



UNIVERSIDADE FEDERAL DO NORTE DO TOCANTINS
CENTRO DE CIÊNCIAS INTEGRADAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Benilson Pereira de Sousa

Diagnóstico Geoambiental como subsídio ao Plano de Manejo da Área Estadual de
Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA), norte do Tocantins

Araguaína/TO

2026

Benilson Pereira de Sousa

Diagnóstico Geoambiental como subsídio ao Plano de Manejo da Área Estadual de
Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA), norte do Tocantins

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do norte do Tocantins (UFNT), Centro de Ciências Integradas, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Machado

Araguaína/TO

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Geração de Ficha Catalográfica SGFC-UFNT

Gerado automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S725d Sousa, Benilson Pereira de.

Diagnóstico Geoambiental como subsídio ao Plano de Manejo da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA), norte do Tocantins / Benilson Pereira de Sousa. - Centro de Ciências Integradas - CCI, TO, 2026.

94 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) (Pós-Graduação - Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGeo) -- Universidade Federal do Norte do Tocantins, 2026.

Orientador: Carlos Augusto Machado.

1. Diagnóstico Geoambiental. 2. Unidade de Conservação da Natureza. 3. Plano de Manejo.

CDD 910

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

ORCID dos pesquisadores

Orientador: Carlos Augusto Machado, <https://orcid.org/0009-0009-0366-7234>
Orientando: Benilson Pereira de Sousa, <https://orcid.org/0000-0003-1077-4213>


Benilson Pereira de Sousa

Diagnóstico Geoambiental como subsídio ao Plano de Manejo da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA), norte do Tocantins


Dissertação apresentada à Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Centro de Ciências Integradas (CCI), curso de Pós-Graduação em Geografia. Foi avaliada para a obtenção do grau de Mestre em Geografia e aprovada em sua forma final pelo orientador e pela banca examinadora.

Data de aprovação: 11/05/2026


Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **CARLOS AUGUSTO MACHADO**
Data: 27/05/2026 08:22:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Carlos Augusto Machado, PPGGeo/UFNT – Orientador

Documento assinado digitalmente
 **LUCIANO DA SILVA GUEDES**
Data: 26/05/2026 10:20:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Luciano da Silva Guedes, PPGGeo/UFNT – Examinador Interno

Documento assinado digitalmente
 **SANDRO SIDNEI VARGAS DE CRISTO**
Data: 26/05/2026 16:31:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Sandro Sidnei Vargas de Cristo, PPGG/UFT – Examinador Externo

Dedico com todo o meu amor ao meu filho André Luís, e aos meus netos Ana Laís, Heitor, Jacob Levi, Ana Vitoria e Ravi. Esta dissertação é um pedaço do meu coração que entrego a vocês, para que nunca se esqueçam das raízes que nos unem e do futuro brilhante que desejo que construam.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela vida e por ser o alicerce de todas as minhas conquistas.

Aos meus pais, Seu Benedito e Dona Lindaci, exemplos de vida e dedicação. Agradeço por terem acreditado nos meus sonhos antes mesmo de mim e por investirem na minha educação com tanto esforço. Tudo o que sou e esta conquista acadêmica devo a vocês.

Gostaria de expressar minha profunda e eterna gratidão a Stanley Rangel & Roberta Rangel, e a Timothy Johns & Evelyne Johns. Vocês me acolheram com um amor incondicional e uma sabedoria que moldaram quem eu sou, tornaram-se verdadeiros pilares na minha vida e nesta caminhada acadêmica. Esta dissertação pertence tanto a mim quanto ao amor de vocês, que hoje transborda em cada página deste trabalho.

Agradeço imensamente à minha esposa, Maria Alves, pelo amor, pela paciência infinita e por segurar as pontas enquanto eu me dedicava a este trabalho. Sua compreensão, seu apoio logístico e suas palavras de ânimo foram fundamentais para que eu chegasse ao fim desta jornada. Obrigado por caminhar ao meu lado.

A meu filho, André Luís, que é a minha maior motivação, agradeço pela alegria que renova minhas energias todos os dias.

A todos meus familiares, pelo apoio e pela torcida vibrante em cada etapa desta caminhada. Sem o suporte de vocês, este título não teria o mesmo valor.

Ao meu orientador, Professor Doutor Carlos Augusto, pela amizade, dedicação, excelência na condução deste trabalho, pelo rigor acadêmico e por compartilhar generosamente seu vasto conhecimento. Sua disponibilidade e o tom sempre encorajador tornaram o peso desta dissertação muito mais leve.

Aos educadores que cruzaram meu caminho, desde os primeiros passos na escola até as salas de aula da universidade: Zefinha (onde tudo começou), Rosana Marinho, Eva Rocha, Consolação Batista, Raimundo Gomes, Anquelme, Consolação Lira, Rosilda França, Fatima Nascimento, Carlos Augusto, Luciano Guedes, Luís Eduardo Bovolato, Satsuki Wada, Lucas Barbosa, Sandro Cristo, Kelly Bessa e todos os outros. Cada um de vocês depositou uma semente que floresce agora na conclusão

deste mestrado. Este trabalho é o resultado de uma vida inteira de ensinamentos que transcendem os livros.

A 1ª turma do PPGeo, obrigado por tudo. Que nossos caminhos profissionais continuem se cruzando pelas diversas paisagens que escolhemos estudar.

Em nome do Professor Eliseu Brito, agradeço a todos os Professores do PPGeo. Sou eternamente grato a todos vocês, minha dívida com a UNITINS/UFT/UFNT é infinita.

Agradeço ao Naturatins por todo o apoio dado a este estudo.

Agradeço imensamente a Inspetora e Supervisora do Naturatins Ayranan Suzuki pela amizade, pelo apoio e compreensão frente as minhas lutas na dupla jornada no exercício das atividades profissionais e a vida acadêmica.

A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte desta trajetória, compartilhando sorrisos, angústias ou palavras de incentivo: o meu mais sincero muito obrigado. Vocês tornaram este sonho possível.

*“Um certo dia, a beira mar
Apareceu um jovem Galileu.
Ninguém podia imaginar
Que alguém pudesse amar
Do jeito que ele amava...”*

(Padre Zezinho, scj– Um Certo Galileu, 1970)

RESUMO

O Plano de Manejo é instrumento técnico-gerencial indispensável às Unidades de Conservação (UCs) da Natureza, cuja implementação determina o reordenamento territorial da UC, a mitigação de impactos ambientais e a mediação de conflitos socioambientais decorrentes do uso da terra. Alicerçado na análise da paisagem, o presente estudo objetiva elaborar um Diagnóstico Geoambiental como subsídio ao Plano de Manejo da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA), norte do estado de Tocantins, baseando-se no roteiro metodológico de Trentin e Robaina (2005) e Robaina *et al.* (2009) consolidado pelo Laboratório de Geologia Ambiental (LAGEOLAM) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Para as atividades de geoprocessamento e sensoriamento remoto, utilizou-se o software ArcGIS versão 10.8 e o software em nuvem *Google Earth Engine* (GEE). Foram trabalhadas imagens dos satélites Landsat 9 e *China-Brazil Earth-Resources Satellite* (CBERS) 4A, bem como imagens de radar interferométrico do projeto Copernicus DEM, objetivando elaborar o Modelo Digital de Elevação (MDE). Utilizou-se a técnica de aprendizado de máquina *Random Forest* (RF) para o levantamento de uso e cobertura; para melhor diferenciar as classes, foram definidas as variáveis: área urbana, vegetação nativa, servidão administrativa, pastagem, mineração inativa, mineração ativa, florestas plantadas, empreendimentos, cultura agrícola, corpos hídricos e chácaras para lazer. A partir do diagnóstico realizado, identificaram-se as reais e potenciais situações de conflitos de uso; por meio do mapa temático síntese, foram espacializadas as Zonas de Uso Geral (ZUG), Zona Sob Pressão Antrópica (ZSPA) e Zona para Conservação/Preservação (ZCP), evidenciando as ocupações irregulares das margens dos cursos hídricos, o microparcelamento do solo rural e a fragmentação da vegetação como os grandes desafios da gestão e conservação ambiental. Por meio desta abordagem, é possível criar estratégias para sanar os fatores críticos, minimizar os desafios de gestão no cumprimento do papel ambíguo de uma UC de uso sustentável e balizar as atividades iniciais de elaboração do Plano de Manejo.

Palavras-chave: Diagnóstico Geoambiental. Unidade de Conservação da Natureza. Plano de Manejo.

ABSTRACT

The management plan is an indispensable technical-managerial instrument for Nature Conservation Units (NCUs), the implementation of which determines the territorial reorganization of the NCU, the mitigation of environmental impacts, and the mediation of socio-environmental conflicts arising from land use. Grounded in landscape analysis, this study aims to develop a geoenvironmental diagnosis to support the Management Plan of the State Environmental Protection Area of the Springs of Araguaína (APANA), in northern Tocantins, based on the methodological framework of Trentin and Robaina (2005) and Robaina *et al.* (2009), consolidated by the Laboratory of Environmental Geology (LAGEOLAM) of the Federal University of Santa Maria (UFSM). For geoprocessing and remote sensing activities, ArcGIS version 10.8 software and the cloud-based *Google Earth Engine* (GEE) software were used. Images from the Landsat 9 and *China-Brazil Earth-Resources Satellite* (CBERS) 4A satellites were processed, as well as interferometric radar images from the Copernicus DEM project, with the aim of producing the Digital Elevation Model (DEM). The *Random Forest* (RF) machine learning technique was used for land use and land cover mapping; to better differentiate the classes, the following variables were defined: urban area, native vegetation, administrative easement, pasture, inactive mining, active mining, planted forests, enterprises, agricultural crops, water bodies, and leisure smallholdings. Based on the diagnosis carried out, actual and potential land-use conflict situations were identified; through the thematic synthesis map, the General Use Zones (GUZ), Zone Under Anthropogenic Pressure (ZAP), and Conservation/Preservation Zone (CPZ) were spatially delineated, highlighting the irregular occupation of riverbanks, the micro-subdivision of rural land, and vegetation fragmentation as the major challenges for environmental management and conservation. Through this approach, it is possible to develop strategies to address critical factors, minimize management challenges in fulfilling the ambiguous role of a sustainable-use NCU, and guide the initial activities for the preparation of the Management Plan.

Keywords: Geoenvironmental Diagnosis. Nature Conservation Unit. Management Plan.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)	16
Figura 2 - Geossistemas de Bertrand, modelo teórico em tripé	21
Figura 3 - Fluxograma síntese da Pesquisa	29
Figura 4 - Litoestratigrafia da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)	39
Figura 5 - Fragmento de Psaronius encontrado na Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)	40
Figura 6 - Unidades Geomorfológicas da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)	42
Figura 7 - Hipsometria da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)	43
Figura 8 - Declividade da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)	44
Figura 9 - Morros residuais testemunhos	45
Figura 10 - Perfil de solo do tipo Neossolos quartzarênicos da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)	46
Figura 11 - Plintossolos da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)	47
Figura 12 - Latossolos amarelos expostos pela erosão na Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)	47
Figura 13 - Tipos de solos da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)	48
Figura 14 - Rede Hidrográfica da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)	50
Figura 15 - Bacias Hidrográficas da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA): Ribeirão Jacubinha (BHRJ) e a Ribeirão de Areia (BHRA)	51
Figura 16 - Hierarquização Fluvial	53

Figura 17 - Pluviosidade média mensal de 2024 para Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA).....	55
Figura 18 - Uso e cobertura atual da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)	57
Figura 19 - Vista parcial das propriedades no interior da APANA	58
Figura 20 - Sede das propriedades rurais na Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA).....	60
Figura 21 - Mogno Africano e pastagem exótica	61
Figura 22 - Represa no alto curso do Ribeirão Jacubinha	62
Figura 23 - Plantio de milho.....	63
Figura 24 - Cemitério particular Jardim das Paineira	64
Figura 25 - Vista parcial da área urbanizada no interior da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA).....	65
Figura 26 - Distribuição espacial dos processos erosivos na área urbana.....	67
Figura 27 - Fitofisionomias da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)	69
Figura 28 - Distribuição da vegetação na área de estudo: A - Floresta Ombrófila Aberta / Mata Seca Decídua; B - Mata seca semidecídua; C - Cerrado típico sem mata de galeria inundável e não inundável; e D – Palmeirais (Babaçu)	70
Figura 29 - Vista parcial de uma mineração ativa (A) e inativa (B).....	72
Figura 30 - Pastagem com capim exótico, massai (<i>Panicum maximum</i>)	73
Figura 31 - Faixa de servidão administrativa da TO-222 (A) e TO-423 (B)	74
Figura 32 - Carta síntese.....	76

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

APANA	Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína
APP	Área de Preservação Permanente
BHRA	Bacia Hidrográfica do Ribeirão de Areia
BHRJ	Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jacubinha
BPMA	Batalhão da Polícia Militar Ambiental
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CBERS	<i>China-Brazil Earth-Resources Satellite</i>
Dd	Densidade de drenagem
DGED	<i>Defense Gridded Elevation Data</i>
GEE	<i>Google Earth Engine</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
LAGEOLAM	Laboratório de Geologia Ambiental
MDE	Modelo Digital de Elevação
MIF	Manejo Integrado do Fogo
MONAF	Monumento Natural das Árvores Fossilizadas
Naturatins	Instituto Natureza do Tocantins
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
NIR	<i>Near Infrared</i>
RF	<i>Random Forest</i>
RGB	<i>Red/Green/Blue</i>
RL	Reserva Legal
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural

SEDEMAT	Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico, Agricultura, Meio Ambiente e Turismo de Araguaína
SEUC	Sistema Estadual de Unidades de Conservação
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SISCOM	Sistema Compartilhado de Informações Ambientais
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
TIN	<i>Triangulated Irregular Network</i>
TO	Tocantins
UC	Unidade de Conservação
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i>
ZCP	Zona para Conservação/Preservação
ZEE-TO	Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Tocantins
ZSPA	Zona sob Pressão Antrópica
ZUG	Zona de Uso Geral

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA APANA	15
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1 CONCEITOS E CLASSIFICAÇÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO	18
3.2 ALTERAÇÃO DA PAISAGEM E GEOTECNOLOGIAS	20
3.3 PESQUISAS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E O DIAGNÓSTICO GEOAMBIENTAL	23
3.4 GESTÃO E PLANO DE MANEJO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO	26
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	28
4.1 LEVANTAMENTO DE MATERIAIS BIBLIOGRÁFICOS E CARTOGRÁFICOS	28
4.2 TRABALHOS DE CAMPO	30
4.3 TRABALHOS DE LABORATÓRIO	30
4.4 LEVANTAMENTO MORFOMÉTRICO/MORFOLÓGICO	30
4.4.1 Análise e mapeamento do relevo.....	30
4.4.2 Análise da Rede de Drenagem	31
4.5 LEVANTAMENTO DE USO E COBERTURA DA TERRA ATUAL	34
4.6 LEVANTAMENTO DE DADOS CLIMÁTICOS – PLUVIOSIDADE	36
4.7 ELABORAÇÃO DA CARTA GEOAMBIENTAL	37
5. CARACTERIZAÇÃO DOS ELEMENTOS FÍSICOS DA PAISAGEM	38
5.1 GEOLOGIA	38
5.2 GEOMORFOLOGIA	40
5.3 SOLOS	46
5.4 HIDROGRAFIA	49
5.5 CLIMA	54
6 ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA ATUAL	56
6.1 CHÁCARAS DE LAZER	58
6.2 FLORESTAS PLANTADAS	61
6.3 CORPOS HÍDRICOS	62
6.4 CULTURA AGRÍCOLA	62

6.5 EMPREENDIMENTOS	64
6.6 ÁREA URBANA	65
6.7 VEGETAÇÃO NATIVA.....	68
6.8 MINERAÇÃO ATIVA E INATIVA	71
6.9 PASTAGEM.....	72
6.10 SERVIDÃO ADMINISTRATIVA	73
7. SÍNTESE E PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS PARA SUBSIDIAR A ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANEJO E GESTÃO DA APANA.....	75
7.1 ZONA PARA CONSERVAÇÃO/PRESERVAÇÃO	77
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
REFERÊNCIAS.....	80
APÊNDICE A – DECLARAÇÃO DE AUTORIA E RESPONSABILIDADE	89

1. INTRODUÇÃO

As Unidades de Conservação (UCs) da Natureza, na gestão e principalmente na conservação ambiental, têm suas funções bem definidas perante os regramentos institucionais. Por meio de leis, decretos e portarias, são criados mecanismos de controle e gestão dessas áreas protegidas.

Um dos instrumentos legais mais importantes para a manutenção de UC é o Plano de Manejo. Este é peça fundamental para a tomada de decisões técnico-administrativas e de controle da área. Para a elaboração de um Plano de Manejo, faz-se necessária uma caracterização geoambiental coesa, que estabeleça critérios a serem seguidos para uma gestão eficiente e harmoniosa.

Em face desta temática, a caracterização geoambiental torna-se um instrumento de grande valia para as UCs, podendo contribuir para a elaboração do Plano de Manejo na fase de caracterização, para a determinação do zoneamento da área e para a construção de um arcabouço a ser seguido para a tomada de decisões.

Como recorte espacial do presente estudo, definiu-se a extensão territorial da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA), UC de uso sustentável, localizada no norte do estado do Tocantins (TO). A APANA há tempos vem passando por modificações e adaptações em sua estrutura e dinâmica das unidades da paisagem devido a intervenções antrópicas, deixando passivos ambientais e ocupações territoriais desordenadas segundo Sousa, Filha e Pereira (2014), Antero (2019) e Silva (2019).

Sousa, Filha e Pereira (2014) apontaram os principais conflitos de uso da terra como provenientes de ações antrópicas nas Áreas de Preservação Permanente (APP) no interior da APANA, tais como pequenas criações de gado e lavouras, e principalmente as intervenções diretas nos cursos hídricos com a instalação de barramentos e contenções de concreto.

Com o intuito de contribuir para a elaboração do Plano de Manejo da APANA, instigar novos estudos e compatibilizar a conservação dos recursos naturais com o suporte socioeconômico, este estudo propõe um Diagnóstico Geoambiental que caracteriza os aspectos e impactos ambientais do uso e ocupação no interior da UC. Embora já existam levantamentos e dados sobre as unidades geoambientais, como os desenvolvidos por Araújo *et al.* (2001), Anjos e Dias (2004), Romão, Dias e Borges

(2004), Haidar, Dias e Pinto (2013), Sousa, Filha e Pereira (2014) e Detzel *et al.* (2017), ainda é necessário refiná-los e gerar informações integradas.

O Diagnóstico Geoambiental pautado no pensamento sistêmico contribui para o entendimento da evolução e dinâmica geoambiental, preenchendo uma lacuna na compreensão estratégica da análise ambiental. A abordagem sistêmica na análise da paisagem é amplamente empregada nos estudos ambientais em UC.

No estudo da paisagem, Cavalcanti (2013) alerta para a necessidade de utilizar uma estrutura lógica das informações que represente a realidade e enfatiza a necessidade de resolver os problemas de classificações anteriores, seja em comparação a outros estudos, escala de trabalho ou refinamento das informações em campo.

Os diversos tipos de UCs previstos na legislação ambiental brasileira têm características específicas para cada quadro natural de uma área. Quando criadas, a primeira etapa a ser superada reside na ausência de estudos aprofundados ou conduzidos em escalas incompatíveis, o que dificulta que a gestão dessas áreas seja implementada de maneira correta e no prazo previsto.

