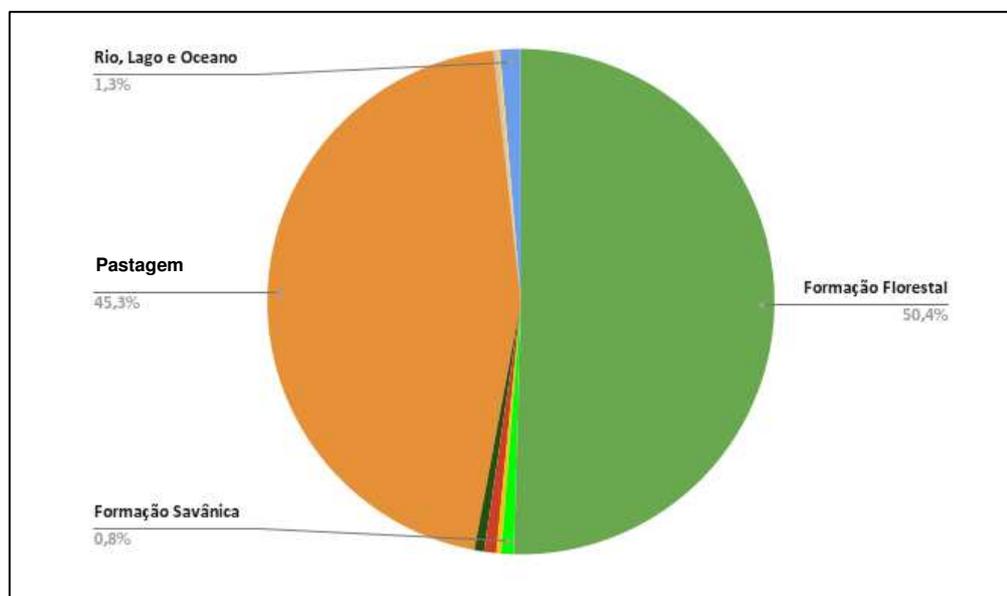
Elaboração: Ferreira, 2023.

Tabela 5. Área das classes da Bacia hidrográfica do rio Pindaré - 2005

Classes	Área (km²)
Formação Florestal	20.376,86
Formação Savânica	321,25
Mangue	5,86
Silvicultura	120,20
Campo Alagado e Área Pantanosa	309,61
Formação Campestre	252,26
Pastagem/ Agropecuária	18.296,95
Mosaico de Agricultura e Pastagem	31,20
Área Urbanizada	71,21
Outras Áreas não Vegetadas	67,93
Apicum	0,35
Rio, Lago e Oceano	529,76
Soja	0,11
Outras Lavouras Temporárias	8,19
Total	40391,74

Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

Figura 25. Percentual classes da Bacia hidrográfica do rio Pindaré -2005



Fonte: Dados da Pesquisa, 2023.

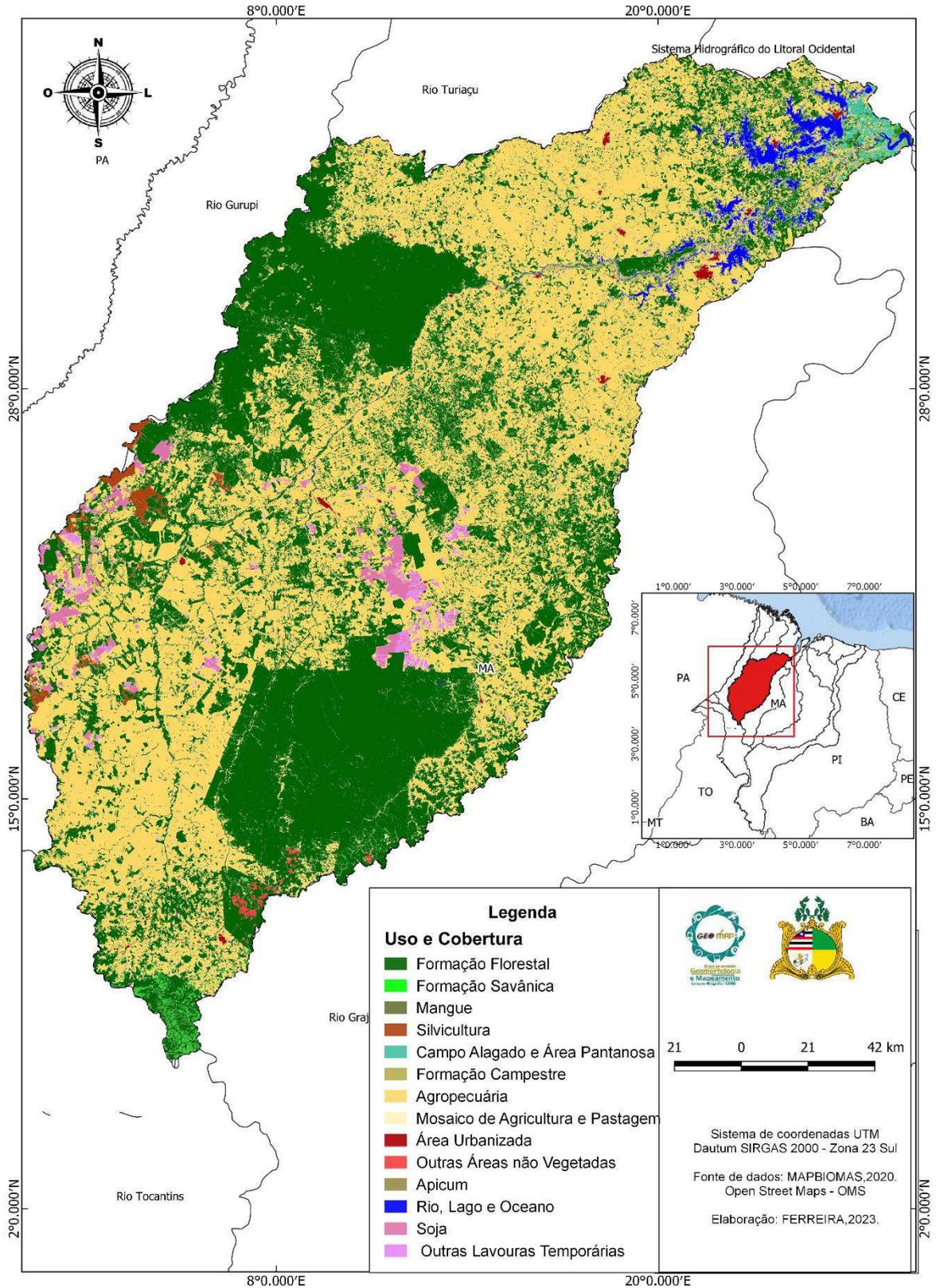
Já para o último ano da análise temporal, é destacado pelas intensas modificações provenientes das atividades antrópicas na região. Sendo intrínseco o predomínio da classe de pastagem sob a bacia hidrográfica (Figura 26). Este ano, apresentou uma conversão nas classes de predominância, uma vez que a classe pastagem superou a formação florestal, ocupando quase metade de toda a cobertura da bacia hidrográfica (48,9%). Os dados evidenciam o aumento de 3,6% para o ano de 2020 e 20,2% quando comparado a década de 90. Enquanto a formação

florestal sofreu decréscimo de 5,7% em comparação com o ano anterior e 22,4% nos últimos 15 anos, passando a ocupar apenas 44,7% da cobertura da BHRP (Tabela 7).

Cabe ressaltar também, a inserção e expansão da soja para este ano, pois o plantio da soja obteve um crescimento expressivo, porém não ganhou tanto espaço em decorrência das condições naturais, pois classe de declividade Fortemente Ondulado na parte central e ao sul da bacia, impede a exploração agrícola, pois pode afetar: o uso de máquinas, a velocidade da enxurrada, a infiltração de água no solo, a disponibilidade de água no solo e a energia da enxurrada (PIRES; SOUZA, 2006).

Em decorrência disso, esta cultura elevou-se apenas 1,5% (Figura 27) ao longo da bacia hidrográfica, com um total de 525,8 km² de áreas destinadas à sojicultura. Seguidos de outras lavouras (0,8%), silvicultura (0,5%). Quanto à classe da rede urbana, a variação permaneceu baixa ao longo dos 30 anos, em decorrência da bacia está localizada em uma área predominantemente rural. Segundo os dados do Censo 2010, 48,1% dos domicílios estão localizados na zona urbana e 51,9% na zona rural, visto isso, a classe de área urbanizada apresentou apenas 0,3% do território ocupado.

Figura 26. Uso e Cobertura da Bacia hidrográfica do rio Pindaré - 2020



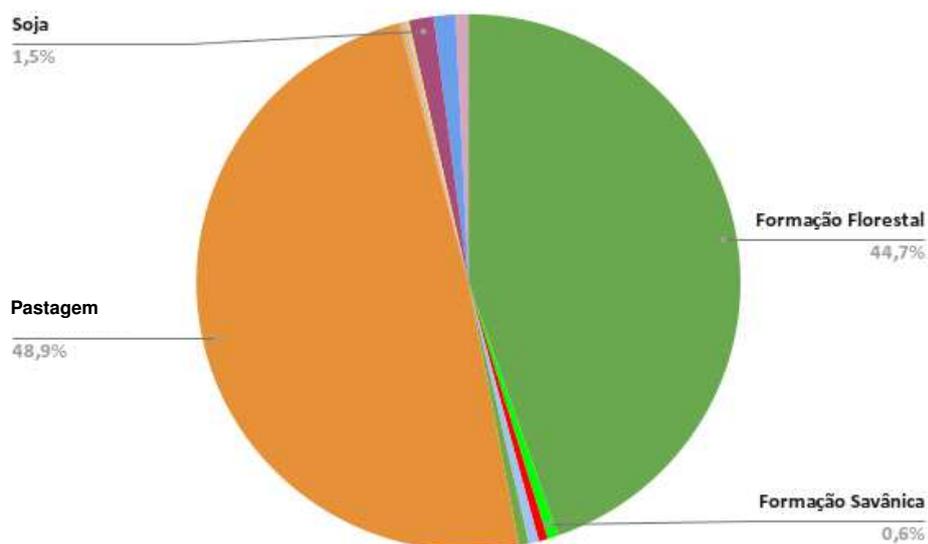
Elaboração: Ferreira, 2023.

Tabela 7. Área das classes da Bacia hidrográfica do rio Pindaré -2020

Classes	Área (km ²)
Formação Florestal	18038,46
Formação Savânica	252,75
Mangue	3,03
Silvicultura	218,77
Campo Alagado e Área Pantanosa	241,82
Formação Campestre	238,75
Pastagem/ Agropecuária	19739,96
Mosaico de Agricultura e Pastagem	75,38
Área Urbanizada	86,47
Outras Áreas não Vegetadas	71,67
Apicum	0,16
Rio, Lago e Oceano	591,81
Soja	525,80
Outras Lavouras Temporárias	306,89
Total	40391,72

Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

Figura 27. Percentual das classes de uso da Bacia hidrográfica do rio Pindaré -2020



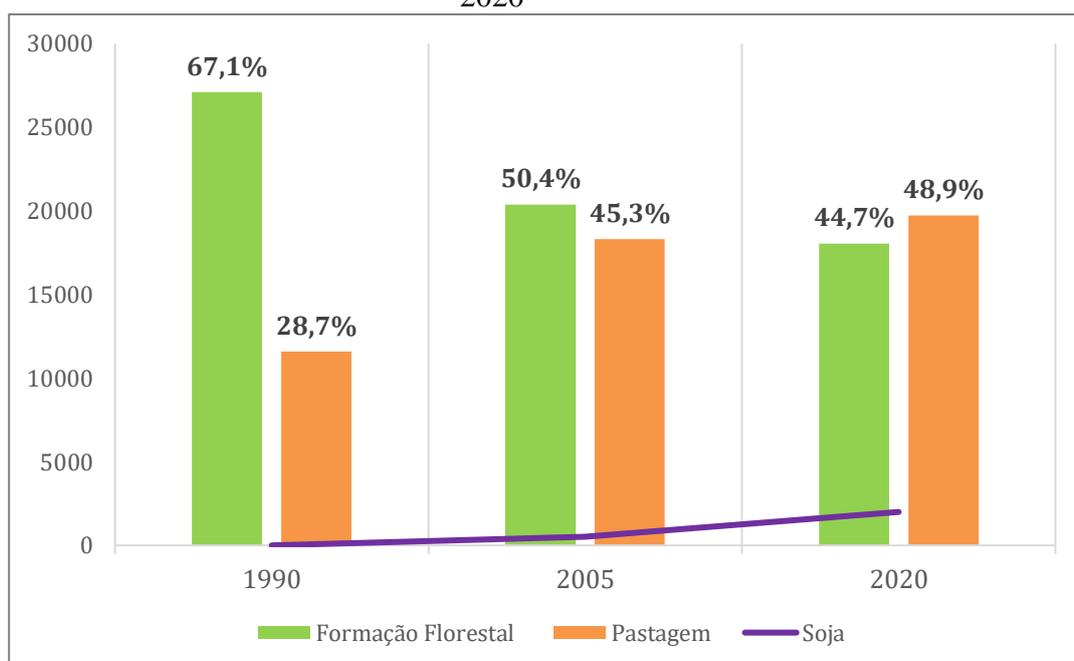
Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

Considerando o exposto, a Figura 28 apresenta de forma isolada o comportamento da classe de pastagem e formação florestal durante os 30 anos. Para os anos de 1990, 2005 e 2020, observou-se um aumento progressivo da classe temática pastagem, que em 1990 representava 28,7% da cobertura e para os anos de 2005 e 2020, representava respectivamente 45,3% e 48,9%. Esse aumento da área desmatada está vinculada com o processo histórico da ocupação da terra, como também da região está inserida no arco do desmatamento. Conseqüentemente, a

formação florestal ao longo dos anos perdeu cada vez mais espaço na cobertura da bacia. Abreu (2013) descreve a cobertura e seus diferentes usos na bacia do rio Pindaré:

A principal atividade econômica da região é a agropecuária. A vegetação da bacia hidrográfica avaliada é em sua maior parte antropizada, apresentando vestígios de vegetação e floresta ombrófila densa. A vegetação ciliar marginal apresenta baixos índices de conservação, predominantemente nas cidades que se desenvolveram às margens do rio, sendo a ocupação antrópica a principal causa da erosão das margens e assoreamento do rio (ABREU 2013, p. 45).