O principal instrumento de gestão das UCs é o Plano de Manejo. Trata-se de um documento técnico que define o zoneamento e as diretrizes para o manejo e uso dos recursos naturais (BRASIL, 2000). O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) determinou que todas as categorias de UCs precisam dispor de um Plano de Manejo estruturado e adequado à sua realidade e às características singulares locais. Apesar do lapso temporal desde a sua criação, a APANA não possui um Plano de Manejo ou qualquer outro meio de apoio à gestão territorial, o que dificulta o controle e as ações de gestão da área.

A APANA requer dados e informações mais aprofundados, principalmente geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climatológicos e biogeográficos, para que medidas de conservação e mitigação de impactos — como o desmatamento, a erosão dos solos e a qualidade das águas superficiais — sejam efetivas e duradouras, com base na definição de Unidades Geoambientais. A análise da paisagem, nesse sentido, demonstra o potencial ecológico e a capacidade de exploração biológica compatível com as atividades de ação antrópica, subsidiadas por bases cartográficas.

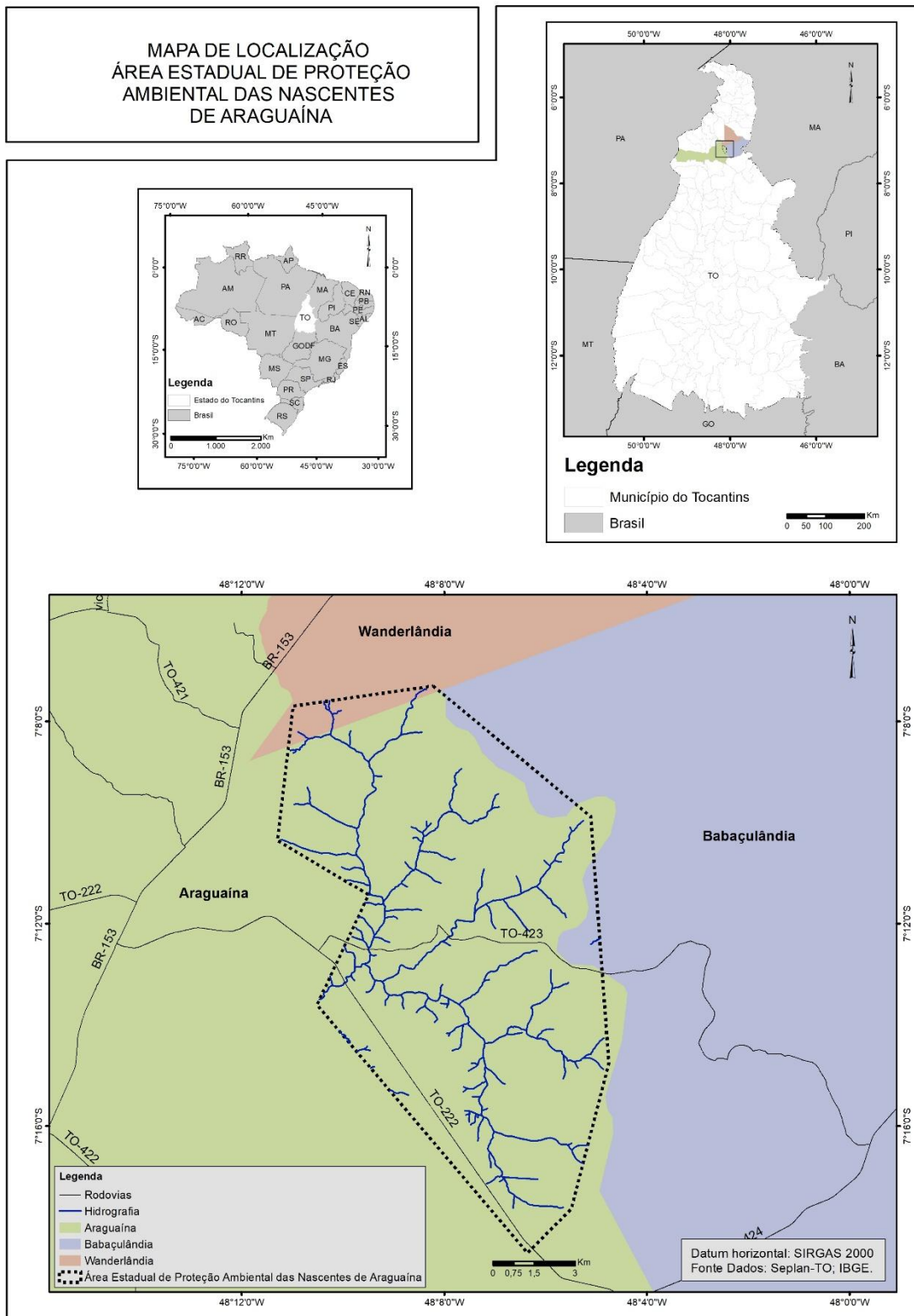
1.1 Localização e caracterização da APANA

Unidade de uso sustentável, a APANA foi criada por meio da Lei Estadual nº 1.116, de 9 de dezembro de 1999, com o objetivo de "proteger as nascentes, os cursos d'água, a fauna, a flora e os recursos naturais com potencial turístico, de forma a garantir o seu aproveitamento equilibrado, sustentável e compatível com a conservação dos ecossistemas locais" (TOCANTINS, 1999).

A autarquia estadual Instituto Natureza do Tocantins (Naturatins) é responsável pela implantação, supervisão e administração da APANA. As atividades de fiscalização ambiental são supletivas e subsidiárias entre o seu órgão gestor, o Batalhão da Polícia Militar Ambiental (BPMA) e a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico, Agricultura, Meio Ambiente e Turismo (SEDEMAT) de Araguaína (TO). Por força da Lei Complementar Federal nº 140, de 8 de dezembro de 2011, em se tratando da ocorrência de ação lesiva ao meio ambiente nos limites do município de Araguaína em intersecção com a APANA, compete à SEDEMAT o exercício do controle e fiscalização das atividades e empreendimentos, bem como o licenciamento e autorização ambiental. Esta condição difere dos municípios de Wanderlândia (TO) e Babaçulândia (TO), que não dispõem de estrutura adequada para as atividades de gestão ambiental municipal — circunstância que, nos termos da Lei Complementar Federal nº 140/2011, atribui supletivamente as competências ao órgão gestor da UC.

A APANA está localizada no extremo leste do município de Araguaína, abrangendo também pequenas porções dos municípios de Babaçulândia e Wanderlândia, ambos no norte do estado. Encontra-se na latitude de 7°12'12" S e longitude de 48°7'42" W, com área total de 15.821,500 hectares (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de localização da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)



Organização: Benilson Pereira de Sousa (2026).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Elaborar o Diagnóstico Geoambiental como subsídio ao Plano de Manejo da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína, norte do Estado do Tocantins.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar elementos físicos da paisagem, a saber: litologia, relevo, solos, hidrografia e clima;
- Avaliar a distribuição e as características de uso e cobertura atual da terra;
- Elaborar uma carta síntese geoambiental e proposições de medidas a fim de subsidiar a elaboração do Plano de Manejo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Conceitos e Classificação de Unidades de Conservação

As UCs são territórios protegidos por ato do poder público com o objetivo de conservação ambiental e garantia do uso sustentável. O marco regulatório brasileiro das UCs é a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que criou o SNUC e instituiu dois grupos: o de uso sustentável e o de proteção integral. A criação do SNUC representou um avanço decisivo na conservação e preservação de áreas ambientalmente sensíveis e/ou com características naturais relevantes; as UCs passaram a ter uma definição clara e objetiva frente à sua categoria e ao grau de proteção. Trata-se da regulamentação dos incisos I, II, III e VII, parágrafo 1º, do artigo 225 da Constituição Federal; o próprio SNUC originou outros regulamentos, como decretos, resoluções e normativas, para explicitar suas diretrizes (BRASIL, 2000).

As UCs de uso sustentável são territórios onde existem atividades produtivas na perspectiva da sustentabilidade, no equilíbrio ambiental, mantendo a dualidade do socialmente justo e economicamente viável. As de proteção integral são mais rigorosas no que se refere às atividades em seu interior; excetuada a categoria de Monumentos Naturais, que permite atividades econômicas e ocupações em seus limites, as demais unidades deste grupo visam a manutenção dos ecossistemas e o uso indireto dos recursos naturais (BRASIL, 2000).

Seguindo as diretrizes do SNUC, no estado do Tocantins foi criada a Lei nº 1.560, de 5 de abril de 2005, que institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC). Este documento legislativo trouxe algumas novidades frente ao SNUC; a principal inovação foi a inclusão de duas novas categorias de UC dentro do grupo de uso sustentável, o Rio Cênico e a Estrada Parque (Quadro 1). Outro avanço significativo foi a obrigatoriedade de a UC possuir Plano de Manejo para emissão de parecer de viabilidade de atividades que utilizam recursos naturais, compatibilizando a proteção do território e o licenciamento ambiental.

O SNUC e o SEUC, enquanto documentos legais, implantaram a obrigatoriedade de um estudo prévio de caracterização da área como requisito essencial à criação de UC pelo poder público. Esta iniciativa trouxe avanços principalmente no entendimento das características geoambientais, das condições

socioeconômicas e na definição do grupo e categoria de conservação a ser enquadrada, eliminando o grande gargalo da delimitação arbitrária dos limites das UCs.

Excetuada a categoria de Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), cuja criação se dá por ato administrativo do órgão executor das políticas ambientais federais, estaduais ou municipais e tem caráter perpétuo, as demais UCs podem ser criadas por ato institucional do legislativo ou do executivo, por meio de projeto de lei, ou ainda apenas pelo executivo com a promulgação de um decreto. Objetivando garantir a continuidade da proteção e dar segurança jurídica, o SNUC impôs que a redução dos limites e a desafetação dessas UCs somente ocorrerá por meio de lei específica, não sendo possível por lei genérica ou decreto do executivo.

Quadro 1 – Categorias de Unidades de Conservação segundo o Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC), Lei Estadual nº 1.560, de 5 de abril de 2005

Proteção Integral	Uso Sustentável
Estação Ecológica Estadual Parque Monumento Natural Refúgio de Vida Silvestre	Área de Proteção Ambiental Reserva de Fauna Estadual Reserva de Desenvolvimento Sustentável Rio Cênico Estrada Parque Reserva Particular do Patrimônio Natural Área de Relevante Interesse Ecológico Reserva Extrativista

Fonte: TOCANTINS (2005b).

Organização: Benilson Pereira de Sousa (2026).

No Tocantins, verifica-se uma concentração majoritária de UCs pertencentes ao grupo de uso sustentável. Esse cenário justifica-se pelos menores entraves burocráticos e legais no ato de sua criação, quando comparadas às áreas de Proteção Integral, além da viabilidade normativa de manter a ocupação humana em seu interior.

3.2 Alteração da Paisagem e Geotecnologias

A definição de paisagem e os ramos científicos que se dedicam a este fim lançam mão de várias posições filosóficas e compreensões científicas, principalmente na Geografia e Biologia (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2022). A percepção geográfica de paisagem é baseada em uma extensão espacial em que a análise do todo é potencializada.

Dentro da ciência geográfica, paisagem é conceito fundamental, entendida como o efeito das mutações entre elementos de origem natural e humana em um espaço (MAXIMIANO, 2004). Não se trata de uma simples combinação de elementos, mas sim de uma sinergia dinâmica e instável de elementos físicos, biológicos e antrópicos, tornando a paisagem uma e em ascendente evolução (BERTRAND, 2004).

Entre as ferramentas que convergem para sustentar o aprimoramento do entendimento da paisagem, a Teoria dos geossistemas, proposta pelo cientista russo Viktor Sotchava nas décadas de 1960 e 1970, estabeleceu um modelo aplicável aos fenômenos geográficos, conectando a natureza com a sociedade, inserindo o conceito de geossistemas na análise da paisagem (CHRISTOFOLETTI, 1999; CAVALCANTI, 2018).

Bertrand (2004), originalmente publicado em 1972, baseado na teoria de sistemas de Bertalanffy (1937) e na proposta geossistêmica de Sotchava, propôs um aprimoramento teórico frente à análise das unidades da paisagem, sendo o fator de escala um ponto-chave nesta nova perspectiva (LIMA; BRITO; FARIAS, 2021).

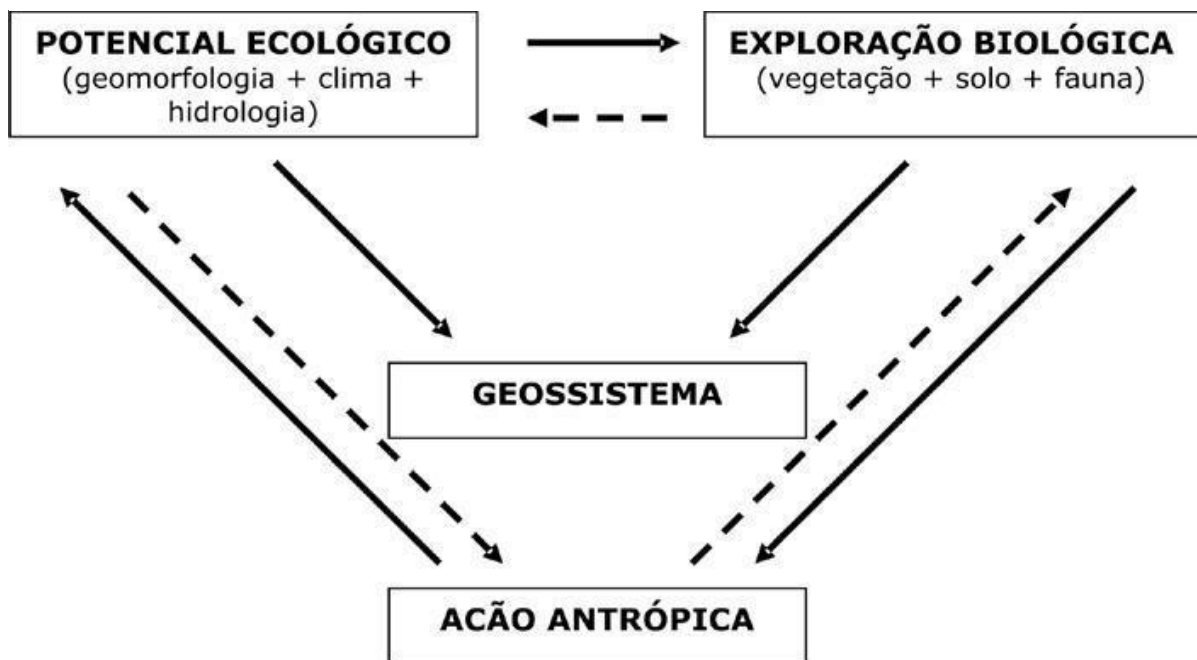
Remodelando a proposta metodológica da abordagem geossistêmica de Bertrand (1972), buscando um refinamento, Bertrand e Bertrand (2007) apresentam um novo paradigma, uma construção pautada nas novas perspectivas da Geografia física integradora, partindo do sistema tripolar Geossistema-Território-Paisagem dotado de uma visão holística de interação evidenciando as estruturas socioculturais, pertencimentos, poder e os sistemas ambientais (Figura 2).

Cavalcanti (2018), abordando a complexidade dos conceitos de paisagem, ratificou o entendimento de que a agregação e relação dos diferentes elementos, processos, dimensões e durações, em um determinado espaço terrestre são unidades geoecológicas, decorrentes dos intercâmbios naturais e culturais.

Esta prática sustenta uma abordagem integrada da natureza na superfície

terrestre em forma de síntese, dentro de um nível de detalhamento em que a cartografia de paisagens ou cartografia geoambiental representa espacialmente a fisionomia das paisagens e suas correlações de uso (CAVALCANTI, 2013, 2018; NUNES, 2002). Cavalcanti (2013) apontou os termos bioma, ecorregião, ecossistema, paisagem, geoecossistema, unidades de paisagem e unidades geoambientais como de extrema similaridade.

Figura 2 – Geossistemas de Bertrand, modelo teórico em tripé



Fonte: BERTRAND, G.; BERTRAND, C. (2007).

A individualização, tipologia e unidades regionais e locais da paisagem são entendidas como unidades geoambientais (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2022). Estas são identificadas e hierarquizadas conforme a inter-relação dos seus componentes, suas dimensões, características de origem e evolução. Dessa forma, é possível identificar as potencialidades e limitações para melhor avaliar a capacidade de suporte ao uso e ocupação da terra, relacionando os meios físico, biológico e antrópico (ALBUQUERQUE; MEDEIROS; SOUZA, 2013) (BASTOS *et al.*, 2000) e traçar um plano de gestão territorial e ambiental.

Cassetti (1995) aponta a necessidade de entender a conexão dos sistemas naturais, ao buscar compreender a interação do ser humano com o meio e o espaço

produtivo social. A relação entre sociedade e meio é pautada na assimilação e transformação da natureza; os passivos ambientais advindos dessa relação constituem problemas ambientais (CASSETI, 1995).

Suertegaray e Nunes (2001) reforçam que os estudos das degradações ambientais não devem ser realizados apenas sob o ponto de vista físico. Na realidade, para compreendê-los de forma integrada, é preciso considerar a relação entre a degradação ambiental e seu agente causador.

Para tanto, são necessários o uso de ferramentas de análises espaciais e manipulações integradas de dados levantados. Ross (1995) enfatiza que as abordagens ambientais em pesquisas devem ser representadas por meio de mapas, cartogramas, gráficos, tabelas produzidas a partir da utilização e interpretação de dados numéricos que fornecem informações econômicas, além de dados obtidos a partir de sensores e levantamentos de campo de onde se extraem informações da natureza e da sociedade.

Nesse contexto, as ferramentas computacionais para geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados, além de automatizar a produção de documentos cartográficos, gerando informações úteis (CÂMARA; DAVIS, 2001).

A aplicação dessa tecnologia possibilita a geração de um banco de dados codificado espacialmente, promovendo ajustes e cruzamentos simultâneos de um grande número de variáveis de informações, facilitando o acompanhamento e evolução espacial-temporal de diferentes temas, bem como a redução da subjetividade embutida em cruzamentos manuais (ROSA; BRITO, 1996).

Os avanços tecnológicos nas práticas cartográficas trazem mecanismos de avaliação e de automatização das tarefas; um exemplo é o uso do software em nuvem *Google Earth Engine* (GEE), que processa grandes quantidades de dados em frações de segundo.

Carvalho, Filho e Santos (2021), após testarem cinco classificadores de uso e cobertura do solo na plataforma GEE, observaram que a técnica de aprendizado de máquina *Random Forest* (RF) produziu resultado satisfatório, devido ao baixo índice de confusão na separação dos alvos, demonstrando a grande capacidade do algoritmo no que tange à sua precisão. Esse desempenho é corroborado por Silva et

al. (2023), que atribuem ao RF no GEE grande eficácia para a gestão ambiental e territorial, em razão de seu custo-benefício.

A cartografia da paisagem busca assimilar a estrutura da organização espacial, assim como o planejamento, o funcionamento e a evolução da paisagem, resultado de um recorte espaço-temporal que objetiva a compreensão holística da atividade mapeada (CAVALCANTI, 2018).

3.3 Pesquisas em Unidades de Conservação e o Diagnóstico Geoambiental

O interesse por pesquisas sobre UCs em nível nacional e internacional vem crescendo em variedade ao longo dos anos. Farinha, Silva e Bernardo (2017) enfatizam que isso elevou o conhecimento científico sobre o tema e trouxe boas práticas de conservação ambiental, acrescentando que esse interesse precisa ser expandido, incentivando novas pesquisas com diferentes objetivos e perspectivas, bem como a criação de novas unidades de conservação.

Com base na dinâmica da paisagem, Verburg *et al.* (2006) e Apan *et al.* (2017) analisaram os efeitos da mudança no uso da terra e a perda de vegetação nas Unidades de Conservação nas Filipinas, ratificando a importância das áreas protegidas na redução dos desmatamentos e fornecendo informações úteis ao planejamento e à gestão desses territórios.

Geldmann *et al.* (2019) buscando avaliar em nível global a eficácia das áreas protegidas na resistência às pressões antropogênicas, alertam para a necessidade de estudos integradores nas análises da pressão antrópica, evidenciando que sua redução está ligada a elevados valores do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

Por meio da análise espaço-temporal, Tapia-Armijos, Homeier e Munt (2017) demonstraram a influência da pressão humana sobre os ecossistemas e a vulnerabilidade das áreas protegidas do Equador. A análise permitiu espacializar o aumento da pressão humana em toda a área de estudo, evidenciando que a abertura de estradas foi um dos principais fatores, ao possibilitar o acesso a áreas antes remotas, favorecendo novos assentamentos e intensificando mudanças no uso da terra.

Meng *et al.* (2022) avaliaram a eficácia das áreas protegidas na resistência às pressões de desenvolvimento na China, onde foram usadas técnicas de

sensoriamento remoto para a espacialização das zonas de maior pressão antrópica. A eficácia da proteção foi avaliada mediante comparação entre territórios limítrofes, correlacionando localização geográfica e gestão.

No Brasil, os estudos das paisagens em Unidades de Conservação têm recorrido ao arcabouço das geotecnologias e às perspectivas das análises integradas. Tambosi (2008), Farias, Ladwig e Menezes (2017) e Zedes e Hermuche (2022), com o objetivo de subsidiar a criação de UCs e zonas de amortecimento, construíram diagnósticos geoambientais que delimitam os elementos da paisagem e as intervenções antrópicas, gerando produtos cientificamente estruturados e de grande valia para a implantação e gestão de áreas protegidas.

Nesta mesma perspectiva de análise, Silva *et al.* (2013) e Xavier (2015) buscaram espacializar os aspectos ecológicos e a sustentabilidade da paisagem, destacando a importante função das Unidades de Conservação na efetivação da preservação sustentável. Outros estudos que merecem destaque são os de Santos, Kirchner e Fleig (2009) e Moraes, Mello e Toppa (2015), os quais têm enfoque na avaliação da percepção da comunidade local frente às paisagens e o subsídio ao planejamento e gestão das Unidades de Conservação.

Devido ao seu caráter interdisciplinar integrador, a ciência geográfica tem muito a contribuir no que tange à criação, gestão e manejo das Unidades de Conservação, tendo em vista que seu objeto norteador é a relação entre o ser humano e o meio natural (GARCIA; MOREIRA; BURNS, 2018). As atividades antrópicas exercem efeitos sobre cada elemento do sistema natural; os efeitos negativos são aqueles decorrentes do uso e manejo inadequados dos recursos ambientais (LOPES, 2011).

Os impactos negativos advindos das ações antrópicas interferem no equilíbrio dinâmico dos ambientes naturais. Ross (1994), ao analisar a fragilidade dos ambientes naturais e antropizados, apontou que a tecnificação e evolução sociocultural potencializa a necessidade de mais recursos naturais, carecendo de um aprofundamento sobre a relação e o dimensionamento de seus elementos.

A ciência geográfica tem se destacado no enfoque das análises para fins de mitigação desses impactos ambientais, sempre buscando uma perspectiva integradora (SOARES; AQUINO, 2012). Nunes *et al.* (2006), abordando o desenvolvimento científico metodológico na Geografia Física, enfatizam a necessidade de que esses estudos adotem uma abordagem plena, capaz de

organizar as relações espaciais e temporais entre as dinâmicas ambientais e sociais.

Os estudos isolados das unidades da paisagem não coadunam com a compreensão da totalidade. Antrop (2000) e Barbosa e Gonçalves (2015), ao considerarem a complexidade das pesquisas sobre meio ambiente, apontam que a análise integrada da paisagem na Geografia é pautada na abordagem holística, dinâmica e integrada.

Ao analisar as pressões econômicas nas paisagens florestais, agrárias e em outros locais, Shaw e Oldfield (2007) apontam que os estudos da paisagem têm fundamental importância para as tratativas de combate aos problemas ambientais, uma vez que a busca global urgente da sustentabilidade representa oportunidade para importantes contribuições nesta área.

Lopes (2011) e Cavalcanti (2013) trabalharam esta perspectiva em estudos no interior de Unidades de Conservação, obtendo detalhamentos satisfatórios das heterogeneidades paisagísticas, com a geração de um quadro integrado da paisagem e a espacialização dos aspectos dinâmicos das áreas estudadas. Na mesma perspectiva, Farias, Ladwig e Menezes (2017), com o objetivo de subsidiar a criação de uma unidade de conservação, realizaram o mapeamento e a análise da paisagem, elaboraram um diagnóstico ambiental e produziram uma carta temática síntese.

Santana, Santos e Barbosa (2020) realizaram estudos por meio de zoneamento ambiental com o objetivo de apontar as contribuições do Plano de Manejo e do Conselho Gestor para a gestão das UCs brasileiras, enfatizando o zoneamento como uma das ferramentas mais importantes do Plano de Manejo, no qual a UC é organizada espacialmente em zonas com diferentes características resultando em distintos níveis de proteção e regramento para o uso.

Em sentido convergente, mas com foco no Diagnóstico Geoambiental, Schirmer (2015) e Robaina e Trentin (2019) trabalharam os limites municipais como recorte espacial. Trentin e Robaina (2005), Nardin (2009), Robaina *et al.* (2009) e Trentin (2011), por sua vez, utilizaram as bacias hidrográficas como recortes espaciais nas análises. Todos esses estudos estão vinculados ao Laboratório de Geologia Ambiental (LAGEOLAM) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e contribuem para o entendimento metodológico e para o planejamento e gestão das áreas.

Trentin e Robaina (2005) e Robaina *et al.* (2009) apresentaram uma base

metodológica com procedimentos e parâmetros para o zoneamento e mapeamento geoambiental. Os autores buscaram uma análise focada nas heterogeneidades dos atributos e características espaciais, lançando mão das geotecnologias e reduzindo o tempo dedicado às análises mais complexas.

Ferreira, Araújo e Ponti (2021) apresentaram um quadro de correlação das principais abordagens e áreas do conhecimento de pesquisas científicas referentes a planos de manejo de UCs, no qual os temas mais recorrentes foram: gestão e governança, Geologia e Geomorfologia, uso público e estudo socioambiental, e uso da terra. Estes são temas há muito trabalhados nas pesquisas geográficas.

As contribuições geográficas às UCs vão desde o estudo de viabilidade para criação, passando pela elaboração do Plano de Manejo e pela gestão territorial, até a administração da UC. Santos e Mercante (2012), ao buscar contribuir com a elaboração do Plano de Manejo do Parque Estadual Matas do Segredo no estado do Mato Grosso do Sul, no viés das contribuições geográficas, caracterizaram as situações socioambientais da área e apontaram a necessidade de proteção ambiental.

A aplicação do conhecimento da ciência geográfica no planejamento e elaboração de Plano de Manejo vem aumentando em quantidade e qualidade, demonstrando que este instrumento de gestão das UCs vai além do cumprimento das diretrizes legais.

3.4 Gestão e Plano de Manejo de Unidades de Conservação

Pautada na participação social e no desenvolvimento sustentável, a gestão de UCs ramifica-se em dimensões ambientais, socioeconômicas e culturais. O Conselho Gestor e o Plano de Manejo são os instrumentos fundamentais dessa governança, viabilizando o caráter participativo da gestão e a preservação dos atributos ecológicos locais.

Por meio da Lei Estadual nº 1.558, de 31 de março de 2005, o estado do Tocantins modificou a denominação e a composição dos conselhos das unidades de conservação, de modo que as UCs do grupo de uso sustentável com Conselho Consultivo passaram a ter caráter deliberativo (TOCANTINS, 2005a). Essa mudança representou uma inovação no controle social da gestão da Unidade, posteriormente incorporada ao SEUC. As cadeiras do Conselho Deliberativo são ocupadas por vários

segmentos da sociedade, organizações da sociedade civil, órgãos públicos e a população residente, sob a presidência do Supervisor da Unidade (TOCANTINS, 2005b).

O Plano de Manejo é instrumento essencial para a gestão de UCs; independentemente do grupo ou categoria, toda UC deve dispor desse mecanismo, que estabelece as regras de uso e norteia as atividades de controle e manejo das áreas. O SNUC e o SEUC definem Plano de Manejo como documento técnico com poder sobre o território, que por meio do zoneamento regula o uso dos recursos naturais e define as estruturas físicas para a gestão da UC.

A construção de um Plano de Manejo envolve atividades e atores distintos; o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (2018), com o objetivo de unificar e padronizar os termos de referência para a elaboração de Plano de Manejo, realizou oficinas e testou modelos entre 2015 e 2018, estabelecendo uma forma padrão a ser utilizada em todos os grupos e categorias, considerando o contexto e as especificidades locais.

No roteiro metodológico para elaboração de Plano de Manejo trazido por ICMBio (2018), entre os elementos norteadores estão várias funções e aplicações baseadas no propósito da UC, com destaque para a caracterização ambiental, que aponta os problemas e ameaças aos ambientes naturais e o zoneamento para fins de manejo adequado.

Na perspectiva do ordenamento territorial, o zoneamento foi definido pelo SNUC como a delimitação de zonas ou setores com objetivo de criar mecanismos específicos de uso e conservação, a fim de que todas as metas da UC sejam atingidas com eficiência (BRASIL, 2000). O zoneamento, como componente essencial para a UC, imprime regras ao uso e conservação de determinadas áreas de acordo com as suas características e objetivos de conservação. Com base no zoneamento, a gestão da UC direciona e equaliza suas ações.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A abordagem metodológica utilizada para estudar e gerenciar o espaço compreendido pela APANA pautou-se em um método capaz de explicar, prever e organizar adequadamente as informações úteis ao processo de Diagnóstico Geoambiental e subsidiar o Plano de Manejo.

Este estudo baseou-se no roteiro metodológico de Trentin e Robaina (2005) e Robaina *et al.* (2009), consolidado pelo LAGEOLAM (UFSM), e tem como meta a caracterização geoambiental, definida de acordo com seus atributos e propriedades que exprimem as potencialidades e limitações. A análise ambiental serviu de base para a definição de suas vulnerabilidades e para a avaliação da capacidade de utilização das unidades em função dos determinados tipos de atividades antrópicas (Figura 3).

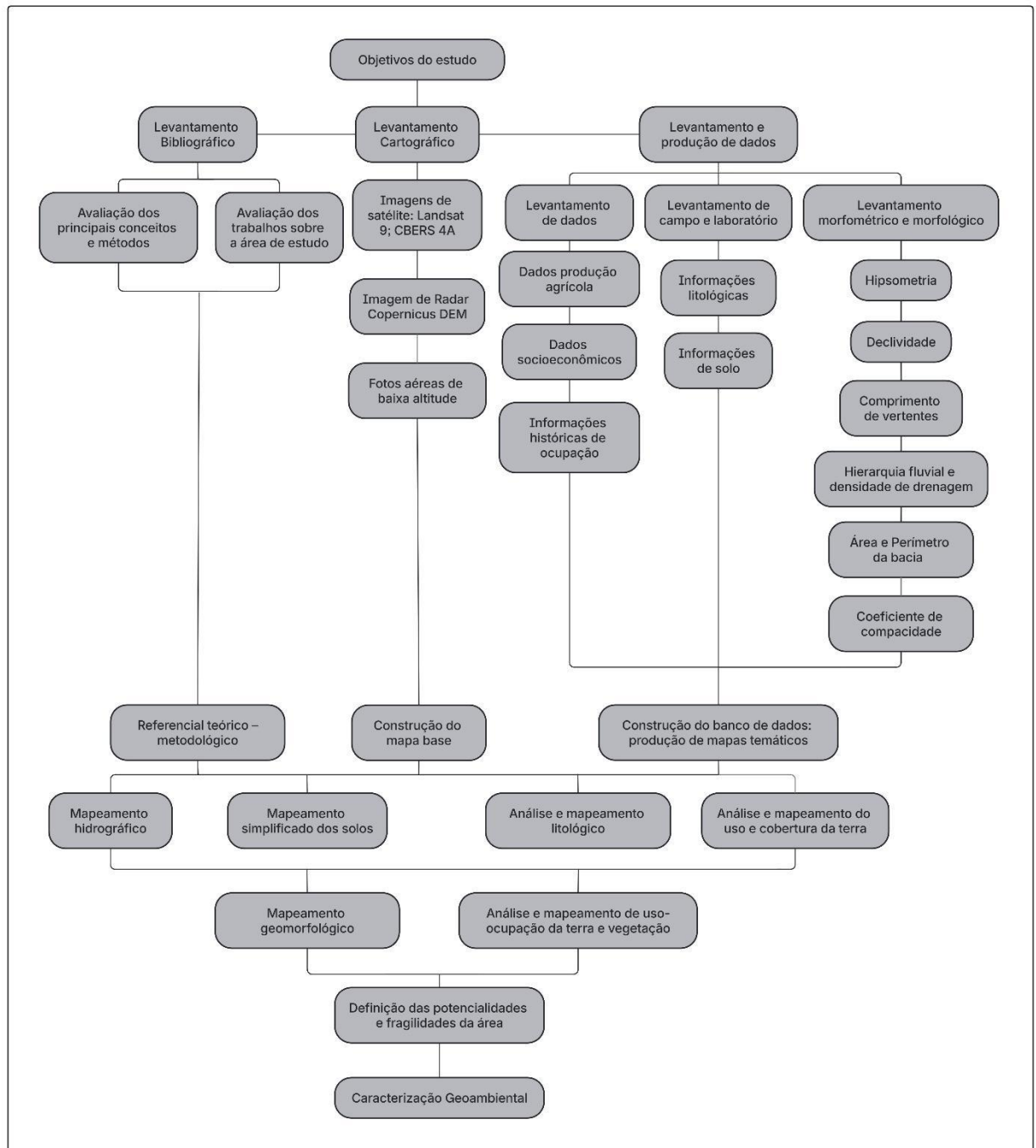
Foram considerados os seguintes parâmetros: o substrato geológico e os principais lineamentos estruturais, as condições climáticas, as fitofisionomias, as formas do relevo, feições da rede hidrográfica, características do solo e feições superficiais, bem como as características ambientais marcantes e o uso e ocupação da terra.

4.1 Levantamento de materiais bibliográficos e cartográficos

Esta etapa consistiu em um levantamento prévio de materiais bibliográficos e documentos técnico-científicos de referências metodológicas e sobre a área de estudo. As consultas estenderam-se até o final da pesquisa; conforme a demanda, foram consultados e analisados documentos técnicos, artigos científicos, teses, dissertações e demais estudos e relatórios científicos.

Nas atividades de análises e interpretações visuais de imagens orbitais, foram utilizadas imagens georreferenciadas dos sensores *China-Brazil Earth-Resources Satellite* (CBERS) 4A, cena 160/108; Landsat 9, órbita/ponto 222-065. As imagens foram oriundas dos bancos de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), do Sistema Compartilhado de Informações Ambientais (SISCOM) do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), e do Naturatins, adquiridas por meio de sítios na internet.

Figura 3 – Fluxograma síntese da Pesquisa



Fonte: Adaptado de Nardin (2009) e Robaina *et al.* (2009).

4.2 Trabalhos de Campo

Para esta atividade, foram levantados caminhos e estradas no interior da UC com auxílio de imagens de satélite e de receptor *Global Positioning System* (GPS) de alta sensibilidade (Gpsmap 67, Garmin) para maior precisão no levantamento. No trabalho de campo foram conferidas *in loco* as classificações das imagens de satélites, esclarecendo dúvidas quanto à identificação de áreas nos levantamentos cartográficos e validando os pontos de nascentes.

Realizaram-se 6 campanhas de campo de caráter investigativo, aproveitando as janelas sazonais: 3 no período de chuvas e 3 na estiagem. Estas informações levantadas serviram de base para a elaboração do material cartográfico e para a caracterização e análise da paisagem.

4.3 Trabalhos de Laboratório

Esta etapa consistiu na criação de um banco de dados geográficos utilizando o software ArcGIS versão 10.8, com licença de uso do Naturatins, para cruzamento e manipulação das informações digitais. O banco de dados foi formado com base nas Informações Geográficas do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Tocantins (ZEE-TO), disponíveis no Geoportal (<https://geoportal.to.gov.br>), além de imagens de satélite, estruturando-se nas seguintes etapas:

- Introdução no sistema informatizado da base cartográfica disponível, composta pelos mapas de uso do solo, vegetação, hidrografia e topografia;
- Manipulação digital de informações, incluindo a produção de cartas temáticas, cálculo de área e cruzamento de dados.

4.4 Levantamento morfométrico/morfológico

4.4.1 Análise e mapeamento do relevo

Para subsidiar, por meio de um Modelo Digital de Elevação (MDE), a compartimentação geomorfológica da área, a delimitação automática da bacia

hidrográfica e a geração da rede de drenagem, foram utilizados dados de Radar Interferométrico disponibilizado pelo projeto Copernicus DEM (ESA, 2024), dados levantados pela missão TanDEM-X, versão *Defense gridded elevation data* (DGED), com resolução espacial de 1 arco segundo (~30m). Dessa estrutura de dados extraíram-se as informações necessárias à elaboração das bases de hipsometria e declividade.

O mapa de declividade foi construído considerando as classes <2°; 2° a 5°; 5° a 10°; 10° a 17°; 17° a 20°; 20° a 25°; 25° a 30°; 30° a 45° e > 45°, estabelecidas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), por meio de uma *Triangulated Irregular Network* (TIN), sendo: <2° – áreas muito planas, sujeitas a inundação quando próximas às drenagens; 2° a 5° – áreas de baixa declividade, com registros deposicionais e baixo risco de processos geodinâmicos; 5° a 10° – ondulado, sem grandes restrições quanto a drenagem e ocupação; 10° a 17° – forte ondulado, com restrições quanto ao corte e aterro, devido a processos erosivos; 17° a 20° – início do montanhoso; esta categoria exige restrições severas para o uso; 20° a 25° – alto risco de instabilização de encostas se houver cortes inadequados; 25° a 30° – montanhoso/escarpado, ocupações nestas áreas são consideradas de alto risco geológico; 30° a 45° – escarpada, estas áreas são consideradas impróprias para assentamentos urbanos e carecem de manutenção da vegetação nativa; > 45° – consideradas muito escarpadas estas são de preservação permanentes (IPT, 2024). Utilizando a mesma base de dados, foram levantadas as áreas com inclinação de 100 %, ou 45°, a fim de compor a legenda de restrição de uso trazida pela Lei Federal nº 12.651/2012 – Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012).

Para a caracterização geomorfológica, integraram-se os dados do ZEE-TO e do Copernicus DEM a imagens de satélite. Essa abordagem permitiu analisar os principais compartimentos do relevo a partir da identificação de padrões espaciais e da associação entre as diferentes formas da paisagem.

4.4.2 Análise da Rede de Drenagem

A análise morfométrica de bacia hidrográfica é ferramenta fundamental para o entendimento da dinâmica hídrica e da suscetibilidade a eventos extremos, no que tange à inundação de vales e a intensos processos erosivos. Além das características

geométricas e hidrográficas das bacias, obtiveram-se também os padrões de drenagem, os quais apresentam informações relevantes para a gestão territorial da Unidade de Conservação.