Figura 28. Predominância da cobertura da Bacia hidrográfica do rio Pindaré 1990-2020



Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

A fim de compreender melhor as transições de uso ocorridas durante os 30 anos, foi realizada a matriz de transição para identificar as principais mudanças ocorridas durante esse intervalo, com base no mapeamento de uso e cobertura. Inicialmente, para os anos de 1990 a 2020 e posteriormente de 2005 a 2020. No qual a coluna vertical descreve as principais classes e a coluna horizontal evidencia tais mudanças ocorridas.

Analisando o ano de 1990 a 2005, constata-se que a classe que mais houve conversão foi para outras lavouras temporárias, com 71,4% (Tabela 8). Seguidos de mosaico de agricultura e pastagem (57,0%), formação florestal (32,3%) e formação savânica (21,8%). Desta forma, observa-se que as principais conversões ocorreram para a inserção da pastagem na região.

Já para o resultado oriundo da matriz dos anos de 2005 a 2020, constataram que as maiores transformações também ocorreram para a classe da pastagem, com o percentual de

51,2% do mosaico de agricultura e pastagem sendo convertido para pastagem. Seguidos de outras lavouras temporárias (25,3%), soja (23,4%) e a formação florestal (24,9%). Também é importante salientar as transições da classe da pastagem, no qual 18,6% foi convertido para a formação florestal. O mesmo ocorre para as classes de Mosaico de agricultura e pastagem e para áreas não vegetadas, em que obtiveram, respectivamente, 16,9% e 10,0% das classes convertidas para formação florestal. Diante o exposto, destaca-se que o ano que apresentou mais mudanças na transição de usos, refere-se para a matriz de 2005 a 2020.

Tabela 8. Matriz de Transição do uso e cobertura da terra 1990-2005

Single (1990 a 2005)	Formação Florestal	Pastagem	Mosaico de Agricultura e Pastagem	Área Urbana	Rios e Lagos	Outras Lavouras Temporárias
Formação Florestal	0,0%	32,3%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%
Formação Savânica	10,7%	21,8%	0,3%	0,2%	0,3%	0,1%
Mangue	12,4%	0,0%	0,0%	0,0%	6,8%	0,0%
Silvicultura	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Campos Alagados	1,0%	6,1%	0,0%	0,1%	2,4%	1,2%
Formação Campestre	1,2%	12,2%	0,0%	0,7%	12,0%	0,5%
Pastagem	18,6%	0,0%	0,0%	0,2%	0,1%	0,0%
Mosaico de Agricultura e Pastagem	16,9%	57,0%	0,0%	0,3%	0,1%	0,0%
Área Urbana	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%
Outras Áreas Não Vegetada	10,0%	3,5%	1,5%	0,0%	0,0%	0,0%
Rios e Lagos	6,4%	5,8%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%
Soja	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Outras Lavouras Temporárias	1,1%	71,4%	0,0%	9,9%	0,0%	0,0%

ELABORAÇÃO: Adaptado pela autora, 2023.

Tabela 9. Matriz de Transição do uso e cobertura da terra 2005- 2020

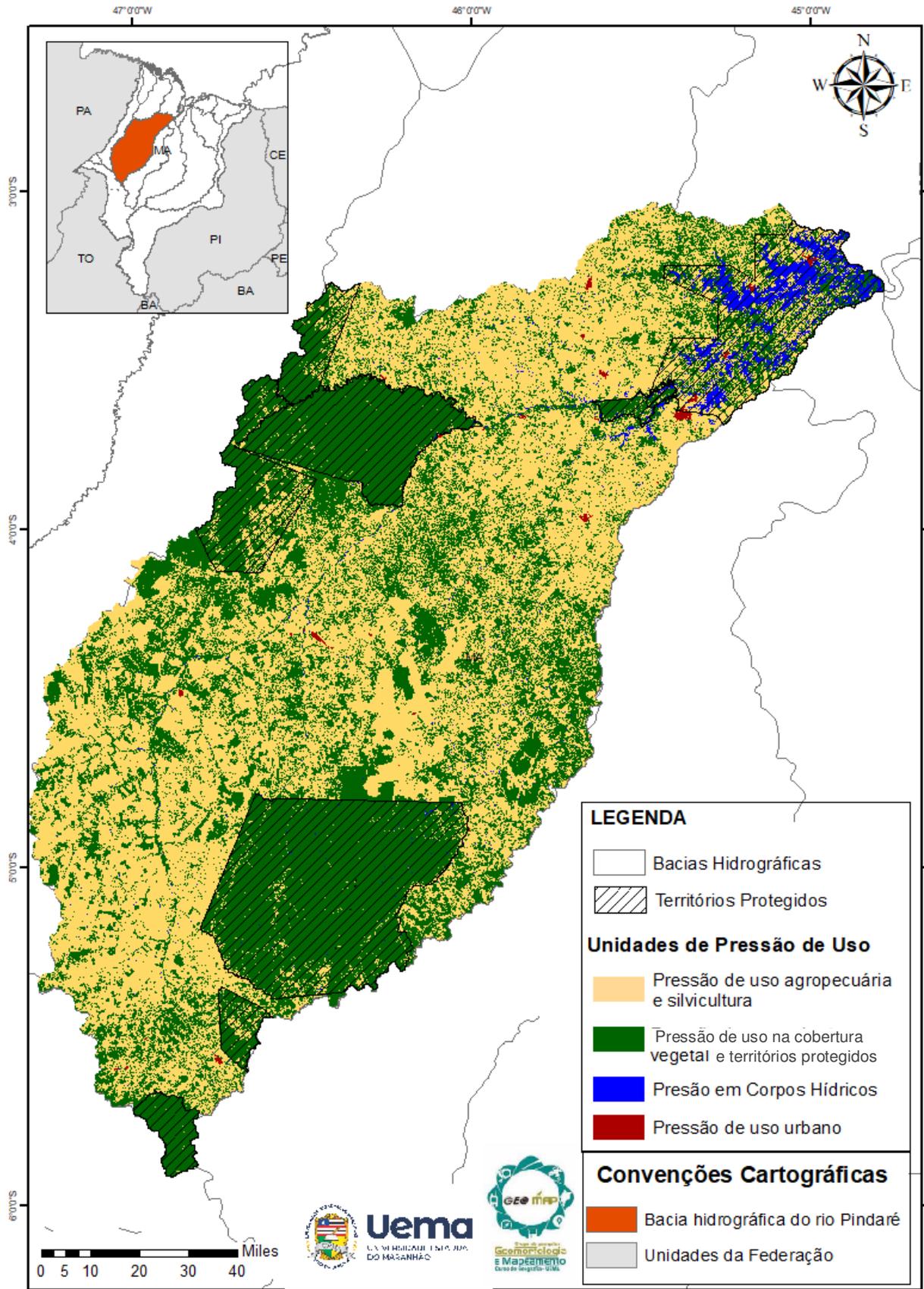
Single (2005- 2020)	Formação Florestal	Silvicultura	Pastagem	Mosaico de Agricultura e Pastagem	Área Urbana	Rios e Lagos	Soja	Outras Lavouras Temporárias
Formação Florestal	0,0%	0,1%	24,9%	0,1%	0,0%	0,1%	0,7%	0,5%
Formação Savânica	10,2%	0,0%	18,1%	1,3%	0,0%	0,4%	0,0%	0,6%
Silvicultura	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Campos Alagados	1,3%	0,0%	19,6%	0,0%	0,1%	7,7%	0,0%	1,5%
Pastagem	16,5%	0,4%	0,0%	0,1%	0,1%	0,2%	2,1%	1,0%
Mosaico de Agricultura e Pastagem	15,1%	0,0%	51,2%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%
Área Urbana	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%
Outras Áreas Não Vegetada	7,0%	0,0%	4,8%	8,5%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
Rios e Lagos	2,8%	0,0%	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%
Soja	20,2%	19,5%	23,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Outras Lavouras Temporárias	2,4%	0,8%	25,4%	0,0%	0,0%	8,4%	0,7%	0,0%

ELABORAÇÃO: Adaptado pela autora, 2023

5.6 Pressões de uso

A partir do mapeamento das pressões de uso, foi possível identificar as principais unidades a exercerem as pressões e sua transformação ao longo dos anos na Bacia hidrográfica do rio Pindaré. Os resultados evidenciaram que a região compreende uma área de expansão agrícola bastante dinâmica e que apresentou um aumento significativo de sua área desmatada em 30 anos. Isto ocorre pela principal atividade econômica da região ser a agropecuária e o extrativismo vegetal. Desta forma, a vegetação da bacia hidrográfica configura-se com maior parte antropizada, apresentando vestígios de vegetação, floresta ombrófila densa e alguns fragmentos da formação savânica, sendo predominante apenas para os territórios protegidos pela lei. Portanto, a fim de confirmar as informações, identificou-se 4 zonas de pressões de uso condicionadas na BHRP (Figura 29). Os resultados evidenciaram que a paisagem se encontra bastante impactada devido ao uso intenso do solo.

Figura 29. Mapa de pressão de uso na Bacia hidrográfica do rio Pindaré



Elaboração: Ferreira, 2023.

i) Unidade de pressão de uso na formação florestal e Territórios Protegidos

Nestas unidades, as pressões ocorrem para a retirada da cobertura florestal e instalação de outros tipos de uso, no qual o principal agente modificador ocorre pelas ações antrópicas, especificamente, através das ações do desmatamento. A partir dessa perspectiva, o fenômeno do desmatamento pode ser visto como um processo único, que se inicia com a floresta intacta e termina com a conversão da floresta original em outros tipos de coberturas, isto ocorre devido a intensificação da exploração de madeira, assim como as ocorrências sucessivas das queimadas para a limpeza de terreno, avanço da urbanização ou também da implementação de atividades agropecuárias dentro de um meio florestal. Esta unidade, apresenta intenso processo de supressão da cobertura vegetal para a expansão de áreas produtivas, sobretudo do segmento agrossilvopastoris. É necessária, contudo, para o aproveitamento do solo, a realização do desmate da vegetação quando há o potencial de aproveitamento dos insumos madeireiros, caso contrário é utilizada a queima, já que é um processo mais rápido para a limpeza de terrenos, embora, em sua maioria, o desmatamento e as queimadas estejam associados ao preparo do solo e à conversão de áreas vegetadas em áreas agrícolas ou de pastagem.

A partir disso, no território analisado, o desmatamento inicia-se desde o período colonial através do processo historiográfico da ocupação (TROVÃO, 2017) e posteriormente através da implementação dos projetos de desenvolvimento na Amazônia (MOURA, 2011). Desta forma, este processo de ocupação e desenvolvimento na amazônia maranhense não levou em consideração o esgotamento dos recursos naturais, ocasionando uma série de pressão e impacto para a região. Tais como, a manutenção da biodiversidade, a ciclagem de água e dos estoques de carbono, dentre outros (FERNANDES, 2006). Todos estes fatores contribuem para o desequilíbrio ambiental na região.

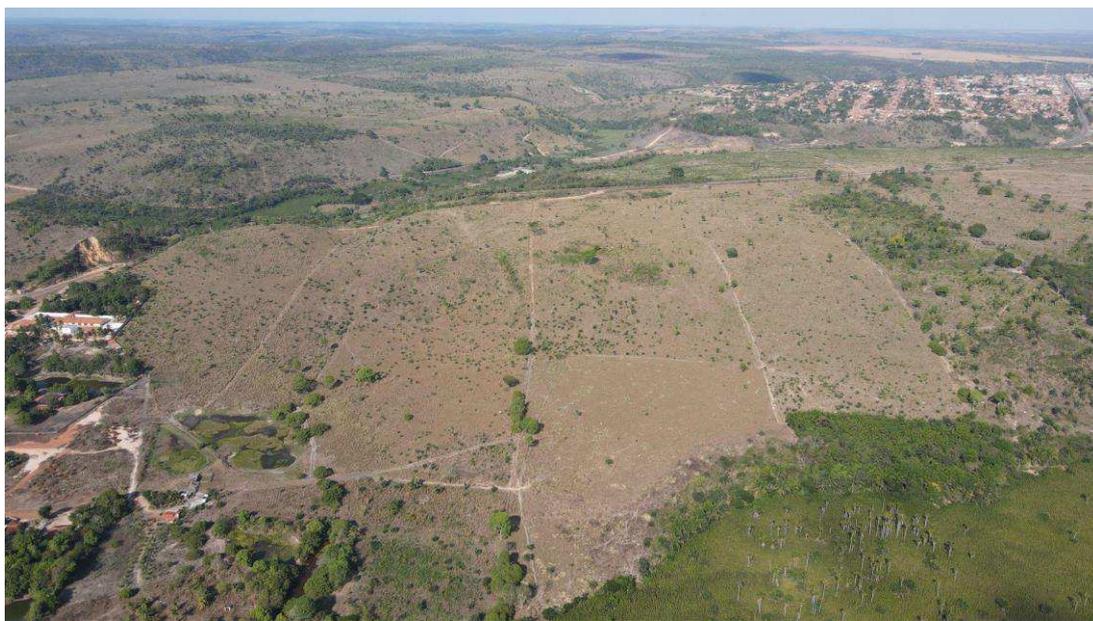
A fim de confirmar tais informações, foi identificado a unidade de pressão ocorrido para a formação florestal, essa zona de pressão compreende uma área de 45,9% do total da bacia. Em função das altas taxas de desmatamento e das crescentes ações antrópicas, a configuração da paisagem é constituída por manchas florestais isoladas e com poucos fragmentos conectados, sendo mais concentrada nas áreas protegidas (Unidades de Conservação e Terra Indígena). A vista disso, identificou-se zonas de pressão exercidas sobre a formação florestal, as figuras a seguir destacam 4 pontos onde houve a intensificação do desmate na região.