A hidrografia em vários aspectos influencia e é influenciada pela estrutura da paisagem, agindo diretamente em processos geomorfológicos diversos. Utilizando o modelo 3D gerado pelo MDE no software ArcGIS versão 10.8, foram traçadas as cotas hipsométricas de 5 em 5 metros, a fim de avaliar as feições do relevo, extração e análise areal e linear.

Seguindo a metodologia de Christofolletti (1980), extraíram-se características de relevo, geometria e drenagem, por meio dos parâmetros: Comprimento da rede de drenagem (km), Área da bacia (km²), Perímetro da bacia (km), Comprimento do rio principal (km), Tipo de Drenagem, Densidade de drenagem (Dd), coeficiente de compacidade (Kc), Declividade e a Hierarquia Fluvial, contribuindo para o entendimento dos processos superficiais.

Considera-se a densidade de drenagem uma das variáveis de grande importância para o entendimento da morfometria das bacias hidrográficas. Proposta por Horton (1945), essa variável relaciona o comprimento total das drenagens e a área da bacia hidrográfica, apresentando o potencial de dissecação na paisagem topográfica pela dinâmica do curso d'água.

$$Dd = \frac{L_t}{A}$$

Sendo: L_t : comprimento da rede de drenagem total (km);

A: área da bacia (km²).

Villela e Mattos (1975) ratificaram que os resultados da densidade de drenagem variam de 0,5 km/km² em bacias com baixa capacidade de drenagem, a 3,5 km/km² para bacias bem drenadas. Beltrame (1990), com o objetivo de refinar as análises, apresentou uma classificação dos valores de densidade de drenagem, na qual foram incluídos os itens mediana e alta, tomada como referência (Tabela 1).

Tabela 1 – Classificação da densidade de drenagem (Dd)

Densidade de drenagem (km/km ²)	Qualificação
< 0,5	Baixa
0,5 a 2	Mediana
2,01 a 3,5	Alta
> 3,5	Muito alta

Fonte: Beltrame (1990).

Organização: Benilson Pereira de Sousa (2026).

Villela e Mattos (1975) apresentaram outro parâmetro importante diretamente relacionado à probabilidade de enchentes em decorrência do formato circular da bacia: o Coeficiente de Compacidade. O Kc é um valor adimensional com mínimo igual a 1; quanto mais próximo desse valor mínimo, mais arredondada é a bacia hidrográfica. O cálculo é feito da seguinte forma:

$$Kc = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Sendo: P: perímetro da bacia (km); A: área da bacia (km²).

O formato geométrico e a interpretação ambiental do Kc foi apresentado por Villela e Mattos (1975) e adaptado por Rodrigues *et al.* (2013) (Tabela 2).

Tabela 2 – Formato e interpretação ambiental de coeficiente de compacidade (Kc)

Coeficiente de compacidade (Kc)	Formato	Interpretação ambiental da microbacia
1,00 – 1,25	Redonda	alta tendência a enchentes
1,25 – 1,50	Ovalada	tendência mediana a enchentes
1,50 – 1,70	Alongada	baixa tendência a enchentes
>1,70	Comprida	microbacia com tendência a conservação

Fonte: Adaptado de Rodrigues *et al.* (2013).

Organização: Benilson Pereira de Sousa (2026).

Quanto à hierarquia fluvial, adotou-se a classificação proposta por Strahler (1957), em que os canais sem tributários são os de primeira ordem, e a confluência de dois canais de mesma ordem dá origem a um novo canal de ordem superior. Assim, quando um canal de primeira ordem encontra-se com outro de primeira ordem, surge um canal de segunda ordem, e assim sucessivamente.

4.5 Levantamento de uso e cobertura da terra atual

Para o levantamento de uso e cobertura utilizou-se o método classificador supervisionado *Random Forest* (RF) interpolado com o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), proposto por Carvalho, Filho e Santos (2021) e Santana (2021); para melhor diferenciação das classes, utilizaram-se as seguintes variáveis: área urbana, vegetação nativa, servidão administrativa, pastagem, mineração inativa, mineração ativa, florestas plantadas, empreendimentos, cultura agrícola, corpos hídricos, chácaras para lazer.

Devido às limitações de resolução espacial e espectral dos sensores em identificar feições de pequena escala ou de alta complexidade de detecção, aplicou-se o método de interpretação visual com validação em campo e edição vetorial manual. Esse refinamento manual foi fundamental para caracterizar espacialmente os alvos menores, garantindo a integridade e a precisão do mapeamento final (JENSEN, 2009; PANIZZA; FONSECA, 2011).

Na análise e visualização dos dados geoespaciais utilizaram-se imagens do satélite Landsat 9, composição colorida *Red/Green/Blue* (RGB), com auxílio da plataforma GEE e validação em campo das classes de vegetação e uso. Como referência espacial para as análises, foram utilizadas as delimitações das APPs dos cursos hídricos, nascentes, olhos d'água, encostas e bordas de tabuleiros apresentadas no artigo 4º do Código Florestal (BRASIL, 2012).

As imagens foram filtradas pelo período de estiagem da região, minimizando a detecção de nuvens, utilizando códigos e parâmetros da linguagem de programação *JavaScript*.

```
var col = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC09/C02/T1_TOA")  
.filterBounds(area)
```

```
.filterDate("2025-07-21","2025-08-29")
.select(['B4','B3','B2'])
.first();
```

```
//print(col);
//print(col.get('sistem:id'))
////date_2025_07_29
```

```
////RECORTE DA SENA
var landsat9 = col.clip(area)
```

O cálculo de NDVI foi feito usando as bandas de Infravermelho Próximo (NIR) e Vermelho (*Red*):

```
var ndvi = landsat9.normalizedDifference(['B5', 'B4']);
print(ndvi, 'ndvi');
var col = col.addBands(ndvi)
print(col, 'col + ndvi')
```

Para as análises da vegetação, usou-se a determinação por meio da intensidade de cobertura do solo, tomando como base a predominância dos aspectos e fitofisionomias (TRENTIN, 2011); nesses segmentos, foram identificadas as modificações nos solos e na vegetação. As fitofisionomias vegetais da área foram descritas por Haidar, Dias e Pinto (2013) e Detzel *et al.* (2017).

Com o objetivo de treinar o classificador foram criadas variáveis topológicas (*type:FeatureCollection*) com as mesmas características de reflectância, junto a estas foi criado o recorte (*type:Polygon*) de análise para limitar a tabulação e cruzamento dos dados.

```
var bandas = ['B4','B3','B2','NDVI'];
var classes = area_urbana.merge(vegetação_nativa).merge(servidão_adm)
.merge(pastagem).merge(mineracao_ativa).merge(mineracao_inativa)
.merge(floresta_plantada).merge(cultura_agricola).merge(corpos_hd);
```

```

var amostras = mosaico.sampleRegions({
  collection : classes,
  properties : ['uso'],
  scale : 30,
  geometries : true
});

//print(amostras);

```

Em seguida, ativou-se a variável classificador RF, confirmando-se como robusta técnica de aprendizado de máquina supervisionado, de elevada precisão.

```

var classificador = ee.Classifier.smileRandomForest({
  numberOfTrees : 2000,
  variablesPerSplit : 3,
  bagFraction : 0.7,
  minLeafPopulation : 2,
  seed : 123,
}).train({
  features : amostras,
  classProperty : 'uso',
  inputProperties : bandas
});

var usodosolo = mosaico.select(bandas).classify(classificador,'uso');

```

Posteriormente, os dados matriciais foram exportados e processados no software ArcGIS para tabulação, geração de informações e construção dos *layouts*.

4.6 Levantamento de dados Climáticos – Pluviosidade

Os dados para o levantamento climático referentes à pluviosidade foram

obtidos junto à Estação Meteorológica de Araguaína por meio do portal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A caracterização e o comportamento climático da região foram elaborados por Mendes e Junior (2019) e Silva e Guedes (2023), obras tomadas como referência.

4.7 Elaboração da carta geoambiental

Para melhor visualização sintética dos resultados, utilizou-se o método de Zoneamento Ambiental, já consolidado pela equipe do LAGEOLAM, o qual concretiza todas as informações coletadas, analisadas, interpretadas e correlacionadas, espacializadas na forma de mapa.

Os dados primários foram coletados por meio de trabalhos de campo e posteriormente foram organizados, processados, analisados e transformados em informações. Do mesmo modo, foram analisados e processados os documentos cartográficos temáticos, por meio de técnicas de geoprocessamento que permitiram espacializar e sistematizar os elementos da paisagem, integrando as informações em escala 1:50.000.

Para a delimitação das zonas que compõem a carta síntese, utilizou-se um fluxo de modelagem geoespacial no *software* ArcGIS versão 10.8. Foi criada a Zona de Uso Geral (ZUG), consolidada por meio da ferramenta de agregação vetorial (*Dissolve*); a Zona Sob Pressão Antrópica (ZSPA) foi delimitada por meio da seleção automatizada por atributos (*Select by Attributes*), e recorte (*clip*) de fragmentos da classe Vegetação mais próxima da área urbana e da Rodovia TO-222; a Zona para Conservação/Preservação (ZCP) foi isolada mediante a seleção automatizada por atributos (*Select By Attributes*), considerando o remanescente da ZSPA. O produto final dessas operações foi integrado e refinado cartograficamente, resultando no mapa temático síntese.

5. CARACTERIZAÇÃO DOS ELEMENTOS FÍSICOS DA PAISAGEM

5.1 Geologia

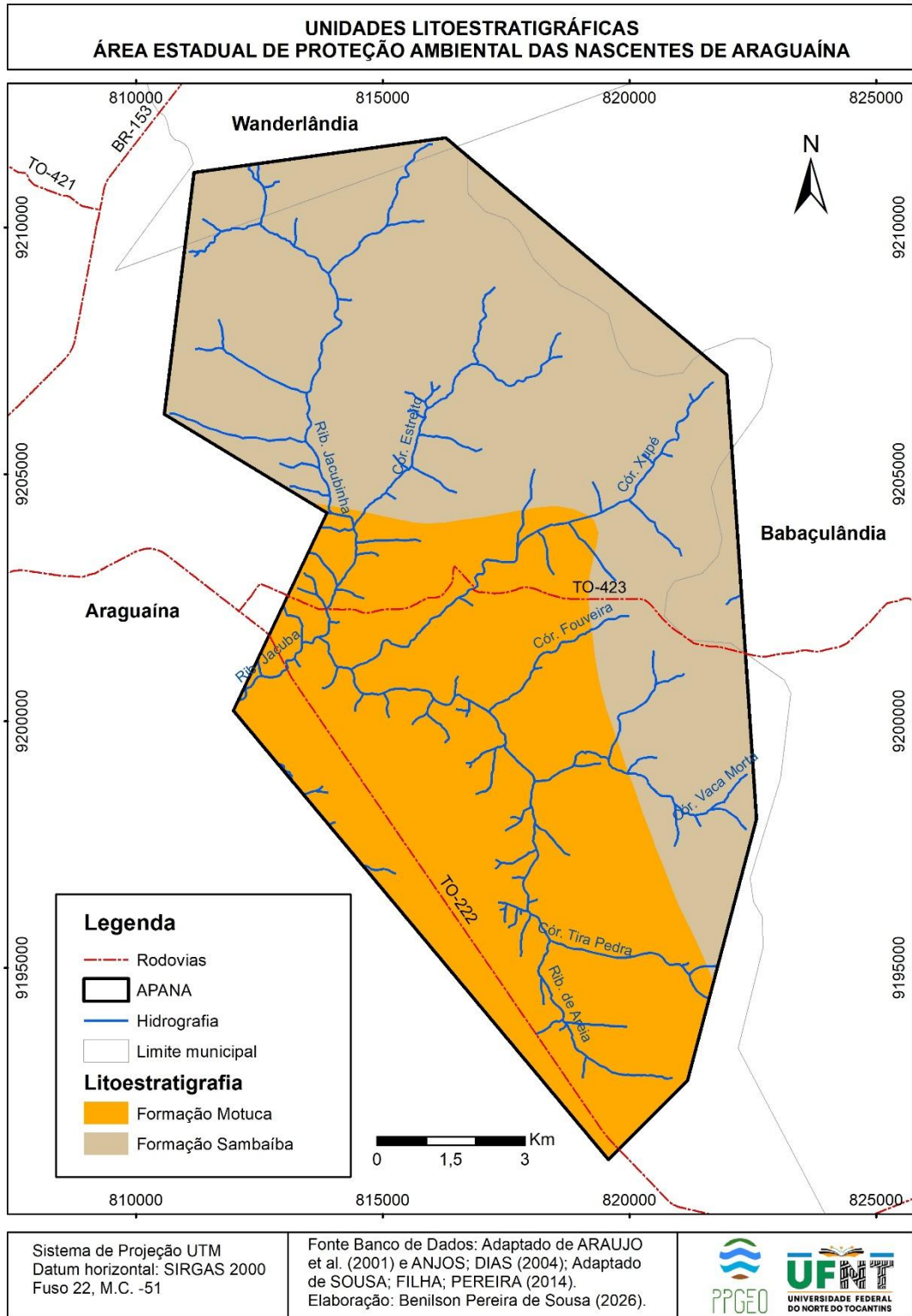
A APANA está localizada na porção sudoeste da Bacia Sedimentar do Parnaíba (GÓES; FEIJÓ, 1994). A Bacia do Parnaíba está situada na porção nordeste do Brasil, compreendendo parte dos estados do Piauí, Maranhão, Tocantins, Pará, Bahia e Ceará; está separada da bacia do Marajó pelo arco do Tocantins e das bacias litorâneas pelo arco Ferrer (BRITO, 1979; GÓES, 1995; IANNUZZI *et al.*, 2018). O contexto geológico regional foi descrito por Araujo *et al.* (2001) e Anjos e Dias (2004). Este último mapeou as litoestratigrafias em escala de 1:250.000 como parte do ZEE-TO.

Caracterizando a Bacia do Parnaíba, Vaz *et al.* (2007) subdividiram a coluna sedimentar em 5 grupos, sendo Serra Grande, Canindé, Balsas, Sequência Jurássica e Sequência Cretácea. A APANA está inserida no contexto do Grupo Balsas referente à sequência deposicional neocarbonífera – eotriássica, ao qual pertencem as Formações Piauí, Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba (Figura 4). Localmente, na APANA ocorrem essas duas últimas litoestratigrafias e coberturas detrítico-lateríticas.

Proposta por Plummer (1946), a Formação Motuca é composta por folhelhos com lentes de calcário, intercalação de dolomito e anidrita; assenta-se sobre a Formação Pedra de Fogo, com transição para o ambiente desértico (ANJOS; DIAS, 2004).

A Formação Sambaíba foi descrita por Plummer (1946) com o objetivo de caracterizar o intervalo aflorante no formato das chapadas nas proximidades da região de Sambaíba, no Maranhão. É formada basicamente de arenitos, constituídos casualmente de quartzo e minerais de argila e caulim (ANJOS; DIAS, 2004).

Figura 4 – Litoestratigrafia da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)



Organização: Benilson Pereira de Sousa (2026).

Na porção sul da APANA, na faixa superior da Formação Motuca foram encontrados fragmentos de materiais fósseis vegetais com características morfológicas de *Psaronius*. Dias-Brito *et al.* (2007) e Tavares (2012) relatam que os materiais fossilíferos do Grupo Balsas são encontrados no topo da Formação Pedra de Fogo e na base da Formação Motuca. Junior e Truckenbrodt (1980) e Spisila (2011) descreveram a ocorrência de *Psaronius* também na porção inferior da Formação Pedra de Fogo. Os fósseis foram encontrados em morros residuais aflorados, soltos sobre as rochas de forma esparsa (Figura 5).

Figura 5 – Fragmento de *Psaronius* encontrado na Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)



Fonte: Benilson Pereira de Sousa (2026).

5.2 Geomorfologia

A APANA está inserida na unidade Chapada do Meio Norte — nível mais baixo — e na Depressão do Araguaia, pertencentes ao Domínio Morfoestrutural de Bacias Sedimentares Paleo-Mesozóicas e Meso-Cenozóicas. Apresenta relevo modelado por dissecação suave nas partes mais elevadas e formas convexas nos fundos de vale (DETZEL *et al.*, 2017). Está assentada em área de colinas suavemente onduladas, com encostas de médio declive e topos planos, apresentando pequenos relevos

testemunhos; os fundos de vale são levemente encaixados (Figura 6).

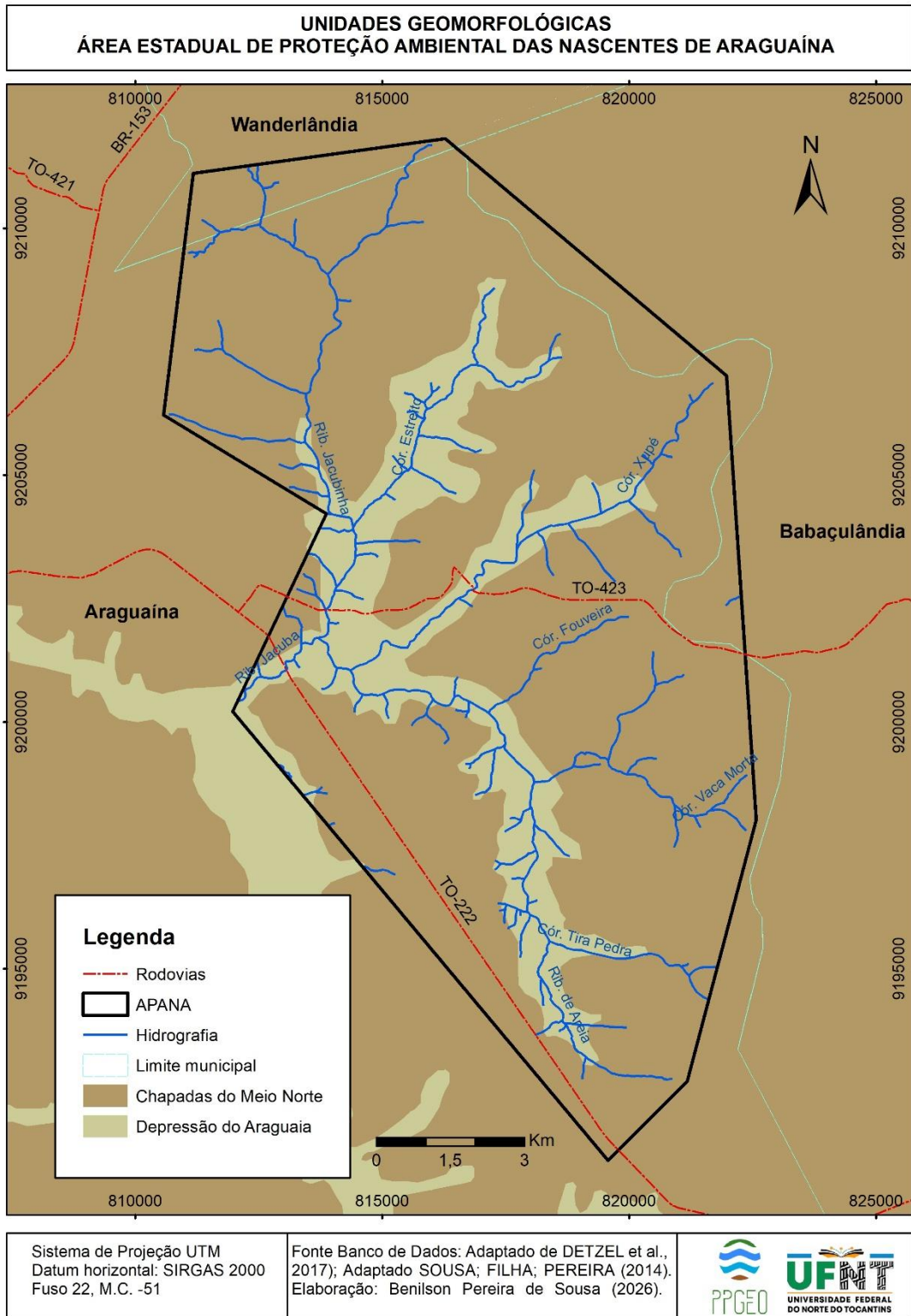
Romão, Dias e Borges (2004) utilizaram o termo Chapadas do Meio Norte para diferenciar o planalto sedimentar estratificado que está entre as depressões do Araguaia e do Tocantins, abarcando áreas além do leste tocantinense, incluindo os estados do Maranhão e Piauí. Na APANA esta unidade geomorfológica está assentada sob os sedimentos das litoestratigrafias Sambaíba e Motuca.