No município de Bom Jesus das Selvas, é possível observar extensas áreas de pastagem após o desmatamento concentrado para a instalação de atividades pastoris nos planaltos dissecados do Gurupi (Figura 30), restando apenas alguns fragmentos vegetais na região.

Na localidade de Pindaré- Mirim, a paisagem se apresenta de forma fragmentada devido a instalação e duplicação da estrada de ferro Carajás, atrelada a construção da BR- 222, no qual o desmatamento concentrou-se para a ocupação de moradias, desenvolvimento de obras, dentre outros. Desta forma, é possível observar solos expostos após o processo de queima, extração de areia para o desenvolvimento de obras, solos em regeneração, expostos e ocupações antrópicas desenvolvidas na região (Figura 31).

Em Açailândia, as pressões exercidas sobre o meio florestal dão-se pela instalação das atividades de silvicultura, especificamente, a monocultura do eucalipto desenvolvidas no município (figura 32). A partir disso, é possível constatar a intensificação do desmate, aliado ao processo de queima, para o cultivo desta atividade.

Figura 30. Pressão de uso na Formação Florestal para o desmatamento em Bom Jesus das Selvas



Fonte: Registros da pesquisa, 2022

Figura 31. Pressão de uso na Formação Florestal para o desmatamento em Pindaré - Mirim - MA



Fonte: Registros da pesquisa, 2022.

Figura 32. Pressão de uso na Formação Florestal para atividades de silvicultura em Açailândia - MA



Fonte: Registros da pesquisa, 2022.

ii) Unidade de pressão de uso agropecuária e de monossilvicultura

A agropecuária entende-se como as atividades humanas destinadas ao cultivo da terra (agricultura) e à criação de animais (pecuária). Já para a monossilvicultura define-se como o povoamento florestal, através do plantio de espécies arbóreas a fim de atender as demandas do mercado. Sendo assim, ambas as atividades instalam-se em decorrência dos interesses econômicos, em constância com atividades de desmatamento, configura espaços “aptos” à implementação de atividades no bioma Amazônico do Maranhão que requeiram modalidades diferenciadas de uso e ocupação das terras, revertendo, de forma humanamente induzida, a potencialidade do espaço de se recuperar.

Sendo assim, algumas pressões e impactos são exercidas mediante práticas inadequadas de manejo do solo, principalmente por meio do uso do fogo como agente de controle da vegetação e do pisoteio dos solos pelo gado bovino, acabam por tornar inviáveis as produções a longo prazo, o que induz o avanço a cada duas ou três décadas para novos espaços, reiniciando um processo de configuração de fronteiras de desmatamento para a formatação de fronteiras agrícolas e pecuaristas.

Por conseguinte, foi identificado a unidade de pressão ocorrido para o uso da agropecuária e silvicultura, essa zona de pressão compreende uma área de 51,8% do total da bacia sendo a maior unidade de predominância. A vista disso, identificou-se zonas de pressão exercidas para atividades de silvicultura e agropecuária em pontos estratégicos da região. As figuras a seguir destacam 4 pontos das atividades de silvicultura ocorrendo nos municípios da bacia hidrográfica.

A figura 33 está localizado no município de Buriticupu, nesta localidade encontram-se áreas de plantios de eucalipto, plantios de grãos e atividades pecuárias desenvolvidas na região. Estas atividades tornam-se comuns, devido a agropecuária ser a principal atividade econômica, correspondendo a 19,26% na contribuição do PIB do município. Desta forma, o desmatamento ocorre intensivamente para a implementação destas classes na região.

Na figura 34, situa-se no município de Bom Jesus das Selvas, onde percorre o Rio Pindaré e seus afluentes. Através do trabalho de campo foi possível identificar as atividades de silvicultura, especificamente a monocultura de eucalipto (baseadas no mapeamento de uso e cobertura), instaladas próximo às margens do rio. A partir disso, nota-se a influência das atividades econômicas na região e como estas podem ocasionar impactos para os recursos hídricos, uma vez que grande parte da cobertura vegetal é suprimida e destinada para a abertura de novas áreas de plantio, incluindo a vegetação ciliar, que tem um papel fundamental quanto

a proteção e equilíbrio ambiental de um rio. Também identificou um foco de calor ativo ocorrendo nesta região, afirmando a problemática do desmatamento aliado às queimadas para a limpeza e manejo de terrenos.

Na paisagem da figura 35 evidencia a pecuária em áreas com relevos sinuosos no município de Santa Luzia. Já para a última localidade observa-se o desenvolvimento das atividades de silvicultura, no município de Açailândia (Figura 36).

Figura 33. Pressão de uso agropecuária e silvicultura em Buriticupu - MA



Fonte: Registro da pesquisa, 2022

Figura 34. Pressão de uso agropecuária e silvicultura em Bom Jesus das Selvas - MA



Fonte: Registros da pesquisa, 2022.

Figura 35. Pressão de uso agropecuária e silvicultura em Santa Luzia - MA



Fonte: COSTA, 2023

Figura 35. Pressão de uso agropecuária e silvicultura em Santa Luzia - MA



Fonte: COSTA, 2023

iii) Unidade de pressão de uso urbano

Os usos ocorridos no meio urbano-industrial são consequências da intervenção antrópica sobre o meio natural, modificando intensamente as paisagens naturais para o crescimento desordenado das cidades, na maioria das vezes sem levar em consideração o plano diretor. Desencadeando assim, impactos que alteram a estrutura dos sistemas naturais tais como: desmatamento, poluição, enchentes, deslizamentos, entre outros. Desta forma, observa-se que a interferência antrópica é o elemento protagonista das pressões exercidas no meio urbano.

Esse cenário foi intensificado ao longo do tempo por meio de diversos projetos histórico-econômicos registrados na Amazônia Maranhense, tais como: a construção da rodovia 010 e a implementação do projeto Carajás. Estes projetos foram de fundamental importância para o processo de ocupação da região, visto que essas obras colaboraram para a formação de novos municípios, como também distribuição populacional, atraindo pessoas de diversas regiões do Brasil em razão da demanda por mão de obra sobretudo das regiões do Nordeste, Goiás, Tocantins e do próprio Maranhão, em razão da demanda por mão de obra. Franklin (2008) explica que:

[...] com a abertura dessa estrada, uma leva de imigrantes começou a chegar ao território de Imperatriz, ocupando terras devolutas, plantando arroz e formando novos vilarejos.

[...] Os primeiros a chegar teriam vindo da região do Mearim, principalmente de São Domingos do Zé Feio e Pedreiras.

[...] Outras estradas e muitas pontes foram construídas na gestão de Simplício Moreira², fazendo com que o município saísse do seu secular isolamento terrestre, contra o qual pelejaram desde a fundação os moradores de Santa Teresa (FRANKLIN, 2008, p. 82).

Mediante o exposto, observa-se o processo de ocupação no oeste maranhense, porém vale ressaltar que apesar desse processo acontecer de forma acelerada, a maioria dos municípios inseridos na região de estudo ainda residem na zona, em decorrência da bacia está localizada em uma área predominantemente rural. Segundo os dados do Censo 2010, 48,1% dos domicílios estão localizados na zona urbana e 51,9% na zona rural. E segundo os dados do mapeamento de uso e cobertura a classe de área urbanizada apresentou apenas 0,3% do território ocupado.

Conforme as informações apresentadas na figura 37, evidenciam o comportamento populacional dos municípios que integram a bacia hidrográfica, destacando as maiores concentrações populacionais, e também onde essa população reside, seja na área urbana ou na área rural.

Figura 37. Quantificação da população dos municípios presentes na bacia hidrográfica do rio Pindaré

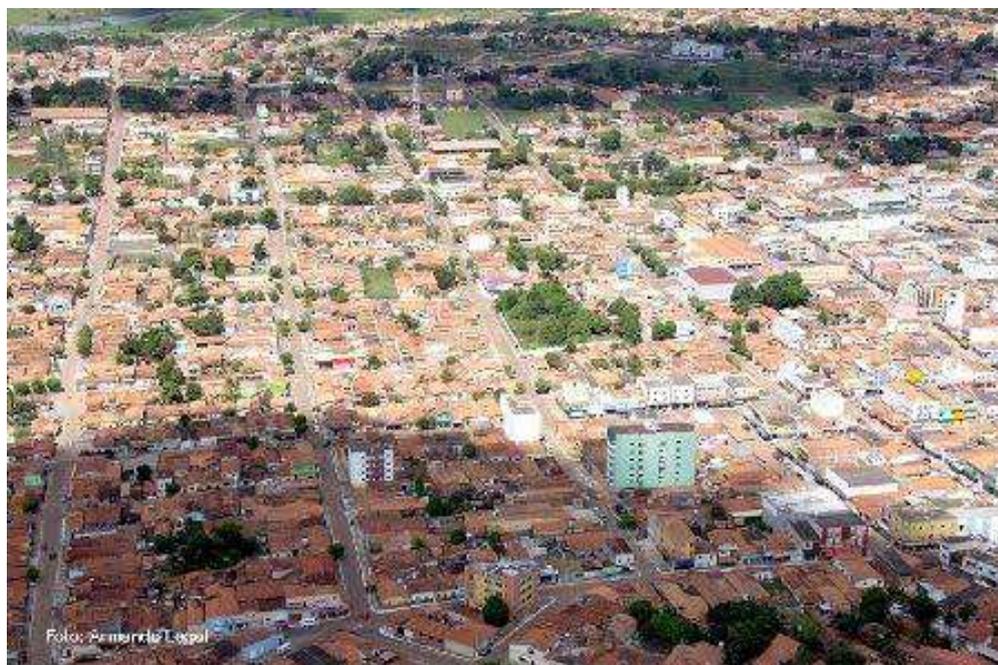
MUNICÍPIOS	POPULAÇÃO			
	População Residente - Total (2010)	População Total (Estimada) 2021	População Residente - Urbana (2010)	População Residente - Rural (2010)
Açailândia	104.047	113.783	78.237	25.810
Alto Alegre do Pindaré	31.057	31.967	9.829	21.228
Amarante do Maranhão	37.932	42.017	15.004	22.928
Araguanã	13.973	15.675	5.377	8.596
Arame	31.702	32.825	12.551	19.151
Bom Jardim	39.049	42.010	16.386	22.663
Bom Jesus das Selvas	28.459	35.095	13.431	15.028
Brejo de Areia	5.577	8.841	2.853	2.724
Buriticupu	65.237	73.595	35.789	29.448
Buritirana	14.784	15.503	4.146	10.638
Cajari	18.338	19.521	4.284	14.054
Governador Newton Bello	11.921	10.121	4.291	7.630
João Lisboa	20.381	23.677	15.336	5.045
Marajá do Sena	8.051	7.757	1.158	6.893
Matinha	21.885	23.591	8.883	13.002
Monção	31.738	33.888	11.759	19.979
Pedro do Rosário	22.732	25.560	5.890	16.842
Penalva	34.267	38.987	16.593	17.674
Pindaré-Mirim	31.152	33.186	22.417	8.735
Santa Inês	77.282	89.927	73.197	4.085
Santa Luzia	74.043	73.105	25.789	48.254
São João do Carú	12.309	15.768	6.323	5.986
Senador La Rocque	17.998	13.981	8.739	9.259
Tufilândia	5.596	5.868	2.732	2.864
Viana	49.496	52.852	26.915	22.581
Zé Doca	50.173	52.190	30.864	19.309

Fonte: IBGE, 2021.

Desta forma, observou-se que o maior número populacional está concentrado no município de Açailândia, devido ao seu processo histórico de ocupação, onde 78% da população reside em áreas urbanas, sendo o maior percentual de todos os municípios que integram a BHRP (Figura 38). Em seguida, tem-se os municípios de Santa Inês, Buriticupu, Zé Doca e Viana com elevadas populações e residências urbanas. Vale destacar também o município de Pindaré-Mirim, que apresentou um alto percentual da população residindo em áreas urbanas.

Por conseguinte, ao analisar o número da população residente na zona rural, destaca-se o município de Santa Luzia, com 48.254 pessoas residindo na área rural (Figura 39).

Figura 38. Concentração urbana no município de Açailândia - MA



Fonte: Google Imagens, 2020

Figura 38. Concentração urbana no município de Açailândia - MA



Fonte: Registro da Pesquisa, 2022.

Sendo assim, as pressões exercidas pelo uso urbano configuram-se com apenas 0,2% desenvolvidos ao longo da bacia, porém desencadeiam alguns problemas ambientais. A vista disso, identificou-se zonas de pressão exercidas para atividades urbanas na região. As figuras 40 a 43 destacam 4 pontos das atividades de ocupações nos municípios onde reside o maior contingente populacional. O primeiro ponto destacado, está localizado no município de Viana, identificou-se os avanços das ocupações se instalando próximo às áreas alagadas, protegidas pela lei Lei n.º 12.651/2012, que dispõe sobre a áreas de APP para lagos e planícies alagadas (Figura 40).

No município de Buriticupu, as zonas de pressão manifestam-se através das voçorocas urbanas, decorrentes das condições naturais e da ocupação humana. Segundo Araújo (2022) destaca que a cidade de Buriticupu cresceu de forma desordenada, conseqüente de um planejamento urbano inadequado, desta forma, este fator contribuiu para o agravamento dos fenômenos erosivos na região. Através disso, grande parte da população instalam-se em zonas de risco que estão vulneráveis aos deslizamentos, principalmente durante o período chuvoso. A figura 41 destaca o fenômeno do voçorocamento avançando sobre as moradias.

O mesmo fenômeno também acontece no município de Açailândia e Santa Inês (figura 42 e 43) impactados pelos fenômenos erosivos decorrentes do seu processo histórico de ocupação. É importante salientar, que esse contexto evidencia não só a vulnerabilidade

ambiental, como também social, visto que a ocorrência desse evento é mais frequente em zonas irregulares.

Figura 40. Pressão de uso urbano em campos alagados no município de Viana - MA



Fonte: Registros da pesquisa, 2023

Figura 41. Pressão de uso urbano próximas às voçorocas em Buriticupu - MA



Fonte: G1, Maranhão, 2023.

Figura 42. Pressão de uso urbano próximos às voçorocas em Açailândia - MA



Fonte: G1, Maranhão, 2023.

Figura 43. Pressão de uso urbano próximos às voçorocas em Santa Luzia - MA



Fonte: Aguiar, 2023.

iv) Unidade de pressão em corpo hídrico:

Esta unidade configura-se em regiões de lagos, rios e áreas litorâneas. Adentrando nas discussões acerca das pressões em Bacia hidrográficas, Lemos Filho et al. (2017) evidenciam que o uso dos recursos naturais é cada vez mais crescente em bacias hidrográficas, ocasionando a aceleração dos processos de degradação ambiental em diversos elementos que compõem o sistema hidrográfico.

As degradações das redes de drenagem podem ocorrer em dois ambientes, sendo eles urbanos e rurais. Porém, a região que compreende a bacia hidrográfica do rio Pindaré é predominantemente inserida em um ambiente rural.

Em áreas rurais, os processos de degradação costumam ocorrer, normalmente, pelas práticas agropecuárias, ou seja, a supressão da vegetação para as atividades de plantio e pastagens, como também a excessiva deposição de agrotóxicos e atividades de mineração próximas às margens. Assim como, a retirada ilegal de madeira para a comercialização. Ocasionalmente grandes consequências para a manutenção do ciclo hidrológico, tais como, a transformação dos rios perenes em intermitentes e a extinção de diversos cursos d'água.

Cunha (2010), descreve que com a intensidade de desmatamento, atrelado com o crescimento de áreas urbanas, sem as mínimas condições de saneamento (lixo, sedimentos e esgotos) alteram não só equilíbrio do ciclo hidrológico, mas também a qualidade da água, a biodiversidade local, a vazão do leito do rio, dentre outros, resultando assim em uma série de impactos para os canais fluviais, o mais frequente consiste no assoreamento dos canais.

A razão de ocorrência do assoreamento é devido a erosão fluvial, no qual estão sempre relacionados com a supressão e deteiorização da mata ciliar existente, ou seja, a cobertura vegetal que protege os rios. Sem elas os impactos das águas pluviais sobre o solo tornam-se maiores, resultando nas erosões, isto é, transporte e acúmulo de sedimentos. Pois o papel da vegetação é frear o escoamento sedimentar provindo de outras regiões, fazendo com que o processo seja lento e cause menos impacto aos rios. Conforme Cunha (2010):

Vale lembrar que a mata ciliar tem algumas funções primordiais (Lima e Zakia, 2000): função protetora (diminui a erosão das margens e os impactos, permite maior infiltração e a recarga de aquíferos), influência no manejo da água dentro da bacia hidrográfica, evita assoreamento do canal e reduz a chegada de produtos químicos, além de manter a fauna (aves e peixes) como o fornecimento de alimentos e sombra. (CUNHA, 2010, p. 228).

Por conseguinte, a zona de pressão para corpos hídricos compreende uma área de apenas 0,2% do total da bacia, em função da região está inserida em uma área predominantemente

rural. Sendo assim, identificou-se zonas de pressão exercidas sobre os corpos hídricos, as figuras a seguir destacam 4 pontos onde houve a intensificação das pressões.

A figura 44 está localizada no município de Cajari. Nesta localidade, foram encontradas intensas concentrações da rede urbana na região. Cunha (2010), descreve acerca dos provenientes da evolução urbana, a autora afirma que devido a intensidade de desmatamento, atrelado com o crescimento de áreas urbanas, sem as mínimas condições de saneamento (lixo, sedimentos e esgotos) alteram não só equilíbrio do ciclo hidrológico, mas também a qualidade da água, a biodiversidade local, a vazão do leito do rio, dentre outros, resultando assim em uma série de impactos dentro da bacia hidrográfica. Também foram encontrados cemitérios próximo ao leito do rio, em que o mesmo tem um impacto direto na contaminação das águas superficiais e subterrâneas devido aos processos de decomposição e presença de substâncias químicas.

Para o município de Pindaré-Mirim, as problemáticas associadas aos recursos hídricos correspondem aos mesmos apresentados na figura 44, ou seja, a ocupação urbana instalando-se próximo às margens do rio Pindaré (Figura 45). Este município conta com 31.384 habitantes, sendo 72% da zona urbana (IBGE, 2010). A partir dessa perspectiva, o desenvolvimento da cidade voltou-se para as proximidades do rio Pindaré. Sendo assim, os impactos provenientes dessa ocupação são os mesmos destacados por Cunha (2010), tais como a deposição de lixo e lançamento de afluentes nas águas superficiais, assim como a retirada da vegetação ciliar para a construção de moradias, esse processo de destruição das margens altera significativamente a profundidade do rio, pois promove o assoreamento, dificultando a navegabilidade, favorecendo enchentes e diminuindo a piscosidade (evidenciados na figura 49).

No ambiente rural é possível observar a fragmentação da paisagem próximo ao leito do rio, no município de Viana (Figura 46). Nessa localidade, foram encontradas algumas áreas do solo em processo de regeneração após o desmatamento concentrado na região. Também é possível observar um foco de queimada ocorrendo em tempo real. A causa do incêndio não foi identificada, porém fica evidente que a relação da queimada aliada às práticas de desmatamento ocorrendo próximo aos canais fluviais. Ocasionalmente cada vez mais a destruição da vegetação ciliar e conseqüentemente a vulnerabilidade dos canais fluviais aos processos erosivos, pois segundo Guerra (2010) afirma que a remoção da vegetação por agentes antrópicos, geralmente resulta na aceleração dos fenômenos erosivos.

Figura 44. Pressão em corpos hídricos próximo leito do rio Pindaré - MA



Fonte: Registros da pesquisa, 2022.

Figura 45. Evolução urbana próximo leito do rio Pindaré - MA



Fonte: Registros da pesquisa, 2022.

A figura 46, localiza-se no município de Bom Jesus das Selvas, onde percorre o Rio Pindaré e seu afluente principal. Através do trabalho de campo foi possível identificar as

atividades de silvicultura, especificamente a monocultura de eucalipto (baseadas no mapeamento de uso e cobertura), instaladas próximo às margens do rio Pindaré . A partir disso, nota-se a influência das atividades econômicas na região e como estas podem ocasionar impactos para os recursos hídricos, uma vez que grande parte da cobertura vegetal é suprimida e destinada para a abertura de novas áreas de plantio, incluindo a vegetação ciliar, que tem um papel fundamental quanto a proteção e equilíbrio ambiental de um rio. Também identificou-se um foco de calor ativo ocorrendo nesta região.

A figura 48 destaca uma grande problemática acerca dos impactos nos recursos hídricos, uma vez que se encontrou uma nascente do rio Pindaré, localizada no município de Santa Luzia, completamente assoreada, isto ocorre devido a remoção da cobertura vegetal para áreas de pastagem e também devido a construção da rodovia BR-222, pois na sua construção não foi considerado o planejamento adequado para mitigar os impactos na área da nascente do rio. Desta forma, é notório os impactos provenientes do mau uso do solo dentro de BHRP, uma vez que a mesma se configura como um sistema aberto, logo todas alterações nos elementos naturais causam desequilíbrios ambientais.

Figura 46. Pressão em corpos hídricos próximas ao leito do rio Pindaré – MA.



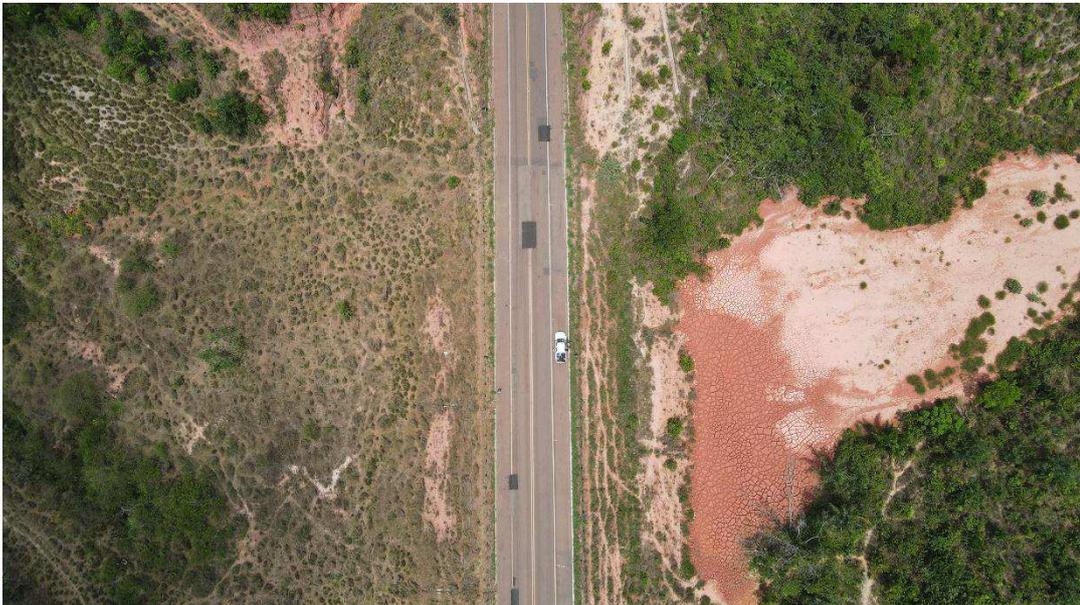
Fonte: Registros da pesquisa, 2022

Figura 47. Pressão em corpos hídricos próximas ao leito do rio Pindaré – MA



Fonte: Registros da pesquisa, 2022.

Figura 48. Nascente do rio Pindaré assoreada.



Fonte: Registros da pesquisa, 2022.

Figura 49. Pressão em corpos hídricos próximas ao leito do rio Pindaré



Fonte: G1 Maranhão e Imirante, 2020.