Localizada em uma porção topograficamente aplainada, a depressão do Araguaia segue a rede hidrográfica com solo pouco dissecado e suscetível a processos erosivos. As formas convexas de relevo no interior da APANA possuem altitude média de 200 m, apresentando dissecação suave coincidente com as zonas ripárias (Figura 7).

A declividade média é de 2,4%; trata-se de relevo plano com perfis suavemente ondulados e extensos comprimentos de rampa, condições verificadas em campo nas vertentes da porção centro-norte da área. A altimetria da APANA varia de 199 a 308 metros acima do nível do mar; a grande fragilidade dos solos favorece a evolução dos processos erosivos.

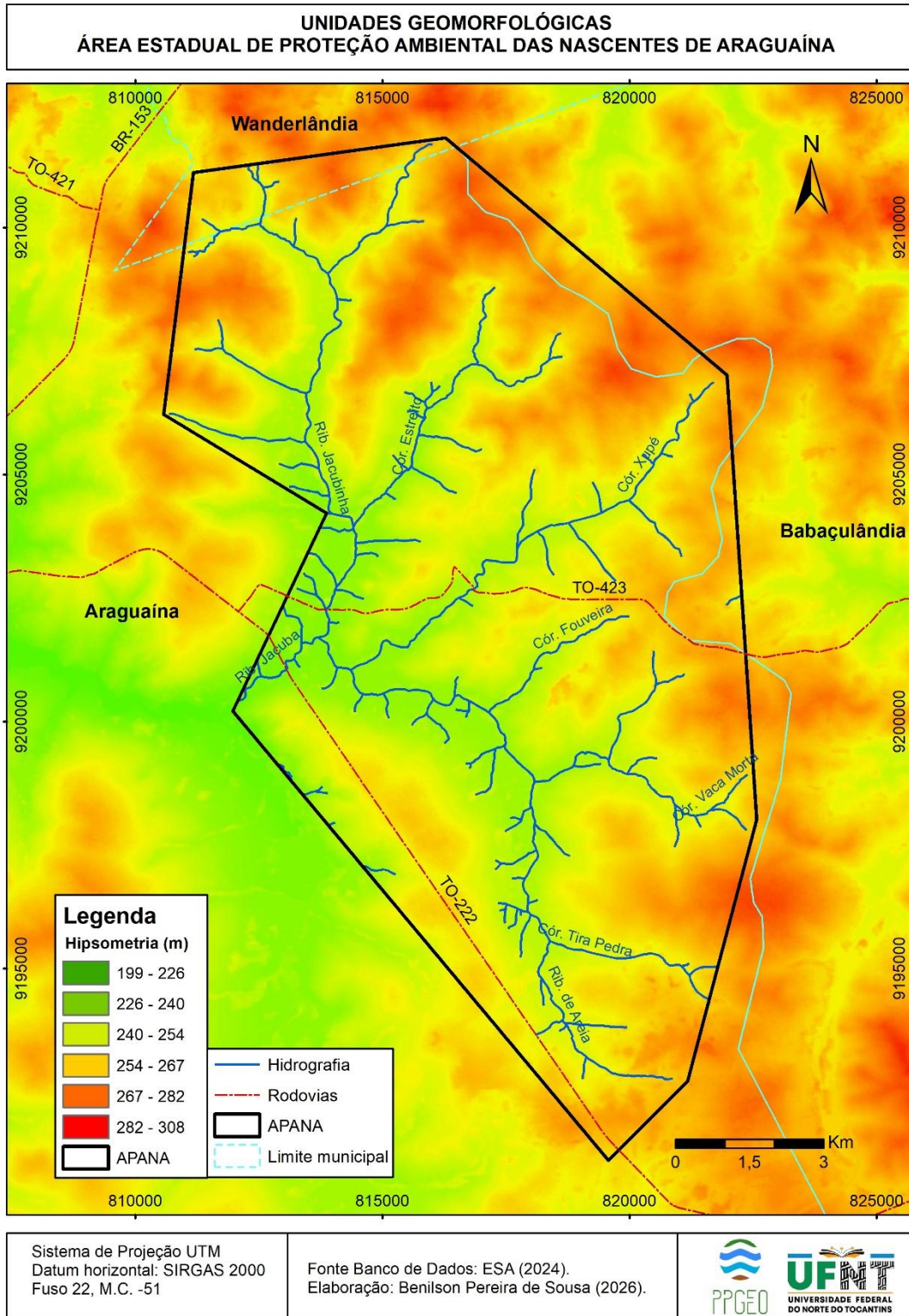
Nas proximidades do córrego Fouveira e entre a nascente do Ribeirão de Areia e o Córrego Tira Pedra estão localizadas as áreas com inclinação igual ou maior que 45° (Figura 8). Esta condição topográfica assegura a estes locais o caráter de Área de Preservação Permanente, conforme o Inciso V do artigo 4º do Código Florestal: Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas: (...) V – as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive (BRASIL, 2012).

Figura 6 – Unidades Geomorfológicas da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)



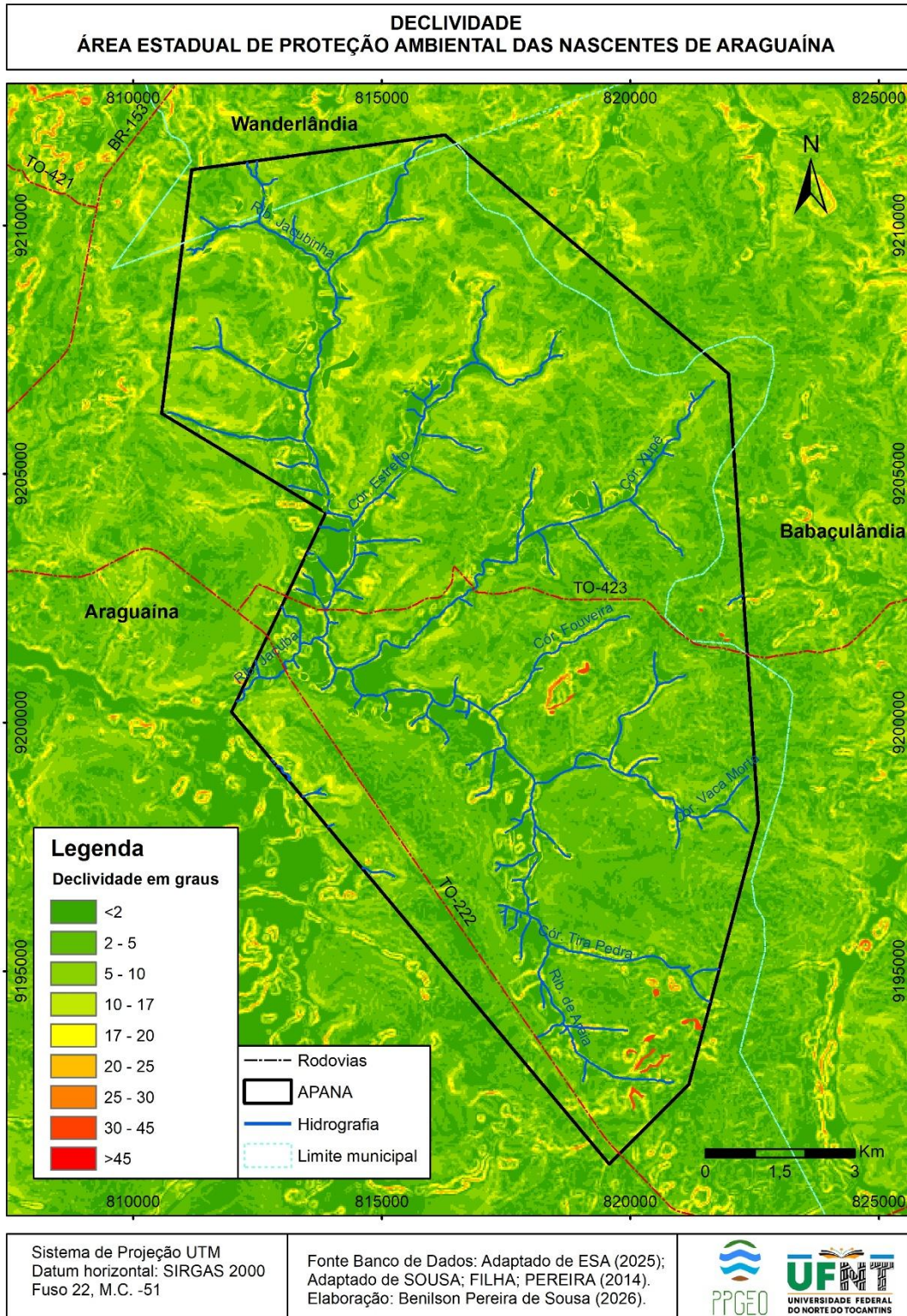
Organização: Benilson Pereira de Sousa (2026).

Figura 7 – Hipsometria da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)



Organização: Benilson Pereira de Sousa (2026).

Figura 8 – Declividade da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)



Organização: Autor (2026).

Os morros residuais (Figura 9) localizados na região central e mais abundantes no sul da APANA têm características morfológicas marcantes e se destacam na paisagem pela ruptura do relevo predominantemente suave. Na Figura 8 evidencia-se seu caráter de proteção ambiental, por seu enquadramento como APP (>45°). A mineração irregular é a principal ameaça a essas estruturas; em todas elas já foram extraídos materiais para a construção ou reforma de estradas na região.

Figura 9 – Morros residuais testemunhos



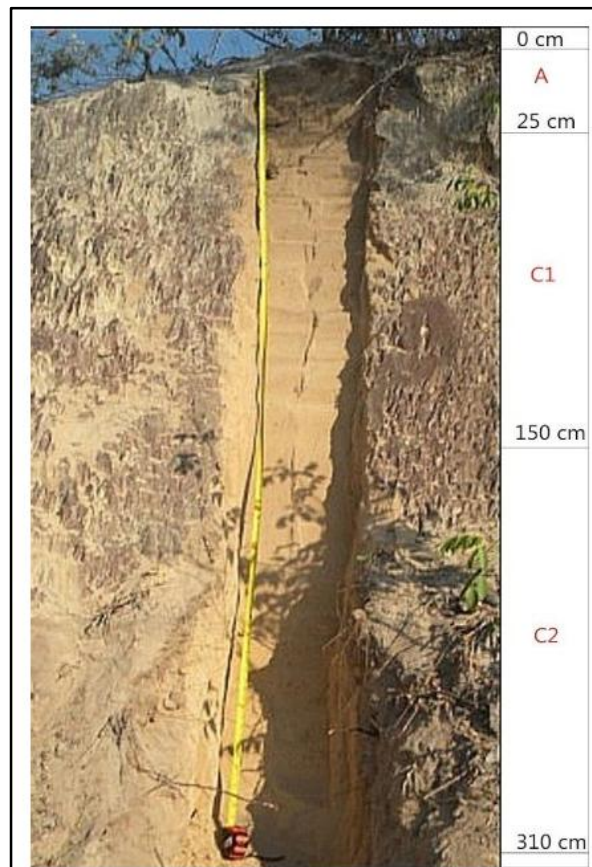
Fonte: Benilson Pereira de Sousa (2026).

5.3 Solos

Os solos da APANA foram classificados por Detzel *et al.* (2017) como Neossolos, Plintossolos e Latossolos. Entre as tipologias predominam os Neossolos quartzarênicos (Figura 10), os quais são profundos e não hidromórficos, com perfis simples e uniformes, textura arenosa ou franco-arenosa, baixa concentração de nutrientes e restrito potencial agrícola (REATTO *et al.*, 2005).

As áreas com Plintossolos (Figura 11) estão localizadas no extremo sul da UC. Esse tipo de solo, caracterizado pelo alto teor de ferro, apresenta concreções ferruginosas consolidadas em alguns pontos. Nos locais onde apresenta maior quantidade de argila, o solo tem maior estrutura e resistência para manter a produção no extenso período de estiagem da região (CAMPOS *et al.*, 2025).

Figura 10 – Perfil de solo do tipo Neossolos quartzarênicos da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)



Fonte: MACHADO, C. A. (2010).

Figura 11 – Plintossolos da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)



Fonte: Benilson Pereira de Sousa (2026).

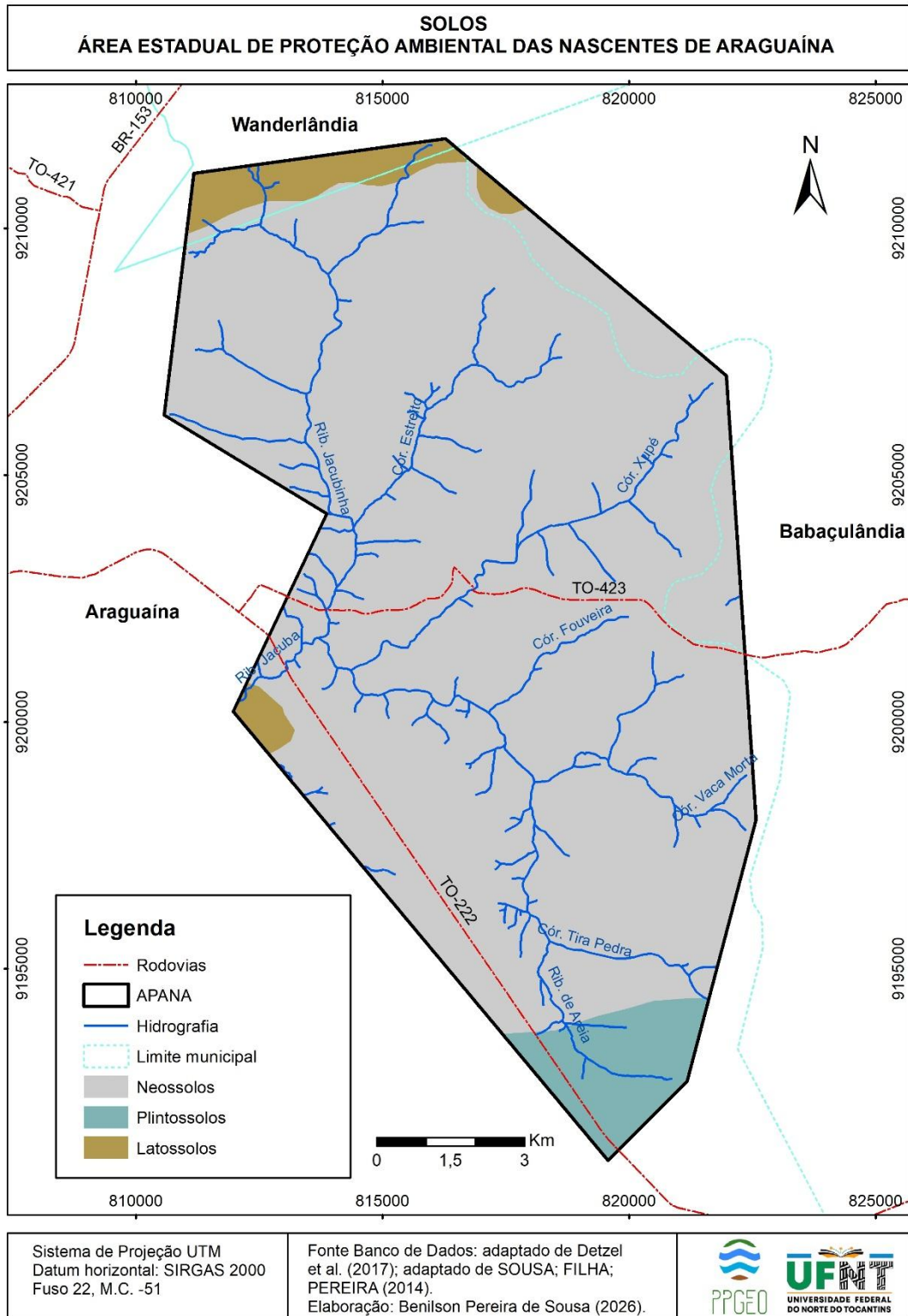
Os Latossolos (Figura 12) apresentam menor representatividade na área de estudo, concentrando-se no extremo norte da APANA. Caracterizam-se por serem solos intensamente intemperizados, com acidez elevada e baixa saturação por bases, atributos típicos de regiões sujeitas a períodos de estiagem prolongada (DETZEL *et al.*, 2017). Na Figura 13 tem-se a espacialização de todos os solos da APANA.

Figura 12 – Latossolos amarelos expostos pela erosão na Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)



Fonte: Benilson Pereira de Sousa (2026).

Figura 13 – Tipos de solos da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)



Organização: Benilson Pereira de Sousa (2026).

5.4 Hidrografia

Sousa, Filha e Pereira (2014), utilizando informações extraídas de sensores remotos interferométricos da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), reamostradas pelo projeto TOPODATA do INPE, identificaram 67 nascentes no interior da APANA, dado consistente com a escala de trabalho então adotada.