5.7 Áreas protegidas: Unidades de Conservação, APP e Terras Indígenas.

i) Unidades de Conservação

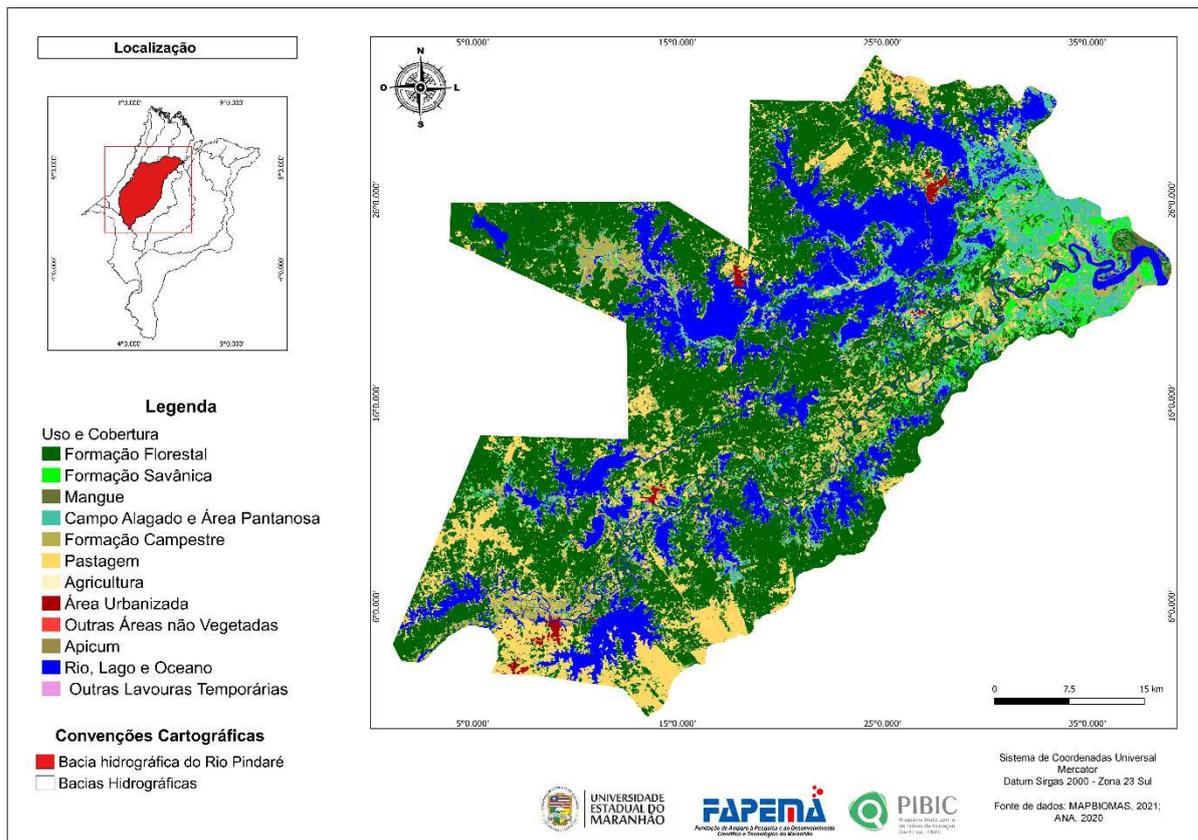
De acordo com o Código Florestal (Lei n.º 12.651/2012), é classificado como áreas especiais de proteção ambiental: I) áreas de preservação permanente; II) apicuns e salgados, III) reserva legal, IV) unidades de conservação, áreas ambientais municipais e V) áreas de uso restrito. A BHRP compreende duas categorias nas unidades de conservação, sendo elas de uso sustentável (APA da Baixada Maranhense) e proteção integral (Reserva Biológica do Gurupi). A análise está fragmentada em duas partes, em primeiro momento a abordagem estará enfatizada para as UC de uso sustentável e posteriormente para a UC de proteção integral da BHRP.

ii) Unidades de Conservação: Uso Sustentável

A Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense compreende uma área de 1788464 ha, integrando 11 municípios. Localizada na parte norte da bacia hidrográfica.

Através do mapeamento multitemporal (1990 a 2020) foi possível observar o comportamento da cobertura da terra e suas formas de uso na APA da Baixada Maranhense (figura 50 e 51).

Figura 50. Uso e cobertura da APA da Baixada Maranhense – 1990.



Elaboração: FERREIRA, 2022.

Tabela 7. Área das classes da APA da Baixada Maranhense – 1990.

Classes	Área (km ²)	Porcentagem
Formação Florestal	1.133.476.601	46,5%
Formação Savânica	72.571.554	3,0%
Mangue	5.486.583	0,2%
Campo Alagado	205.742.396	8,4%
Formação Campestre	168.575.921	6,9%
Pastagem	329.351.716	13,5%
Área Urbanizada	11.997.701	0,5%
Apicum	1.071.955	0,0%
Rio, Lago e Oceano	50.716.974	20,8%
Total	2435.444.169	100%

Fonte: Adaptado, 2022.

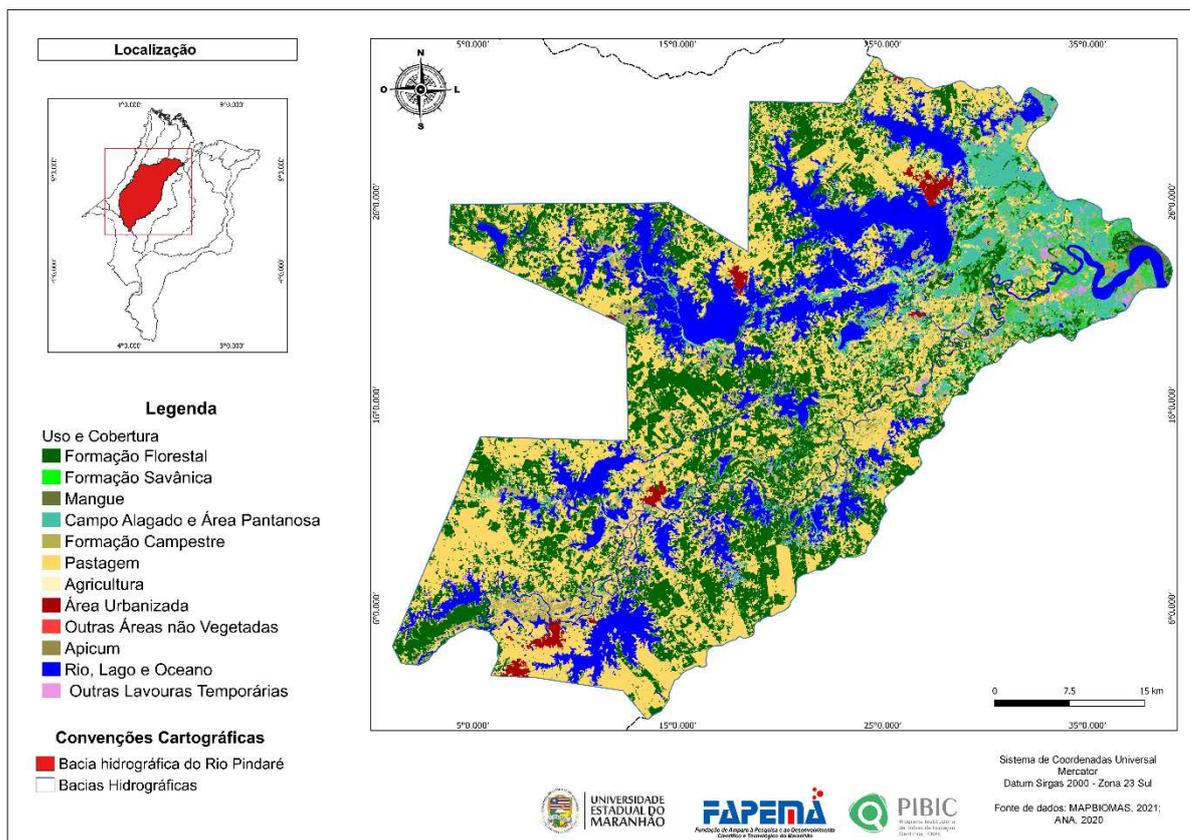
Detectou-se as seguintes classes de uso: formação florestal, mangue, pastagem, campo alagado, área urbanizada, rios e lagos e apicum. Verificou-se que no primeiro ano analisado, em 1990, a classe Floresta predominava em toda a extensão compreendendo uma área de 1.133.476.601 km² (Tabela 8), o que correspondia a 46,5% (Figura 50) da área total da APA. Por conseguinte, o restante da área 329.351.716 km², 13,5% eram ocupadas pela classe

pastagem, seguidos de rios e lagos (20,8%), campos alagados (8,4%) e formação campestre (13,5%).

Já para o ano de 2020, apresentou intensas modificações provenientes das atividades antrópicas, sendo intrínsecas o predomínio da agropecuária sob a Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense (Figura 51). A classe temática da Formação Florestal apresentou redução de 18,2% da sua área, com 673.931.398 km² (Tabela 9), correspondendo a 28,2. Enquanto a classe de pastagem, integrou um aumento de 11,7% em relação ao ano de 1990. Correspondendo a 34,8%, com uma área de 830.504.938 km². Diante dessa perspectiva, compreende-se que a expansão das atividades antrópicas nessa região não leva em consideração a Lei nº 9.985/2000, que configura a áreas de uso sustentável de modo a conservar a natureza com o uso sustentável e racional de parte dos seus recursos naturais. Diferenciando-se das áreas de proteção integral, permite-se a exploração do ambiente de modo sustentável, porém nota-se a exploração de modo desordenado e sem planejamento. A vista disso, as atividades desenvolvidas sem levar em consideração a limitação do meio florestal e do decreto que dispõe sobre esses territórios, consiste na criação de bubalinos de forma extensiva nas áreas de campo alagadas. Esta atividade tem gerado compactação do solo através do pisoteio do animal, no qual é agravada pela conversão da vegetação para o pasto, resultando na diminuição da taxa de infiltração, aumentando a erosão e reduzindo o crescimento radicular da cobertura vegetal (Figura 52).

Também foram identificadas as áreas urbanas que também obtiveram uma expansão significativa ao longo da APA. Elevando-se 0,9% comparado aos anos anteriores, com um total de 225.462,34 km² (Figura 53). Seguidos de campos e lagos (8,5%), outras lavouras (0,8%) e silvicultura (0,5%).

Figura 51. Uso e cobertura da APA da Baixada Maranhense – 2020.



Elaboração: FERREIRA, 2022.

Tabela 8. Classe de uso da APA da Baixada Maranhense – 2020.

Classes	Área (km ²)	Porcentagem
Formação Florestal	673.931.398	28,2%
Formação Savânica	5.533.718	0,1%
Mangue	3.032.916	0,1%
Campo Alagado e Área Pantanosa	20.3157.361	8,5%
Formação Campestre	15.440.297	6,5%
Pastagem	830.504.938	34,8%
Área Urbanizada	22.546.234	0,9%
Apicum	16.8691	0,0%
Rio, Lago e Oceano	482.010.534	20,2%
Outras Lavouras Temporárias	10.360.762	0,4%
Total	2385.649.523	100%

Fonte: Adaptado, 2022.

Figura 52. Pecuária extensiva em campos alagados na APA Baixada Maranhense



Fonte: Google, 2020

Figura 53. Crescimento urbano próximo aos campos alagados na APA Baixada Maranhense



Fonte: Registros da pesquisa, 2022.

Tabela 9. Classe de uso da reserva Biológica do Gurupi – 1990.

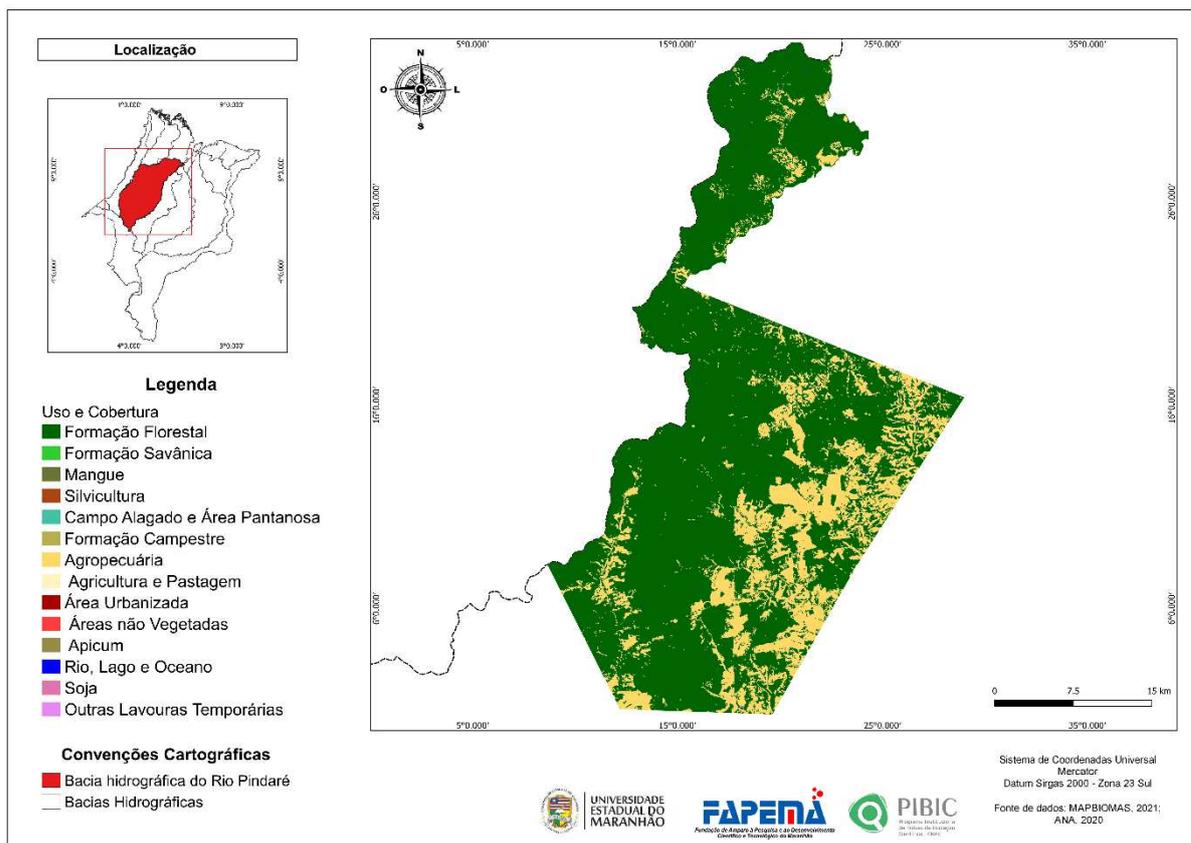
Classes	Área (km²)	Porcentagem
Formação Florestal	105.197.836	94,1%
Formação Savânica	11.40036	0,1%
Pastagem	63.352.036	5,7%
Rio, Lago e Oceano	11.40036	0,1%
Formação Campestre	4461	0,0%
Total	1117.614.933	100%

Fonte: Adaptado, 2022.

Já para o ano de 2020, apresentou dados preocupantes em decorrência das intensas atividades antrópicas na região (Figura 55). O mapeamento identificou uma redução de 14,8% da formação florestal, somando 79,3% da reserva biológica do gurupi. Em contrapartida, a classe de pastagem elevou-se 14,9% para este ano, ocupando 20,6% desta área protegida. Esta evolução apresenta uma problemática, uma vez que este território se classifica como proteção integral, conforme a Lei nº 9.985/2000, as Unidades de Conservação (UCs) de Proteção Integral tem como objetivo preservar a natureza, sendo permitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Porém evidencia-se que as políticas de monitoramento para a região estão se mostrando ineficazes para a conservação desta unidade. A exemplo disso, a figura 56 destaca o desenvolvimento de atividades da pecuária extensiva ocorrendo dentro dos limites da reserva biológica do Gurupi.

Também foi mapeado para este ano as classes de silvicultura (0,1%), formação savânica (0,1%) e rios e lagos (0,1%).

Figura 55. Uso e cobertura da reserva Biológica do Gurupi- 2020.



Elaboração: FERREIRA, 2022.

Tabela 10. Classe de uso da reserva Biológica do Gurupi – 1990.

Classes	Área (km ²)	Porcentagem
Formação Florestal	885.744.186	79,3%
Formação Savânica	2.5874	0,0%
Pastagem	229.983.204	20,6%
Rio, Lago e Oceano	6.03002	0,1%
Silvicultura	7136	0,0%
Outras Lavouras Temporárias	118.633	0,0%
Total	1116.482.035	100%

Fonte: Adaptado, 2022.

Figura 56. Pecuária extensiva na Reserva Biológica do Gurupi



Fonte: Google, 2021.

vi) Áreas de Preservação Permanente

Por área de preservação permanente – APP, ainda segundo a lei, entenda-se 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” (art. 3º da Lei n.º 12.651/2012). A bacia hidrográfica do rio Pindaré apresenta uma variedade de rios, desde o seu principal (Pindaré), até seus afluentes (Buriticupu, Negro, Paragominas, Zutua, Timbira, Água Preta e Santa Rita). Visando o mapeamento acerca dos impactos, levou-se em consideração a lei n.º 12.651/2012 que considera-se a área de Preservação Permanente, as faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em zonas rurais ou urbanas, em largura mínima de 30 metros, para os cursos d’água de menos de 10 metros de largura; 50 metros, para os cursos d’água que tenham de 10 a 50 metros de largura; 100 metros, para os cursos d’água que tenham de 50 a 200 metros de largura. As figuras a seguir possibilitam a visualização dos diferentes usos e cobertura das APP’s do Rio Pindaré.

Nas figuras 57 e 58 utilizou-se o limite de 100m para a zona de limites da APP, levando em consideração a lei n.º 12.651/2012. Observou-se que ambas APP do rio Pindaré apresentam majoritariamente ocupações urbanas irregulares nas áreas de preservação permanente, com um alto grau de interferência antrópica, observa-se também áreas de solo exposto, apresentando pouco resquícios de vegetação ciliar. Ambas localidades se situam em áreas predominantemente rurais, porém devido ao acelerado processo de urbanização, as ocupações irregulares foram desenvolvendo-se para essas regiões, especificamente em torno dos rios. O que evidencia não só uma vulnerabilidade ambiental, como também social, como afirma FUSHIMI (2010).

Figura 57. APP do rio Pindaré no município de Alto Alegre do Pindaré - MA



Fonte: Google Satélite, 2021.

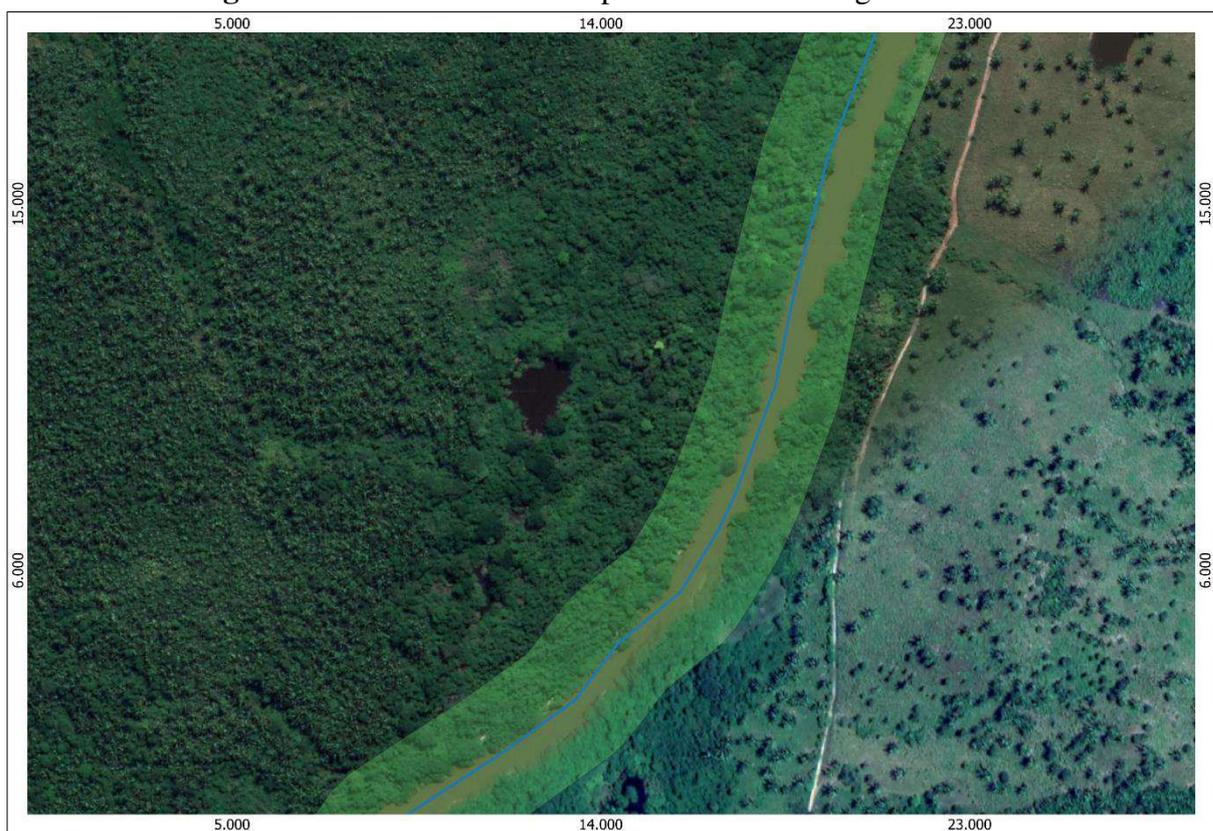
Figura 58. APP do Rio Pindaré no município de Monção - MA.



Fonte: Google Satélite, 2021.

Em contrapartida, a figura 59 destaca uma área de APP notadamente preservada, apresentando uma elevada cobertura vegetal, conforme a lei n.º 12.651/2012 dispõe. Isto ocorre em decorrência do rio está situado próximo à terra indígena do Caru. Por esse fator, a APP configura-se em um estado de alta cobertura florestal, sem interferências antrópicas ou áreas de solo exposto. Portanto, nota-se a importância das terras indígenas para os recursos hídricos. Tendo em vista que essas áreas garantem um equilíbrio ambiental em dos locais mais impactado pela ação antrópica.

Figura 59. APP do rio Pindaré próxima a terra indígena do Caru.



Fonte: Google Satélite, 2021.

v) Terras Indígenas

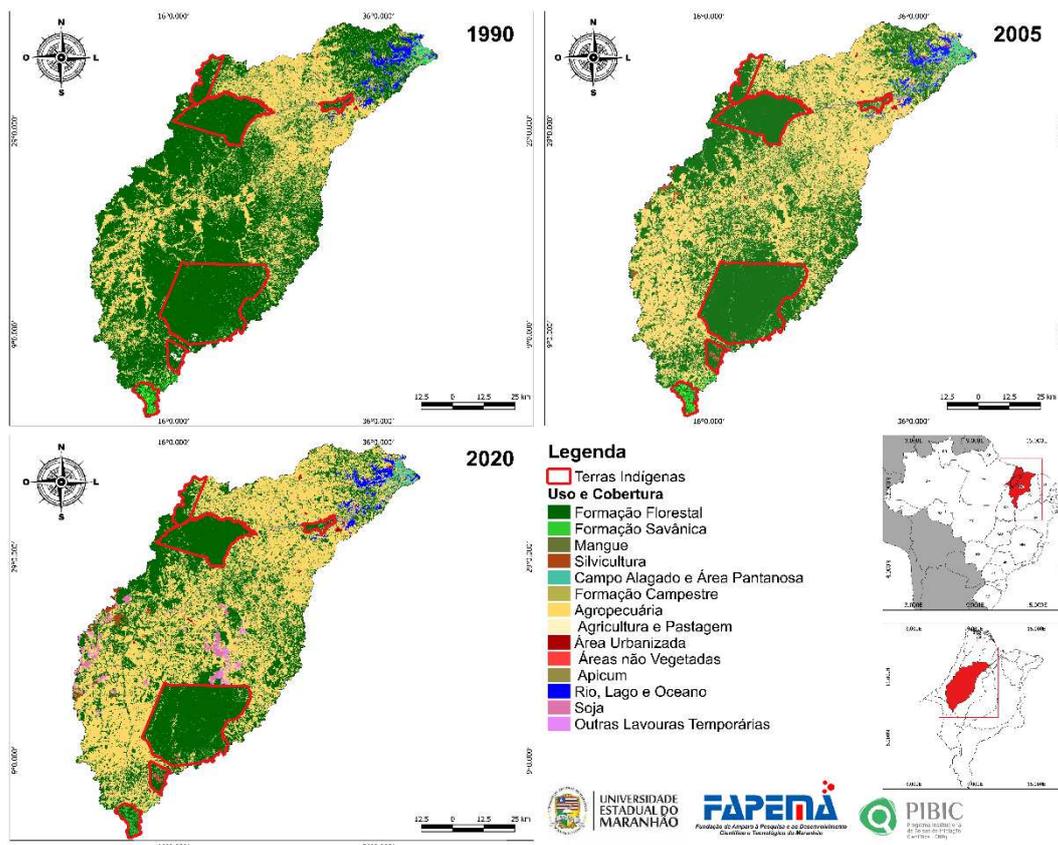
A partir da constituição de 1988, o Art. 231 dispõe o reconhecimento dos indígenas, visando a sua organização social, costumes, línguas, crenças e tradições, e os direitos originários sobre as terras que tradicionalmente ocupam, competindo à União demarcá-las, proteger e fazer respeitar todos os seus bens. Seguindo essa perspectiva, a bacia hidrográfica do rio Pindaré reconhece legalmente seis terras indígenas em sua região, sendo elas, Caru, Araribóia, Rio Pindaré, Awa, Kriati e Governador (Figura 60).

Com base no mapeamento multitemporal, observa-se que esses territórios estão cada vez mais pressionados devido aos interesses econômicos existentes na região, pois a relação entre as formas de uso da terra e as atividades econômicas desenvolvidas na região, resultam em diversos conflitos e deterioração ambientais nas áreas protegidas. Principalmente pela área estar localizada no arco do desmatamento, sendo assim, práticas ligadas a retirada de madeira ilegal, atividades de mineração, caças ilegais e atividades agropecuárias deixam esses territórios cada vez mais vulneráveis as pressões e conflitos.

Diante o exposto, destaca-se que no primeiro ano analisado as terras indígenas se encontravam em um ótimo estado de preservação, apresentando altos níveis de vegetação ao longo dos seus territórios. Em contrapartida, o ano de 2005 apresentou intensas modificações provenientes da expansão das atividades agropecuárias e do desmatamento na região, em decorrência disso, a classe de pastagem avançou-se sobre esses territórios, principalmente tratando-se das TI de Araribóia, Awa e rio Pindaré.

Já para o último ano da análise temporal, é destacado pelas intensas modificações provenientes das atividades antrópicas em todo o curso da bacia hidrográfica. Sendo intrínseco o predomínio da classe de pastagem em toda a extensão. A partir disso, este ano apresentou uma conversão nas classes de predominância, uma vez que a classe pastagem superou a formação florestal, ocupando quase metade de toda a cobertura da bacia hidrográfica. A partir disso, novas classes de uso foram introduzidas, tais como a silvicultura e as lavouras temporárias próximas às terras indígenas. Principalmente tratando-se da Ti de Araribóia e Caru.