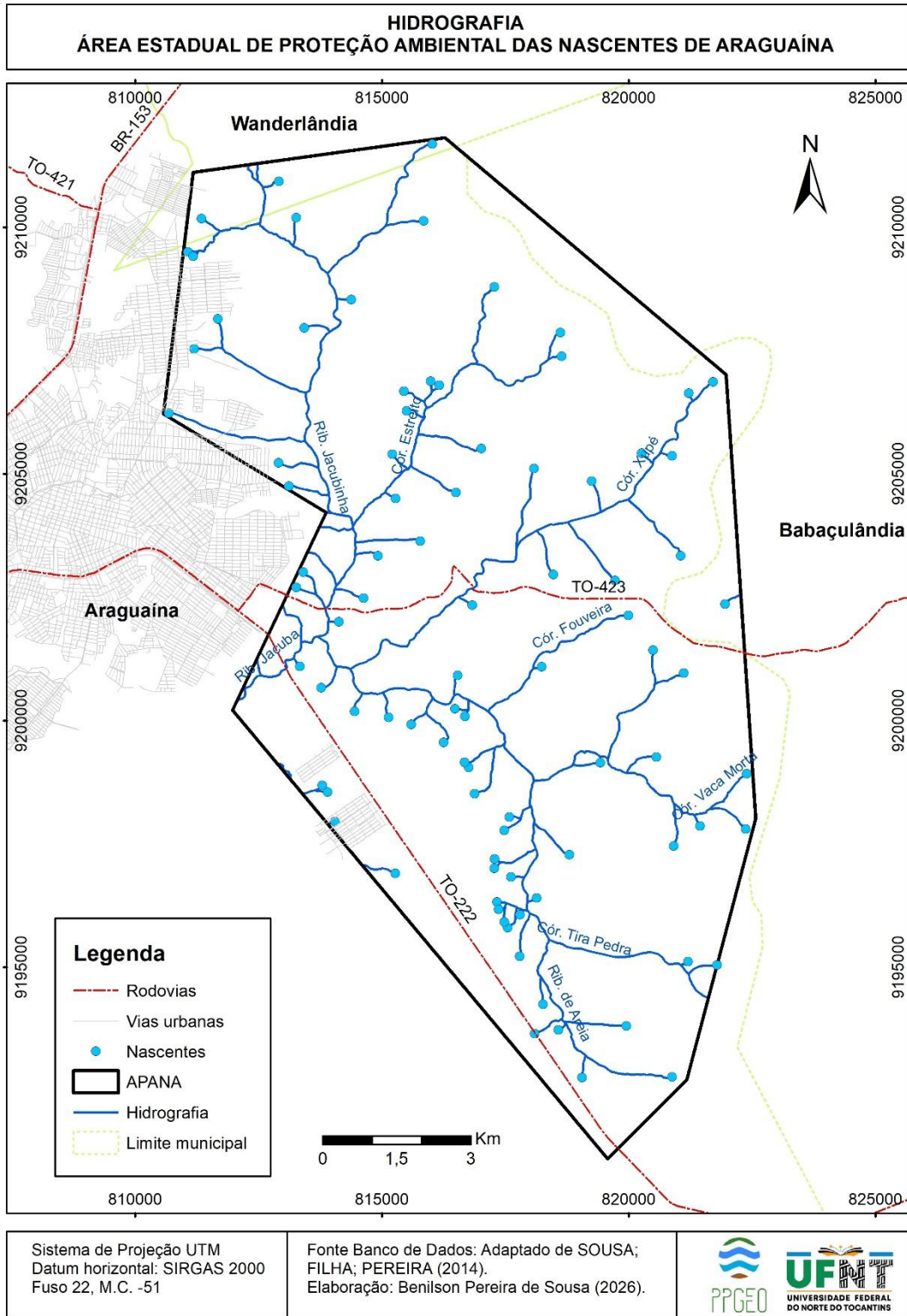
Considerando a escala de trabalho mais detalhada aplicada, a baixa resolução espacial pós reamostragem dos dados TOPODATA, a topografia local e as condições edáficas, realizaram-se análises *in loco* com campanhas no período de chuvas e na estiagem, com o objetivo de refinar o levantamento e identificar, no interior da vegetação, novas nascentes e olhos d'água imperceptíveis aos sensores remotos. Desta forma, foram identificadas mais 22 nascentes nos limites da APANA, totalizando 89 (Figura 14).

A APANA está inserida predominantemente na bacia hidrográfica do Rio Araguaia, com uma pequena faixa de nascentes do seu território na bacia do Rio Tocantins. O curso hídrico principal, Ribeirão Jacuba, é tributário do Rio Lontra, afluente do Rio Araguaia. Os principais afluentes da bacia do Ribeirão Jacuba são os córregos Xupé, Estreito, Fouveira, Vaca Morta, Tira Pedra, Ribeirão Jacubinha e o Ribeirão de Areia.

O alto curso do Rio Lontra, onde se concentra a APANA, apresenta um padrão dendrítico, comum em áreas sedimentares com grande ramificação dos afluentes. As áreas sedimentares com grande presença de solos arenosos favorecem a infiltração das águas pluviais, o que favorece a manutenção do volume de água na época de estiagem. Atualmente, com a retirada da vegetação, os volumes do lençol freático e dos aquíferos tendem a diminuir, com consequente aumento do escoamento superficial e das enchentes na bacia.

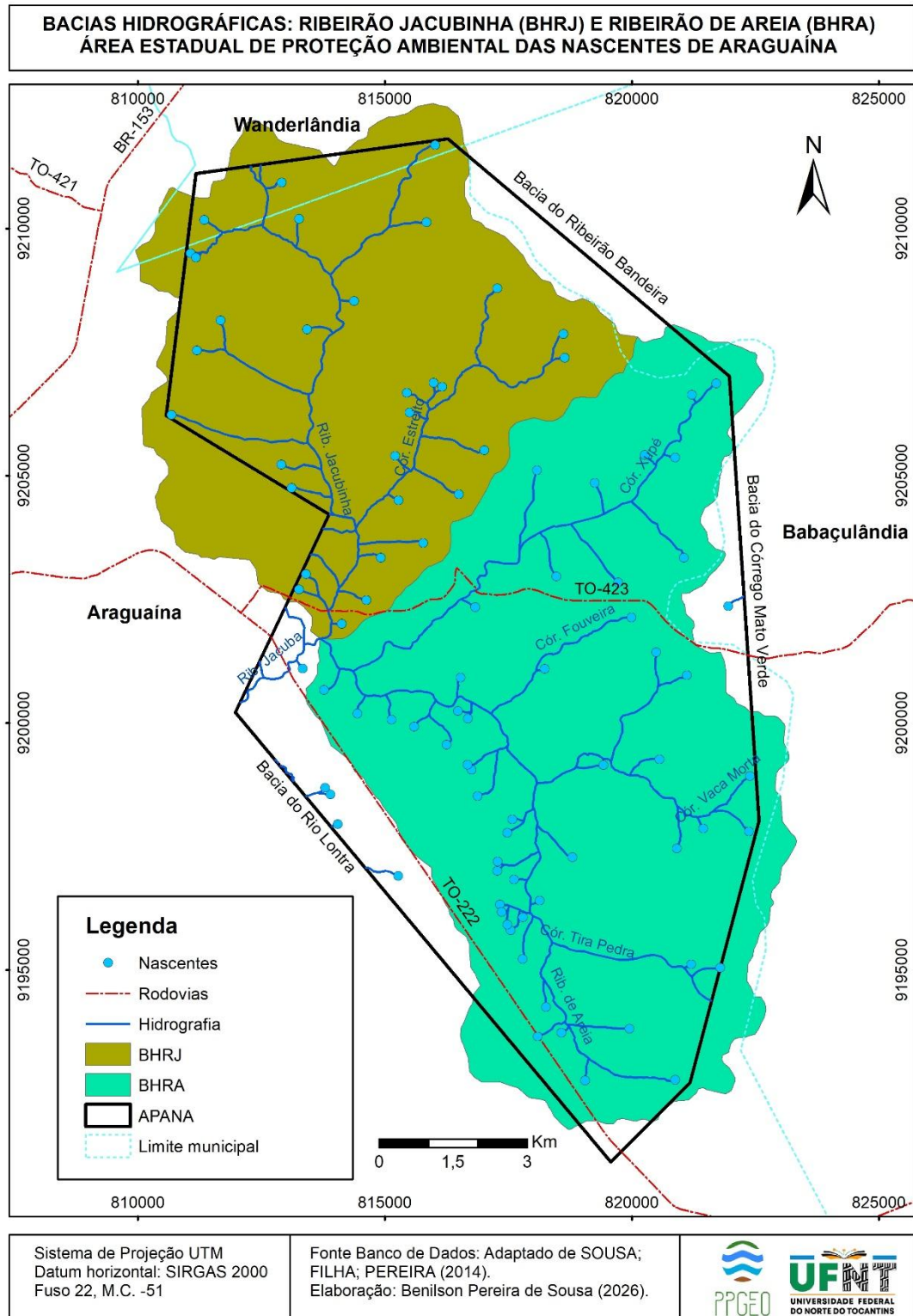
Como parte do entendimento do regime hidrológico da APANA, foram delimitadas duas bacias hidrográficas principais: Bacia do Ribeirão Jacubinha (BHRJ) e Bacia do Ribeirão de Areia (BHRA) (Figura 15). A fim de analisá-las e compará-las, realizaram-se análises morfométricas.

Figura 14 – Rede Hidrográfica da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)



Organização: Benilson Pereira de Sousa (2026).

Figura 15 – Bacias Hidrográficas da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA): Ribeirão Jacobinha (BHRJ) e Ribeirão de Areia (BHRA)



Organização: Autor (2026).

Na Tabela 3, são apresentados os resultados obtidos dos parâmetros dimensionais da BHRJ e BHRA.

Tabela 3 – Parâmetros dimensionais das Bacias Hidrográficas do Ribeirão Jacubinha (BHRJ) e Ribeirão de Areia (BHRA)

Parâmetros dimensionais	BHRJ	BHRA
Comprimento da rede de drenagem (km)	51,32	69,51
Área da bacia (km ²)	65,56	95,16
Perímetro da bacia (km)	37,45	48,05
Comprimento do rio principal (km)	12,29	14,53

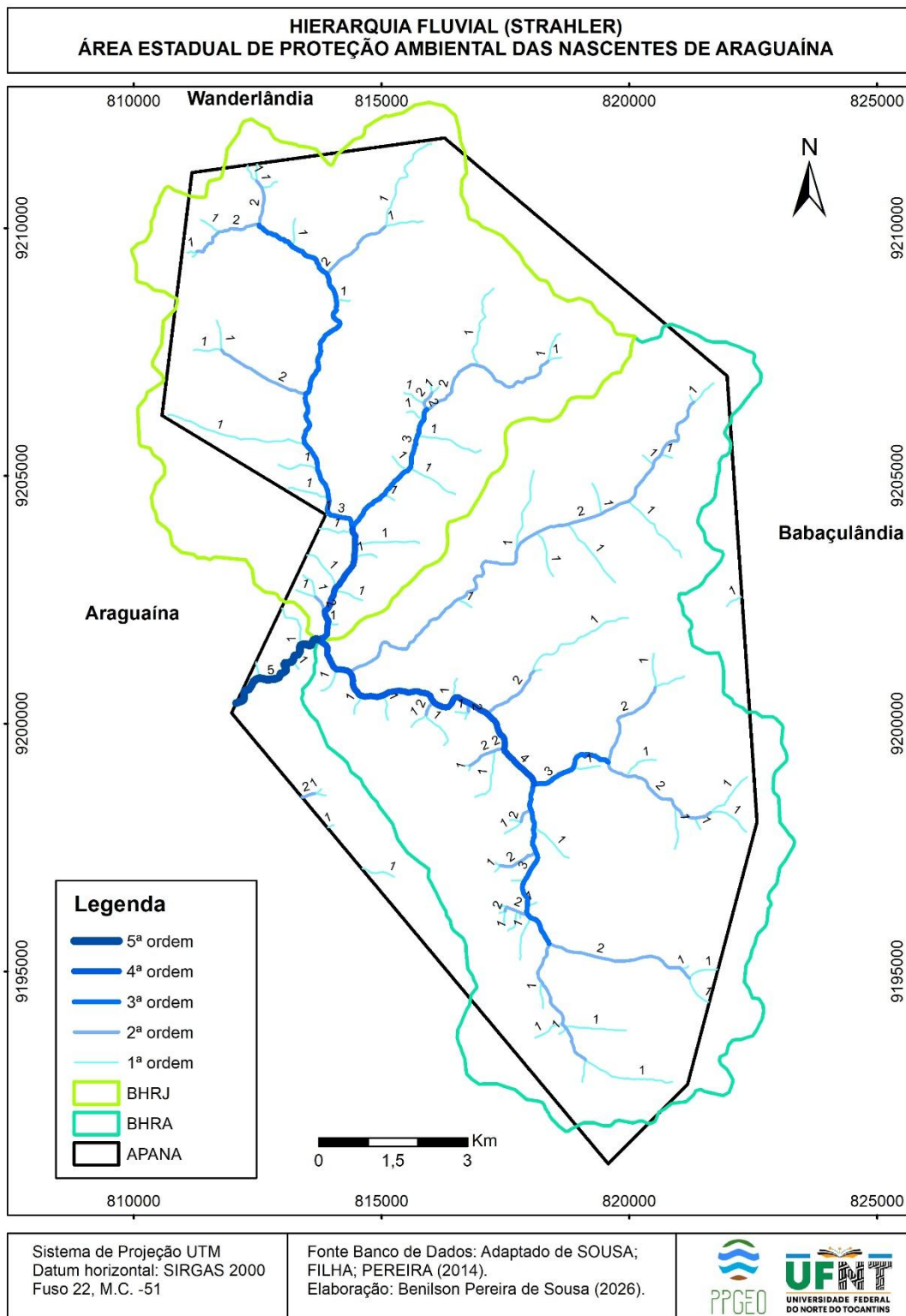
Organização: Benilson Pereira de Sousa (2026).

Quanto ao parâmetro Densidade de Drenagem, os resultados obtidos foram 0,78 km/km² para a BHRJ e 0,73 km/km² na BHRA. Com base em Beltrame (1990), ambas possuem densidade de drenagem mediana, atreladas a áreas com rochas e solos permeáveis, relevo suave, baixo escoamento superficial e pouca concentração de chuvas, o que resulta em baixa velocidade de escoamento.

Quanto aos Coeficientes de Compacidade, os resultados obtidos foram 1,29 para a BHRJ e 1,37 na BHRA, valores que classificam ambas as bacias com formato ovalado, o que, em condições pluviométricas normais, indica tendência mediana a enchentes. Em precipitação de mesma intensidade em ambas as bacias, o formato mais arredondado da BHRJ fará com que o escoamento chegue mais rápido ao exutório, tornando os episódios de enchentes mais propícios no seu baixo curso.

A rede de drenagem da APANA, de acordo com Strahler (1957), apresenta uma hierarquia de até 5ª ordem, com 188 segmentos e 123,5 km de extensão linear. Considerando a divisão em bacias hidrográficas, a BHRJ e a BHRA possuem hierarquia de 4ª ordem. A 1ª ordem predomina, com 51,6% do total, devido ao padrão dendrítico e ao relevo menos dissecado das duas bacias. Os canais de 1ª ordem estão em posições topográficas mais elevadas; as áreas de contribuição de suas nascentes apresentam declividade moderada e, somadas à frágil estrutura pedológica e às ações antrópicas, configuram um cenário de alta vulnerabilidade ambiental (Figura 16).

Figura 16 – Hierarquização Fluvial



Organização: Benilson Pereira de Sousa (2026).

Após a confluência do Ribeirão Jacubinha com o Ribeirão de Areia, o curso d'água consolida-se como o tronco principal denominado Ribeirão Jacuba (5ª ordem), o qual vem sofrendo com assoreamentos, desmatamentos e ocupações irregulares. A interação entre a alta ordem de drenagem, a morfologia dos fundos dos vales e a estrutura pedológica cria um cenário de riscos hidrológicos, podendo trazer danos socioambientais e econômicos.

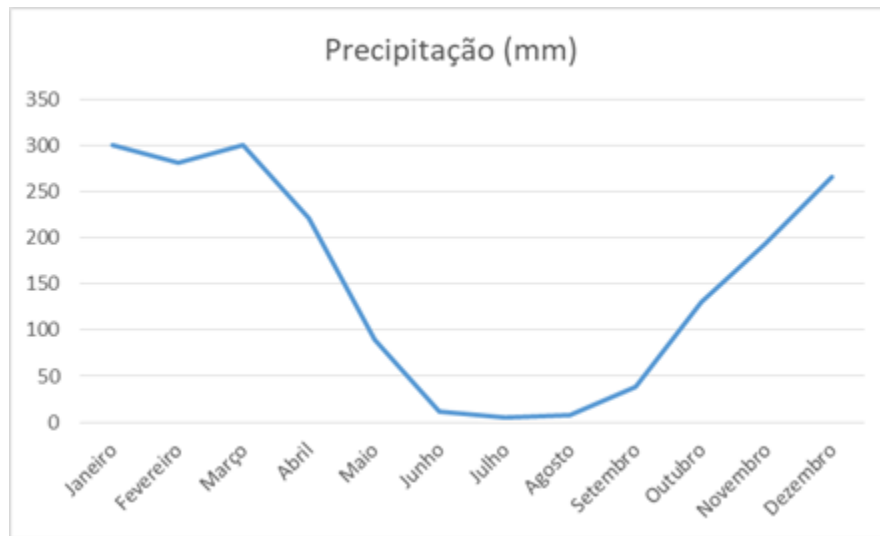
Devido à forma das drenagens e ao formato circular da zona de contribuição, o exutório do Ribeirão Jacuba possui tempo de concentração mais curto, pico de vazão mais alto e concentrado, tornando o risco de enchente maior. No período chuvoso, são comuns alagamentos de grande faixa de terras marginais, atingindo estruturas de estradas e moradias.

5.5 Clima

Segundo a classificação de Köppen, a APANA se localiza na zona AW-tropical, com período seco de junho a outubro e período chuvoso de novembro a maio (Figura 17; MACHADO; GUEDES; BOVOLATO, 2008). Na classificação de Thornthwaite, a área apresenta clima úmido subúmido (B1wA'a'), com deficiência hídrica no inverno. A precipitação média anual varia entre 1.500 e 1.600 mm.

Com base nas séries históricas (1985 a 2014), Mendes e Junior (2019) caracterizaram e analisaram o regime pluviométrico do município de Araguaína. Os autores verificaram que os meses de fevereiro e março apresentaram as maiores médias de precipitação e que os maiores índices pluviométricos foram registrados nas proximidades da área urbana do município, resultados que, segundo os autores, convergem com os de outros estudos, como os apresentados anteriormente por Mota *et al.* (2007), os quais apontaram os principais problemas em decorrência dos elevados índices pluviométricos concentrados e a frágil estrutura urbana de Araguaína.

Figura 17 – Pluviosidade média mensal de 2024 para a Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Estação Meteorológica de Araguaína (TO).
Organização: Benilson Pereira de Sousa (2026).

Silva e Guedes (2023), utilizando como parâmetro de análise os elementos temperatura e precipitação, determinaram o comportamento climático da região de Araguaína de 1985 a 2018, concluindo que as precipitações e suas oscilações vêm ocorrendo dentro da normalidade e do esperado. Ressaltaram que dentro deste recorte temporal, setembro foi o mês mais quente, devido à sensação térmica na transição inverno-primavera, e que a menor temperatura registrada foi de 11,3°C em agosto de 1988.

6 ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA ATUAL

A abordagem geotecnológica na perspectiva da Geografia Física aplicada não aponta apenas para números, mas para indicadores da dinâmica fluvial, da fragmentação da paisagem e da pressão antrópica sofrida pela APANA. Esses dados fornecem informações úteis ao planejamento, controle e gestão da UC.

Por meio de comandos na linguagem de programação *JavaScript* na plataforma GEE, foi possível analisar imagens de sensores orbitais, extraindo informações sobre o uso atual da área, caracterizando a vegetação e as modificações na paisagem. Na Tabela 4, tem-se em área e porcentagem todas as classes de uso e ocupação levantadas.

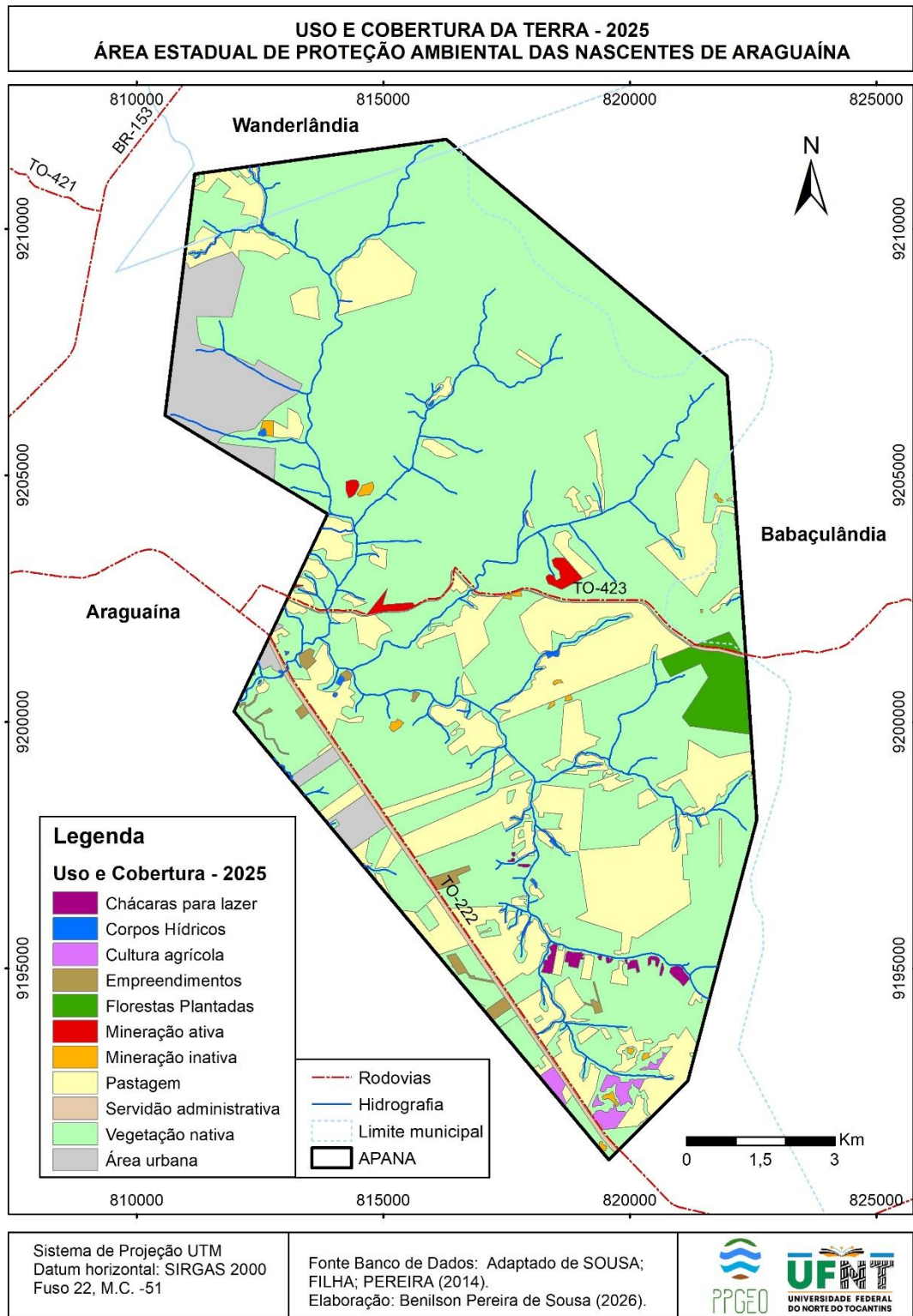
Tabela 4 – Área de cada classe de uso e ocupação atual da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)

Classe	Área (ha)	Porcentagem (%)
Chácaras para lazer	40,5952	0,3
Corpos Hídricos	20,8272	0,1
Cultura agrícola	69,4510	0,4
Empreendimentos	73,0650	0,5
Florestas plantadas	212,9243	1,3
Mineração inativa	32,3803	0,2
Mineração ativa	49,5989	0,3
Pastagem	3.116,2582	19,7
Servidão Administrativa	122,2261	0,8
Vegetação nativa	11.402,2839	72,1
Área urbana	681,8706	4,3
Total	15.821,4814	100,00

Fonte: Benilson Pereira de Sousa (2026).

A classe vegetação nativa corresponde a 72,1% do total da APANA; em segundo lugar em extensão de área fica a pastagem com 19,7%; as demais classes somadas correspondem a 8,2%. Apesar da expressiva presença de vegetação nativa, a ocupação exerce forte pressão antrópica sobre este ambiente, exercendo direta e indiretamente pressão sobre os cursos hídricos e a biodiversidade. As classes levantadas oferecem um panorama detalhado do uso e cobertura atual da área de estudo (Figura 18).

Figura 18 – Uso e cobertura atual da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)



Organização: Benilson Pereira de Sousa (2026).

6.1 Chácaras de lazer

Enquadraram-se nesta categoria as áreas de uso das pequenas propriedades rurais sem vegetação, sem estrutura para produção agrícola agrossilvipastoril e sem as mesmas características das demais classes (Figura 19).

Figura 19 – Vista parcial das propriedades no interior da APANA



Fonte: Benilson Pereira de Sousa (2026).

A Figura 20 apresenta a distribuição espacial das sedes rurais na APANA, evidenciando o padrão de ocupação da área; observa-se que a maioria das sedes está nas margens dos cursos hídricos ou dentro da zona ripária, o que reflete o uso dos cursos hídricos como área de lazer e pontos de banho nos finais de semana. Do total de 875 sedes de propriedades identificadas em toda a UC, apenas 6 não estão próximas ou não têm relação direta com os cursos hídricos; estas estão assentadas em propriedades com atividades de pecuária e agricultura.

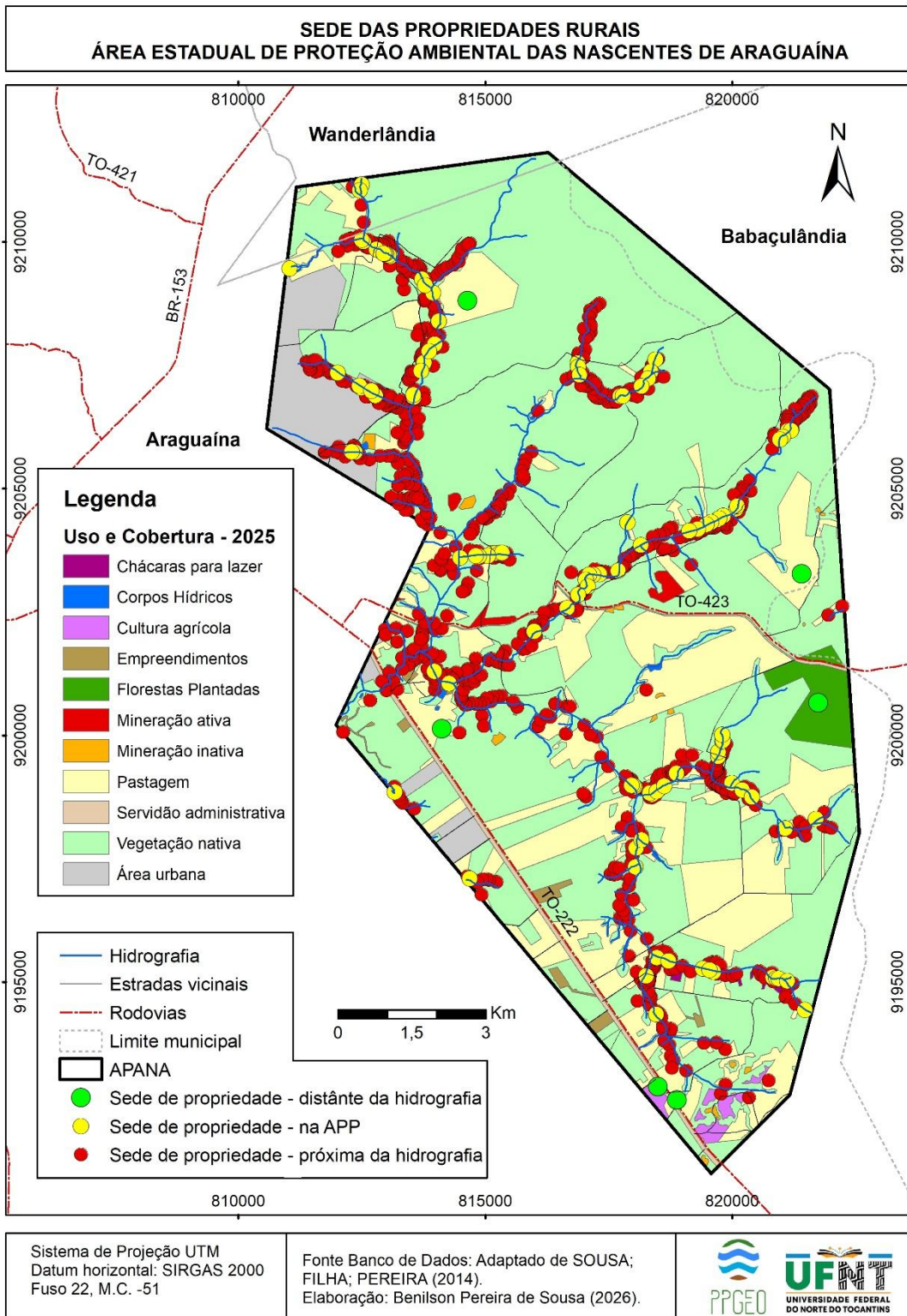
Além das estruturas construtivas para moradia e recepção, existem as que dão suporte às atividades de lazer; estas são instaladas a poucos metros dos cursos hídricos e amplamente encontradas na APANA, desde construções mais rústicas até obras de engenharia estruturada. Devido à cobertura vegetal, estas estruturas não são detectáveis por sensores remotos, impossibilitando sua quantificação. Foram identificadas 108 sedes de propriedades no interior das APPs, o que corresponde a 12,34%.

Estas estruturas de moradias e de suporte ao lazer afetam a qualidade da água do lençol freático, com contaminação que alcança os mananciais, pois os fundos de vale da APANA, nas proximidades das drenagens, são hidrologicamente sensíveis: o nível do lençol freático é raso, o solo tem textura arenosa e as fossas e sumidouros artesanais para lançamento de dejetos são construídos próximos às drenagens.

Outro ponto a ser considerado no contexto de impacto à zona ripária são as supressões da vegetação, prática que, em sua maioria, não considera os critérios legais de mitigação de impactos ambientais. O uso dessas áreas para habitação, lazer e turismo, bem como para atividades agrícolas e agropecuárias, afeta a estabilidade dos solos, potencializando processos erosivos e assoreamento hídrico.

Os cursos hídricos da APANA sofrem intensos processos de ocupação e uso; nos de maior volume d'água há estruturas comerciais e residenciais de balneário, com uso intenso nos finais de semana, principalmente no período de estiagem. Os tributários de 1ª ordem, com menor volume de água são afetados por intervenções devido à ocupação irregular de suas margens e construção de barramentos para elevar o nível da água e criar condições de balneabilidade, agravando os danos ambientais.

Figura 20 – Sede das propriedades rurais na Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)



Organização: Benilson Pereira de Sousa (2026).

As glebas de terras no interior da APANA vêm sendo parceladas em pequenos lotes; quando os remanescentes possuem registros nos cartórios, são criados condomínios com vários microlotes, com o objetivo de atingir a soma de 3 hectares exigidos pelos tabelionatos como mínimo registrável. Nos casos em que as terras são objetos de litígio fundiário, a divisão dos lotes acontece de forma arbitrária e seguindo a premissa geral de uma pequena faixa confrontar com um curso hídrico.

O impacto do microparcelamento do solo rural na UC é intenso e severo. Esta ação desencadeia vários tipos de consequências danosas ao meio ambiente; além dos já citados, pode-se enfatizar a fragmentação de habitats com efeito de bordas e barreiras físicas na zona ripária, fragmentando os corredores ecológicos.

6.2 Florestas plantadas

Este é um ramo de atividade pouco explorado na APANA, com apenas uma propriedade que cultiva a espécie Mogno Africano (*Khaya grandifoliola*). Trata-se de uma propriedade de médio porte que integra o cultivo de Mogno Africano com a pecuária semi-intensiva (Figura 21).

Figura 21 – Mogno Africano e pastagem exótica



Fonte: Benilson Pereira de Sousa (2026).

6.3 Corpos Hídricos

Enquadram-se nesta classe as acumulações de água artificiais, construídas, em sua maioria, por meio de represamento de cursos hídricos para subsidiar as atividades de lazer, a dessedentação animal e a piscicultura; em alguns casos, trata-se da ressurgência do lençol freático em áreas de mineração.

Em campo foi possível identificar que se trata de construções artesanais sem observar as normas técnicas de geotecnia nem as diretrizes legais de licenciamento ambiental. A ausência de estruturas mínimas para a estabilidade dos taludes e o subdimensionamento dos extravasores resultam, no período chuvoso, em transbordamentos e rompimentos (Figura 22).

Figura 22 – Represa no alto curso do Ribeirão Jacubinha



Fonte: Benilson Pereira de Sousa (2026).

6.4 Cultura agrícola

Esta classe engloba todas as atividades agrícolas do modelo tradicional; o sistema agrossilvipastoril será tratado na classe de pastagem, por ser uma prática comum entre a lavoura, pecuária e silvicultura em pequenas propriedades de criação

de gado na APANA.

Por se tratar de uma UC de uso sustentável, as práticas agrícolas são permitidas, desde que submetidas ao licenciamento ambiental pelo órgão competente. Dependendo do porte e do manejo adotado, os cultivos podem ser ambientalmente sustentáveis ou degradantes; no segundo caso, entram em conflito com os objetivos de proteção da unidade. A adoção de práticas predatórias gera conflito direto com os objetivos legais de criação da unidade, desafiando o equilíbrio complexo entre o desenvolvimento socioeconômico e a preservação da biodiversidade.

As atividades agrícolas concentram-se na porção sul da UC, em razão da facilidade logística para o escoamento proporcionada pela rodovia pavimentada e, principalmente, das melhores características de solos em comparação com a região norte.

Observou-se que as práticas desta atividade produtiva, ainda longe do modelo sustentável, já indicam uma transição nessa direção, por meio da diversificação, do plantio direto e da rotação entre milho, sorgo, milheto, mandioca e melancia (Figura 23).

Figura 23 – Plantio de milho



Fonte: Benilson Pereira de Sousa (2026).

6.5 Empreendimentos

Devido ao comportamento espectral dos alvos, que não mantêm uma homogeneidade de assinatura, esta classe foi corrigida manualmente com base em análises visuais de imagens de satélites. Foram identificados 7 empreendimentos com expressividade espacial: clube de tiro, cemitério, loteamento residencial, aterro de resíduos inertes, aeroclube, granja e balneários.

Com predominância na região centro-sul da APANA, esses empreendimentos têm como eixo logístico a rodovia estadual TO-222, sua principal referência geográfica. São empreendimentos de pequeno e médio porte, de impacto ambiental local (Figura 24). Estes segmentos, devido ao potencial poluidor, precisam de autorização do órgão ambiental competente para iniciar e continuar suas atividades, dada a possibilidade de contaminação dos solos e da água e o avanço do desmatamento.

A vedação trazida pelo SEUC barra a instalação e funcionamento de novos empreendimentos até a aprovação do Plano de Manejo da APANA, de modo que, quando aprovado pelo Conselho Gestor da UC, as atividades precisarão estar enquadradas nos itens permitidos pelo zoneamento naquela localidade.

Figura 24 – Cemitério particular Jardim das Paineiras



Fonte: Benilson Pereira de Sousa (2026).

6.6 Área urbana

A APANA compreende 681,8706 hectares de área urbana e urbanizada, pertencentes ao município de Araguaína, o que corresponde a 4,31% da área da UC. Localizada na porção oeste, essa ocupação é admitida pela legislação das APAs, que permite a presença humana e o uso do território; ainda assim, pelo seu histórico de uso, tornou-se o maior desafio de gestão e manejo da UC (Figura 25). A conversão do solo natural em superfícies impermeabilizadas atua como um vetor de pressão constante, desencadeando problemas socioambientais complexos, como o assoreamento de corpos hídricos, a perda de fragmentos de vegetação nativa e a contaminação do lençol freático.

Figura 25 – Vista parcial da área urbanizada no interior da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)



Fonte: Benilson Pereira de Sousa (2026).

Nesta classe, foram identificadas 13 nascentes hídricas — surgências perenes que dão origem a importantes cursos hídricos; o principal desses cursos, o Córrego Raizal, tornou-se ponto de lançamento de dejetos por meio de ligações irregulares de esgotos diretamente das residências ou da rede de águas pluviais.

A urbanização dessa parte da APANA trouxe grandes desequilíbrios e degradação ambiental: foram habitadas áreas não edificáveis nas margens dos

córregos, houve desflorestamentos das APPs, e foram abertas vias tanto regularizadas pelo poder público quanto irregulares no interior das invasões, ambas deixando rastros de perturbação e degradação ambientais. As ocupações desencadearam importantes processos erosivos e poluição hídrica.

Foram identificados 4 processos erosivos do tipo ravina e voçoroca totalmente inseridos na APANA (Quadro 2), com origem em ações de urbanização de Araguaína: são erosões decorrentes da abertura e impermeabilização de vias nos Setores Serra Dourada, Maracanã, Universitário e Topázio (Figura 26 – A, B, C, D), com impactos negativos que afetam diretamente os cursos hídricos na APANA.

Quadro 2 – Tipos de processos erosivos na zona urbana de Araguaína – Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)

Id	Ativo	Tipo	Localização	Coordenadas (UTM)
A	Sim	Ravina	Setor Serra Dourada	X:811393 Y:9209298
B	Sim	Ravina	Setor Maracanã	X:811261 Y:9208137
C	Sim	Voçoroca	Setor Universitário	X:811126 Y:9207517
D	Sim	Voçoroca	Setor Topázio	X:810659 Y:9206193

Organização: Benilson Pereira de Sousa (2026).

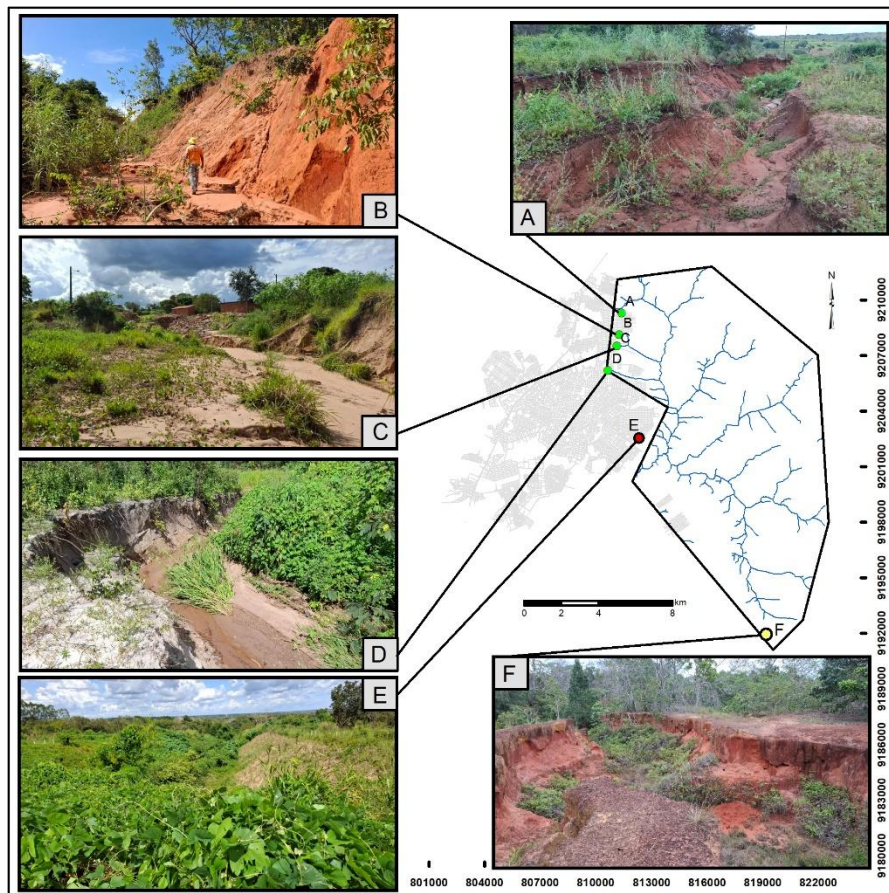
Considerando os casos em que parte da evolução erosiva ocorre fora da APANA, o processo mais expressivo é o do Setor Ana Maria, de maior impacto ambiental devido ao assoreamento total do Córrego São Benedito (Figura 26 – E). Este teve início em 2014; em 2015, realizaram-se obras de engenharia a fim de barrar a evolução erosiva, contenção que se manteve eficaz até 2017, quando a impermeabilização das vias dos Setores a montante desencadeou novas frentes erosivas e revelou a ineficiência das contenções anteriores.