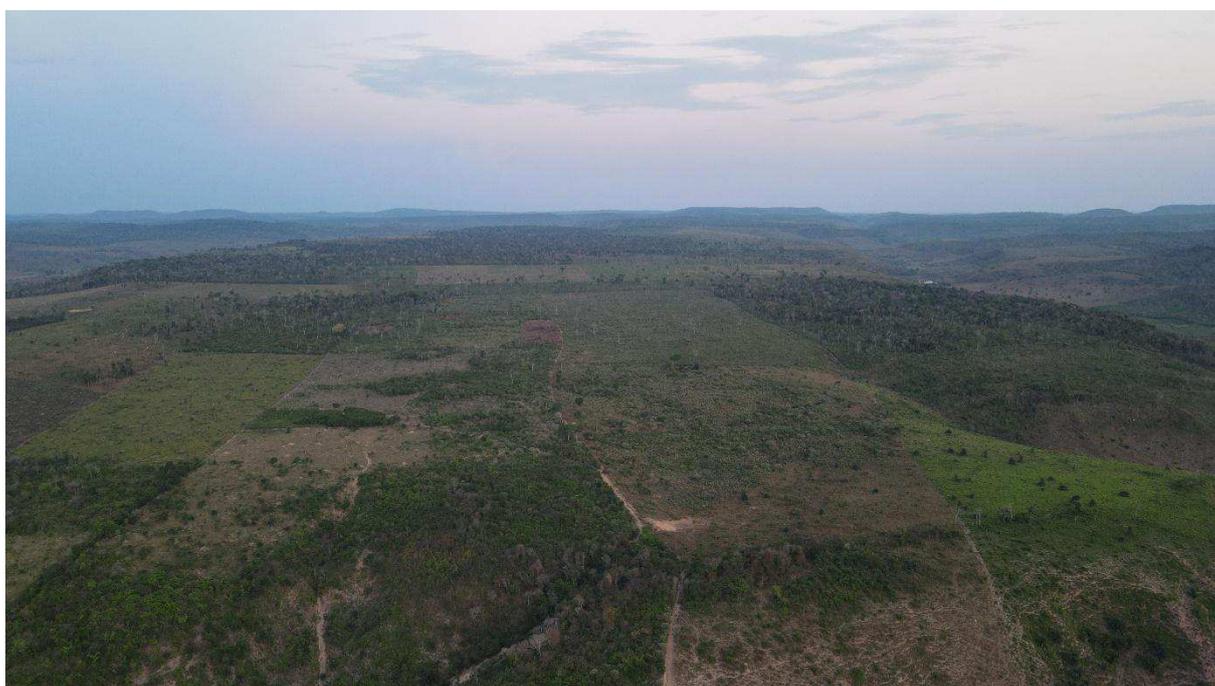
Figura 60. Uso e Cobertura nas terras indígenas da Bacia hidrográfica do rio Pindaré



Elaboração: FERREIRA, 2022.

Para evidenciar tais pressões as figuras a seguir exemplificam alguns impactos provocados pela mudança de cobertura florestal ocorridos dentro das áreas protegidas. A figura 61 demonstra extensas áreas de pastagem na terra indígena de Araribóia, localizada no município de Amarante do Maranhão. Esta paisagem apresenta-se de forma bastante fragmentada, com apenas alguns resquícios da vegetação ombrófila. Já no que se refere aos impactos para os recursos hídricos, a figura 30 mostra um afluente do rio Pindaré assoreado devido a intensas mudanças ocorridas no padrão florestal. Também é importante destacar a abertura e construção de estradas que interceptam a região e também as condições naturais da região.

Figura 61. Áreas de pastagem na terra indígena Araribóia.



Fonte: Registro da pesquisa, 2021.

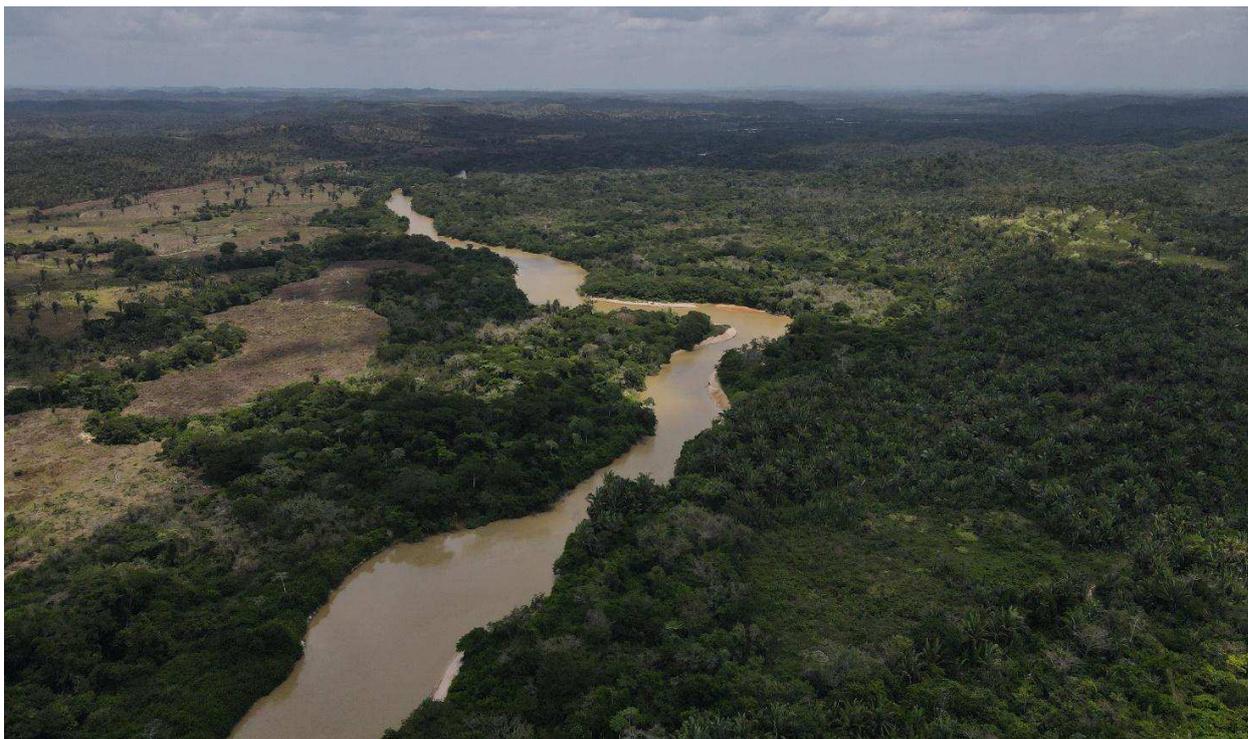
Figura 62. Assoreamento do afluente do rio Pindaré.



Fonte: Registro da pesquisa, 2021.

Também é importante salientar a relevância para a conservação e monitoramento para essas regiões, uma vez que são essas áreas responsáveis pela preservação dos recursos naturais. A Figura 63, a seguir, exemplifica-se tal situação, onde na margem direita do rio Pindaré é possível observar a substituição da cobertura vegetal para áreas destinadas à agricultura/pastagem, deixando os solos expostos e as margens do rio desprotegidas e vulneráveis aos fenômenos erosivos. Em contrapartida, a margem direita do rio ainda se encontra preservada e com alto percentual de cobertura vegetal, isso ocorre em decorrência do rio está inserido em seis terras indígenas (Caru, Araribóia, Rio Pindaré, Awa, Kriati e Governador) estas têm uma relevância não só social, mas também ambiental, uma vez que são responsáveis pela conservação da cobertura vegetal e conseqüentemente, colaboram para a manutenção do equilíbrio ambiental nesta bacia já impactada.

Figura 63. Margens do rio Pindaré.



Fonte: Registro da pesquisa, 2021.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise multitemporal, realizada por meio do tratamento de imagens orbitais de diferentes épocas, foi possível identificar o uso e cobertura da terra e sua transformação ao longo dos últimos 30 anos na Bacia Hidrográfica do rio Pindaré. Diante disso, foi possível monitorar as áreas desmatadas e acompanhar a sua expansão ao longo dos anos. Os resultados obtidos, evidenciaram que a região compreende uma área de expansão agrícola bastante dinâmica e que apresentou um aumento de sua área desmatada em 30 anos. Pela principal atividade econômica da região ser a agropecuária, a vegetação da bacia hidrográfica é em sua maior parte antropizada, apresentando vestígios de vegetação e floresta ombrófila densa. Desde o ano de 1990 essas práticas já permeavam neste território, contudo nos últimos anos analisados, a região foi dominada pela classe da pastagem, ocupando grandes áreas, suprimindo a vegetação primária, e conseqüentemente interferindo desta forma na geodiversidade local.

Ao analisar a paisagem natural da bacia hidrográfica, tornou-se de fundamental importância os estudos voltados para os seus processos formadores, isto é, componentes da geodiversidade, sendo eles, a geologia, relevo, solos, uso e cobertura. Sendo assim, os resultados apresentaram, respectivamente, a identificação de as unidades geológicas da Formação Itapecuru, Depósitos Aluvionares, depósitos detríticos e/ou lateríticos Depósitos flúvio-lagunares formação Ipixuna. Sendo a formação Itapecuru e as formações lateríticas, são as formações de maior predominância na bacia 86,8%, tendo grandes influências sobre as formações dos solos, principalmente nos Argissolos e Latossolos.

Para o relevo, identificou-se que a área apresenta Planície Costeira da Baixada Maranhense e as Superfícies Aplainadas do Planalto Dissecado do Gurupi- Grajaú com suas subdivisões, sendo as superfície com colinas e os plantôs dissecados de maior predominância com 51%. Apresentando uma altimetria de 140 a 600 m.

Quanto aos solos, a bacia apresenta 6 tipos de solos, sendo eles, os Argissolos, Latossolos, Gleissolos, Luvisolos, Plintossolos e Neossolos. Sendo os Argissolo e Latossolos predominantes, correspondendo a 80,5%. Por esses solos apresentarem boas condições para a agricultura, a expansão agropecuária se concentrou sobre esses solos, com destaque para a implementação da soja e da silvicultura.

Por conseguinte, analisando as pressões exercidas sob a região que compreende a bacia hidrográfica, identificou-se 4 unidades de pressão. Sendo assim, para a unidade da cobertura vegetal, comprovou-se que a classe se encontra bastante ameaçada devido às atividades de

desmatamento, queimadas e atividades socioeconômicas produzidas na região. Em que os maiores conjuntos vegetacionais se encontram nos territórios protegidos.

Para a unidade da pastagem, configurou-se como a maior zona de pressão, estando presente em toda a extensão da bacia e sendo atrativo para as principais atividades econômicas, principalmente tratando-se da pecuária e silvicultura.

No que tange a unidade urbana, observou-se o avanço das cidades de forma rápida e desordenada, desencadeando problemas ambientais que atingem não só a população, como também os próprios recursos naturais da região.

Por fim, tratando-se dos recursos hídricos comprovou-se que o rio Pindaré e seus afluentes se encontram em um estado crítico de degradação, uma vez que a grande parte da vegetação ciliar encontram-se suprimidas para a inserção de novas classes, bem como, o plantio de monoculturas, ocupações irregulares e focos de queimadas ocorrendo próximo ao seu leito menor, podendo ocasionar uma série de impactos, alguns já sendo visíveis, como é o caso de nascente assoreadas e problemas relacionados à qualidade das águas.

No que tange às áreas protegidas presentes na região (Unidades de Conservação, Área de Preservação Permanente e Terras indígenas), foi comprovado que estas áreas se encontram pressionadas devido ao alto grau de interferência antrópica em seu entorno. Principalmente tratando-se das Unidades de conservação e zonas de APP, pois ao longo dos 30 anos a expansão da pastagem dentro dessas regiões foram sendo cada vez predominantes, havendo conversão da classe de formação florestal para extensas áreas de pastagem. Descumprindo a Lei n.º 12.651/2012 que trata das formas de uso nas unidades de conservação e da lei n.º 12.651/2012 que trata das limitações nas APPs. Todavia, as terras indígenas tornaram-se os únicos territórios que ainda se apresentam em um bom estado de conservação, sendo de suma importância para o equilíbrio ambiental na bacia hidrográfica, principalmente para a manutenção dos recursos hídricos.

Portanto, diante dos pressupostos apresentados, analisando a bacia hidrográfica como um sistema aberto, proposto por Bertalanffy e relacionando com a teoria de Tricart sobre o equilíbrio dinâmico. Através dos resultados obtidos, mostra que a região possui intensas atividades antrópicas nos componentes naturais, principalmente tratando-se da supressão da vegetação para o plantio de lavouras, o que deixa os solos vulneráveis aos processos erosivos, em especial se essa supressão ocorrer nas regiões próximas às matas ciliares, ocasionando o assoreamento, desequilibrando a fauna e flora e outros diversos impactos para a região. Portanto, qualquer alteração nos componentes naturais, tais como, solo, relevo, vegetação, recursos hídricos, provocam desequilíbrios nestes sistemas ambientais.

Por fim, as informações geradas pelo referido estudo objetivam contribuir para a elaboração de medidas preventivas pelos órgãos gestores responsáveis pelo planejamento estadual e municipal, frente aos possíveis danos ambientais integrados. Ressalta-se a importância dos recursos hídricos para a região, visto que o mesmo carrega um papel primordial não só pelo ponto de vista ambiental, mas também social, uma vez que a população local necessita da pesca para a movimentação da economia. Por isso, as medidas protetoras tornam-se de suma importância para a manutenção do rio e seus afluentes. Sendo possível a relação entre uso e cobertura, desde que haja o planejamento adequado, levando em consideração as informações da geodiversidade e respeitando os territórios protegidos. Por fim, a partir das inter-relações entre os mapas de geodiversidade e de uso e cobertura da bacia hidrográfica, foi possível gerar resultados especializados e georreferenciados, tornando-se ferramentas úteis de apoio à tomada de decisão quanto à criticidade dos processos configuradores da vulnerabilidade humana e ambiental

REFERÊNCIAS

- A. J. I.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M(orgs) Erosão e conservação dos solos. (orgs). Ed. Bertand Brasil, 1999. p. 17-50.
- AB'SABER, A.N. **Contribuição à geomorfologia do estado do Maranhão**. Notícia Geomorfológica, Campinas, v. 3, n. 5, p. 35-45, 1960.
- ABREU, Beatriz Ventura **ESTUDOS HIDROLÓGICOS DA BACIA DO RIO PINDARÉMIRIM** - Rio de Janeiro: UFRJ / ESCOLA POLITÉCNICA, 2013.
- AGUIAR, A.P.D. **Introdução À Modelagem Dinâmica Espacial. Simpósio Brasileiro. De Sensoriamento Remoto**, 2003.
- ALVES, H.P.F. **Análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira através da integração de dados censitários e de sensoriamento remoto**. 2004. 293 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Sociologia do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- ARAÚJO FILHO, Milton da Costa; MENESES, Paulo Roberto; SANO, Edson Eyji. **Sistema de classificação de uso e cobertura da Terra na análise de imagens de satélite**. Revista Brasileira de Cartografia No 59/02, Agosto 2007.
- ARAÚJO, Elson. Buriticupu, Açailândia e Bom Jesus das Selvas, as cidades maranhenses que sofrem com a voçoroca. Oprogresso net, 2022. Disponível em: <https://oprogresonet.com/noticia/29998/buriticupu-acailandia-e-bom-jesus-das-selvas-as-cidades-maranhenses-que-sofrem-com-a-vocoroca>. Acesso em: 05/06/2023
- ASHRAF, A.; NAZ,R.; A. WAHAB, B.; AHMAD, M.; YASIN, M. **Assessment of land use change and its impact on watershed hydrology using remote sensing and SWAT modeling techniques: a case of Rawal Watershed in Pakistan**. *International Journal of Agricultural Science and Technology*, v.2, n.2, p. 61- 68, 2014. DOI: 10.14355/ijast.2014.0302.02.
- AZEVEDO, B. R. M.; PIGA, F. G.; RODRIGUES, T. C. S.; AZEVEDO, R. R. **Análise temporal da cobertura da terra em unidade de conservação no município de São Luís, Maranhão, Brasil**. *Formação (Online)*, v. 27, n. 51, p. 209-230, 2020.
- BARRELLA, W. et al. **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes**. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO; H. F. (Ed.). *Matas ciliares: conservação e recuperação*. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações**. 1. ed. Petrópolis: Vozes, 1968. 321p.
- BRASIL. Lei Nº 12.651, de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre o novo código florestal. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2012.

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

_____. Lei Nº 12.651, de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre o novo código florestal. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2012.

_____. Lei Nº 9.985, de 1 de Julho de 2000. Dispõe sobre o sistema nacional de unidades de conservação da natureza e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2000.

CARDOSO, LINCOLN G.; PIROLI, EDSON L. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Uso da Terra em Microbacias Hidrográficas**, 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blücher, 2ª edição, 1980. 188p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236 p.

CHRISTOFOLETTI, Antonio, **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 2ª edição, São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2002.

COSTA, ALLANA PEREIRA. **PRESSÕES DE USO DA TERRA NO BIOMA AMAZÔNICO MARANHENSE**. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço. 1. ed. atual. São Luís: UEMA, 2022. 160 p. v. 1. Disponível em: <https://www.ppgeo.uema.br/wp-content/uploads/2022/09/ALLANA>

COSTA_DISSERTA%C3%87%C3%83O.pdf. Acesso em: 1 maio 2023.

Crepani, E.; Medeiros, J. S. de ; Azevedo, L. G. de; Hernandez Filho, P.; Floreszano, T. G.; Duarte, V. **Sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. 124 p. (INPE-8454-RPQ/722).

CUNHA, S. B; **A Questão Ambiental: Diferentes Abordagens**. Rio de Janeiro, 2007.

DANTAS. M. E, **Compartimentação Geomorfológica**. Geodiversidade do estado do Maranhão. Teresina: CPRM, 2013. 294 p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Potencialidades e limitações ao uso agrícola de solos do Matopiba**. Natal 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/138359/1/2015-177.pdf>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

Estatuto do Índio. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16001.htm. Acesso no dia: 20-01-2022.

EGLER, C. A. G.; CRUZ, C. B. M.; MADSEN, P. F. H.; COSTA, S. de M.; SILVA, E. Alves.

Proposta de Zoneamento Ambiental da Baía de Guanabara. Anuário do Instituto de Geociências- UFRJ, v. 26, p. 127-138, 2003.

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

FINKLER, R. **Planejamento, manejo e gestão de bacias. Unidade 1 - A Bacia Hidrográfica,** 2017.

Forman, R. T. T., Godron, M. **Landscape ecology.** New York: John Wiley & Sons, Inc., 1986, 640 p.

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

FUSHIMI, M. **Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares nas áreas rurais do município de Presidente Prudente - SP.** 2012. 141p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista - UNESP, São Paulo, 2012.

GALLOTTI, F. G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais.** Oficina de textos. São Paulo, 2002.

GARBRECHT, J., MARTZ, L.W. Digital Elevation Model Issues in Water Resources Modeling. Presented at the 19th ESRI International User Conference, **Environmental Systems Research Institute. Published in the Proceedings of this Conference.** San Diego, California, July, 26-30, 1999.

GOMES. R. F. **Definição e diferenciação dos conceitos de áreas verdes/espços livres e degradação ambiental/impacto ambiental.** Caderno de Geografia [en linea]. 2016, 26(45), 134-150[fecha de Consulta 25 de Febrero de 2022]. ISSN: 0103-8427. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=333243260008>.

GUERRA, Antônio José Texeira. Início do processo erosivo. In: GUERRA,

HOUGHTON, R.A. **The worldwide extent of land-use change.** Bioscience, v. 44, p.305-315, 1994. Imperatriz: Ética, 2008.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

JENSEN, J. **Sensoriamento Remoto do Ambiente - Uma Perspectiva em Recursos Terrestres.** São Paulo:Parêntese, 2009.

KASPERSON, J. X., R. E. Kasperson, et al. (1995). **Regions at risk. Comparisons of threatened environments.** Tokyo, United Nations University Press.

Legislação ambiental. Disponível em: <https://emporiiododireito.com.br/leitura/os-espacos-ambientais-com-especial-protecao-entre-a-lei-e-a-realidade>. Acesso: 14-01-2022

LEMOS FILHO, L. C. A; FERREIRA, L. L. N.; LYRA, D. L. **Variabilidade espacial de atributos do solo indicadores de degradação ambiental em microbacia hidrográfica.** Revista agro@mbiente on-line, v. 11, n. 1, p. 11-20, 2017.

LIMA, E.A.M.; LEITE, J.F. **Projeto estudo global dos recursos minerais da bacia sedimentar do Parnaíba: integração geológico-metalogenética.** Relatório final, etapa III. Belém: DNPM/CPRM, 1978. 190 p. v. 1.

LOPES, E.; TEIXEIRA, S. **Contexto geológico.** In: BANDEIRA, I. (org.). Geodiversidade do estado do Maranhão. Teresina: CPRM, 2013. 294 p.

MARANHÃO. Lei n. 2.979 de 17 de julho de 1969. Dispõe sobre as terras de domínio público e dá outras providências. In: GONÇALVES, M. de F. da C. A reinvenção do Maranhão dinástico. São Luís: UFMA, PROIN, 2000.

MCCONNELL, W. & MORAN, E. **Meeting in the middle: the challenge of mesolevel integration.** LUCR Report Series, n. 4. 2000. MCCONNELL, W. & MORAN, E. Meeting in the middle: the challenge of mesolevel integration. LUCR Report Series, n. 4. 2000.

MELO, Irisnete Santos de. **Uma tragédia em três atos: As estratégias de ocupação e reterritorialização da Amazônia maranhense entre as décadas de 1960-1980.** 30º Simpósio Nacional de História, Recife, ano 1, v. 1, n. 1, ed. 1, p. 1-16, 29 ago. 2019. Disponível em: https://www.snh2019.anpuh.org/resources/anais/8/1564411214_ARQUIVO_Umatragediaemtresatos.pdf. Acesso em: 10 jul. 2023.

MIYAZAKI, L.C.P; MALVEZZI, C.M. **O estudo da caracterização dos aspectos naturais e impactos ambientais na bacia hidrográfica do Córrego São José/Ituiutaba/MG.** Encontro Nacional de Geógrafos, 2016.

MOORE, I.D.; TURNER, A.K.; WILSON, J.P.; JENSON, S.K.; BAND, L.E. **GIS and landsurface- subsurface process modeling.** In: Goodchild, M.F.; Parks, B.O.; 68 Steyaert, L.T.; ed. Environmental modeling with GIS. New York, Oxford University Press, 1993. Cap. 19, p. 196-230.

MOURA, W. C. de et al. **A Reserva Biológica do Gurupi como instrumento de conservação da natureza na Amazônia Oriental.** In: MARTINS, M. B.; OLIVEIRA, T. G. (Org.). Amazônia Maranhense: diversidade e conservação. Belém: MPEG, 2011. cap. 25-31.

MOURA, W. C. **Amazônia Maranhense: Diversidade e Conservação** / Organizado por Marlúcia Bonifácio Martins; Tadeu Gomes de Oliveira – Belém: MPEG, 2011. 328 p.: il.

NASCIMENTO, Silvane Magali Vale. **Programas e projetos governamentais nos assentamentos rurais: a polifonia exercida por muitos sujeitos.** In: COSTA, Cândida da; LIMA, Terezinha Moreira. Políticas públicas, trabalho e movimentos sociais no Maranhão. EDUFMA. São Luis. 2016.

NETO, Edmo Videira. **ENTRE A TRAGÉDIA E A HISTÓRIA: O PROBLEMA DO TEMPO HISTÓRICO NA TEORIA DA HISTÓRIA DE GEORG SIMMEL**. Anais do 30º Simpósio Nacional de História - História e o futuro da educação no Brasil, Recife, ano 1, v. 1, n. 1, ed. 1, p. 1-11, 11 jul. 2023. Disponível em: https://www.snh2019.anpuh.org/resources/anais/8/1565037477_ARQUIVO_TrabalhocompletoAnpuh.pdf. Acesso em: 8 maio 2023.

PAIVA, J.B.D.de.; PAIVA, E.M.C.D. **Hidrologia aplicada á gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2001. 625 p.

PEREIRA, J.A.; PEREIRA, E. Degradação ambiental e a diversidade biológica/biodiversidade: uma revisão integrativa. **Enciclopédia biosfera**, [s. L.], v. 14, n. 26, 2017.

PESSOA, V.C.O. **Análise Faciológica da Formação Itapecuru (bacia do Parnaíba) em testemunhos de sondagem**. [Rio de Janeiro] 2005.

PIRES, F. R; SOUZA, C. M. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água**. 2º ed. Viçosa. 2006. 216p.

PIRES, F. R; SOUZA, C. M. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água**. 2º ed. Viçosa. 2006. 216p.

POFFN, N. L; BLEDSOE, B. P.; CUHACIYAN, C. O. **Hydrologic variation with land use across the contiguous**.

PRATES, R. C.; BACHA, C. J. C. **Análise da relação entre desmatamento e o bem-estar da população da Amazônia Legal**. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 48, n. 1, p.165-93, 2010.

ROSA, Roberto & BRITO, Jorge L. S. **Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica**. Uberlândia, 1996. 104 pag.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. Revista do Departamento de Geografia/USP, n. 8, p. 63-73, 1994.

ROSS, J. L. S. **Análises e sínteses na abordagem Geográfica para o planejamento ambiental**. Rev. do Departamento de Geografia, nº 9, FFLCH-USP - São Paulo, 1991.

SAMPAIO, A. C., CANDATTEN, D., DELAROSA, K. F., ITONAGA, M. S., & BARROS, F. (2017). **UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**. JICEX, 7(7).

SANTOS, J.O; SOUZA, M.J.N. **Abordagem geoambiental aplicada à análise da vulnerabilidade e dos riscos em ambientes urbanos**. In: Boletim Goiano de Geografia. v.34. n. 2, 2014.

SANTOS, R.F.dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 pp.

SILVA, Charlei **Aparecido da. Fazer Ciência e Desafios da Pesquisa em Climatologia Geográfica no Centro-Oeste.** Revista Mercator, Fortaleza, v. 9, n. 1, p. 39-51, 2010.

SPÖRL, C; ROSS J. L. **Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos.** GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, v. 15, p. 39-49. 2004.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977. 97 p.

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

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: Editora da Universidade/ABRH, 1993. cap.1,p.25-33; cap.22, p.849-75.

Vivian Cristina de Oliveira PESSOA. V, C; & Leonardo BORGHI, L. **ANÁLISE FACIOLÓGICA DA FORMAÇÃO ITAPECURU (CRETÁCEO, BACIA DO PARNAÍBA) EM TESTEMUNHOS DE SONDAGEM,** 2004. Disponível em: http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/3/trabalhos/IBP0391_05.pdf.

ZEE (Maranhão). **ZONIFICAÇÃO DO TERRITÓRIO etapa bioma amazônico.** GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO, Maranhão, ano 1, v. 1, n. 1, p. 24-50, 2019. Disponível em: <http://homologacao.zee.ma.gov.br/wp-content/uploads/2021/08/Zonificacao-do-Territorio-do-Zoneamento-Ecologico-Economico-Etapa-Bioma-Amazonico.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2023.