As novas frentes erosivas, mesmo fora dos limites da APANA, potencializaram danos socioambientais severos à UC. As nascentes do Córrego São Benedito receberam toda a carga de sedimentos. Em decorrência, novas obras com conceitos de bioengenharia estabilizaram o processo erosivo, mas novas intervenções serão necessárias para o desassoreamento do curso hídrico.

O Córrego São Benedito é um tributário da margem direita do Ribeirão Jacuba, que, em decorrência do intenso processo de assoreamento, foi totalmente degradado da nascente à sua foz. Os sedimentos ocuparam toda a sua calha e invadiram a Área de Preservação Permanente, trazendo desequilíbrio ambiental severo, resultando na degradação do ecossistema aquático, na perda de biodiversidade e na alteração do fluxo e da qualidade da água.

Na zona rural, na faixa de domínio da Rodovia TO-222, identificou-se uma voçoroca em atividade, originada das atividades de limpeza periódicas da área com máquinas pesadas, fortalecendo a ideia de que as obras civis lineares e os parcelamentos dos solos urbanos são as principais causas dos processos erosivos na área estudada (Figura 26-F). Apesar da surgência do lençol freático, não há curso hídrico a jusante, limitando o impacto ambiental à degradação do solo.

Figura 26 – Distribuição espacial dos processos erosivos na área urbana



Fonte: Benilson Pereira de Sousa (2026).

6.7 Vegetação nativa

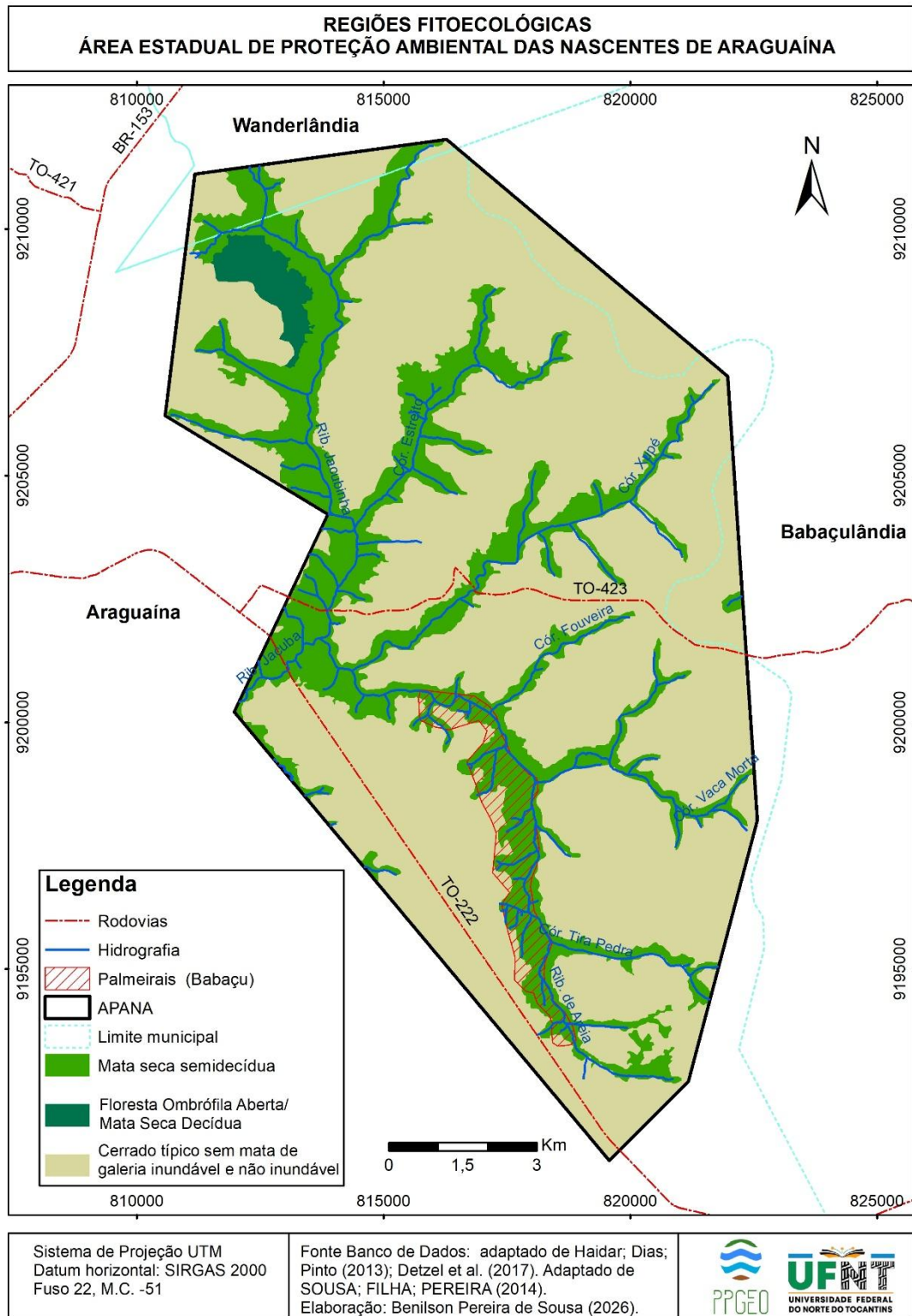
Segundo Haidar, Dias e Pinto (2013) e Detzel *et al.* (2017), as principais fitofisionomias da área estudada são: Cerrado típico sem mata de galeria inundável e não inundável; Mata seca semidecídua e Floresta Ombrófila Aberta / Mata Seca Decídua (Figura 27).

Com base em imagens de satélite e em trabalhos de campo, identificou-se na margem esquerda do alto e médio curso do Ribeirão de Areia a ocorrência de Palmeirais, com o predomínio do Babaçu (*Attalea speciosa*), fato atribuído ao ambiente edáfico. Silva (2008), ao estudar a distribuição do Babaçu e suas relações com os fatores geoambientais no sul do estado do Tocantins, caracterizou os Neossolos de características flúvicas como ambiente propício para a ocorrência da espécie (Figura 28).

Por se tratar de uma zona de ecótono Cerrado/Amazônia, o extremo norte da APANA apresenta a faciação Floresta Ombrófila Aberta/Mata Seca Decídua com limites pouco definidos em relação à Mata Seca Semidecídua, já o contato com o Cerrado típico é bem marcado pela relação edáfica.

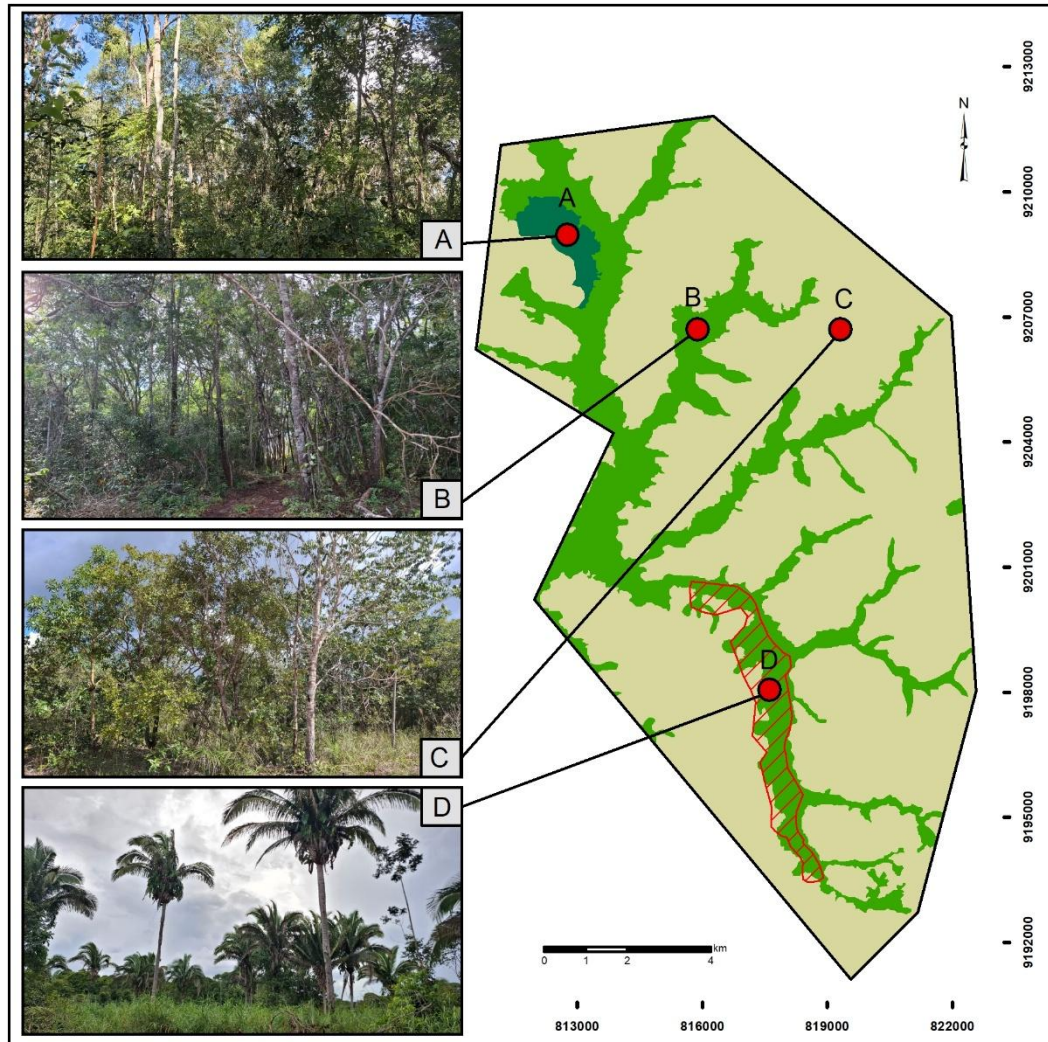
Em maior proporção espacial tem-se a fitofisionomia Cerrado típico sem mata de galeria inundável e não inundável. Em campo, verifica-se a homogeneidade do dossel predominantemente arbóreo-arbustivo, com cascas grossas e troncos tortuosos, características que lhes conferem resistência ao fogo e adaptação ao extenso período de estiagem da região. Na área de estudo, esta faciação ocorre nos Neossolos Quartzarênicos, cuja textura e composição química dificultam a restauração ambiental quando perturbados, devido à fragilidade e à baixa fertilidade do solo.

Figura 27 – Fitofisionomias da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA)



Organização: Benilson Pereira de Sousa (2026)

Figura 28 – Distribuição da vegetação na área de estudo: A – Floresta Ombrófila Aberta / Mata Seca Decídua; B – Mata seca semidecídua; C – Cerrado típico sem mata de galeria inundável e não inundável; e D – Palmeirais (Babaçu)



Fonte: Benilson Pereira de Sousa (2026).

A Mata seca semidecídua é o nome dado ao tipo de vegetação mais frágil e suscetível às ações antrópicas na UC. Como característica marcante, observa-se a relação desta com os cursos hídricos: no início dos cursos de água formam-se matas de galeria, que se convertem em matas ciliares conforme a largura e a profundidade do canal aumentam. Essas formações têm funções vitais na manutenção dos mananciais por meio da estabilização pedológica e na manutenção da fauna local. Ocupando o fundo dos vales na APANA, esta zona ripária também favorece a ciclagem dos nutrientes, com a função de manter o equilíbrio ambiental.

Apesar da grande extensão de área com vegetação nativa, verificou-se que esta sofre intensos processos de exploração e fragmentação. Entre as práticas mais comuns estão o corte seletivo com a extração de árvores de médio e grande porte, a supressão de vegetação com o corte raso de todos os indivíduos em áreas contínuas e a abertura de estradas sem critérios técnicos. Além dos efeitos sobre a biodiversidade, estas práticas interferem nos processos naturais da água e do solo.

Devido à grande quantidade de propriedades privadas e atividades econômicas no interior da APANA, a dinâmica entre os desmatamentos e os incêndios florestais é complexa e de difícil gerenciamento. Contudo, nem todos os focos de queimadas têm origem em áreas desmatadas; os incêndios criminosos também têm origem nas proximidades das estradas e acampamentos de caçadores.

Para o combate dos incêndios, a UC possui uma equipe permanente de 10 Brigadistas Florestais, cujo raio de ação abrange o interior da APANA e parte de seu entorno. A atuação no efeito de borda, impedindo a entrada do fogo na área protegida, é a principal estratégia de proteção da UC. A Brigada é um pilar estratégico na proteção da vegetação e na manutenção dos serviços ecossistêmicos.

Devido às características de uso da terra, às fitofisionomias de ecótono e ao microparcelamento do solo de áreas particulares, a APANA não iniciou as queimadas controladas por meio da técnica do Manejo Integrado do Fogo (MIF). Esta técnica é estratégia positiva para a proteção das áreas sensíveis, cuja implantação demanda estudo prévio.

6.8 Mineração ativa e inativa

O histórico de minerações na APANA é pautado em conflitos de uso do subsolo e litígios ambientais. Os materiais minerados são bem específicos de acordo com a região: no sul, lavras por decapeamento de crostas lateríticas e desmonte de morrotes; no norte, grandes frentes de extração de areia branca. A laterita é material geralmente utilizado na construção e manutenção de estradas da região, vinculado principalmente a extrações clandestinas; a areia branca e o aterro são largamente utilizados na construção civil, em demanda crescente (Figura 29).

As lavras clandestinas de lateritas abrangem grandes extensões devido às características da extração em perfil horizontal, deixando rastros de degradação

ambiental de difícil recuperação.

Figura 29 – Vista parcial de uma mineração ativa (A) e inativa (B)



Fonte: Benilson Pereira de Sousa (2026).

6.9 Pastagem

Esta classe está presente em toda a extensão da APANA, com maior concentração na parte central e sul; essa aglomeração, assim como a de outras

classes produtivas, tem forte relação com as características pedológicas. Devido ao longo período de estiagem e à capacidade estrutural dos solos, a prática pecuária mais comum é o sistema semi-intensivo, com pastagem exótica, associação de pastagem exótica com capim nativo Agreste e suplementação alimentar.

Considerando que a região é proeminente na pecuária, a APANA não possui propriedades com grandes extensões de pastagem; nas maiores, com melhor suporte à produção, pratica-se a rotação de pastos, reduzindo a degradação do solo. Nas áreas de solo mais frágil e baixa fertilidade, opta-se por adensar o capim nativo, a fim de manter o rebanho durante o período de estiagem (Figura 30).

Figura 30 – Pastagem com capim exótico, massai (*Panicum maximum*).



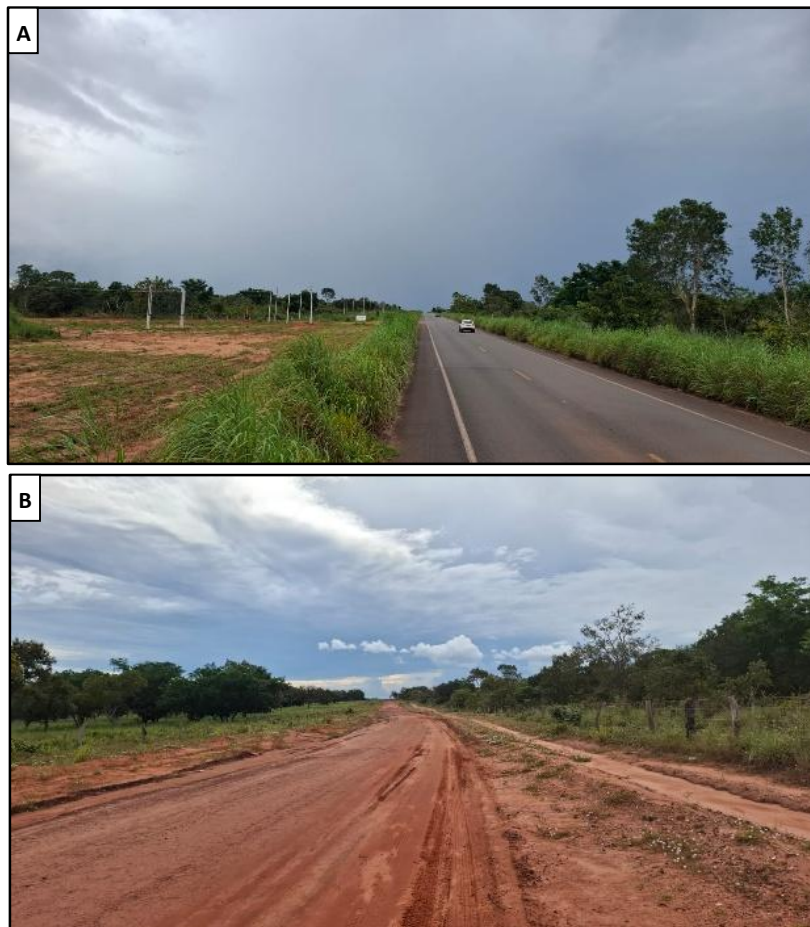
Fonte: Benilson Pereira de Sousa (2026).

6.10 Servidão administrativa

As faixas de servidão administrativa estão distribuídas entre duas rodovias estaduais: a TO-222, com pavimentação asfáltica e faixa de domínio bem definida em relação às propriedades lindeiras, e a TO-423, que, apesar do alto fluxo de veículos, possui apenas revestimento primário, recebendo esporadicamente camadas de cascalho para melhoria da trafegabilidade.

O trecho da TO-222 no interior da APANA compreende 12,5 km; a TO-423, que transpassa a UC de leste a oeste, compreende 10,4 km. Ressalta-se que está em estudo a viabilidade técnica para pavimentá-la; só a partir daí será definido seu percurso definitivo e as respectivas faixas de domínio, o que requer grande esforço para minimizar os impactos ambientais em relação aos objetivos e normas de controle da APANA (Figura 31).

Figura 31 – Faixa de servidão administrativa da TO-222 (A) e TO-423 (B)



Fonte: Benilson Pereira de Sousa (2026).

7. SÍNTESE E PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS PARA SUBSIDIAR A ELABORAÇÃO DO PLANO DE MANEJO E GESTÃO DA APANA

Por se tratar de uma UC de uso sustentável, a APANA tem como foco a harmonia entre manutenção dos serviços ecossistêmicos e a ocupação humana. A partir do diagnóstico realizado, identificaram-se as reais e potenciais situações de conflitos de uso; por meio do mapa temático síntese, foram espacializadas as Zonas de Uso Geral (ZUG), Zona Sob Pressão Antrópica (ZSPA) e a Zona para Conservação/Preservação (ZCP) (Figura 32).

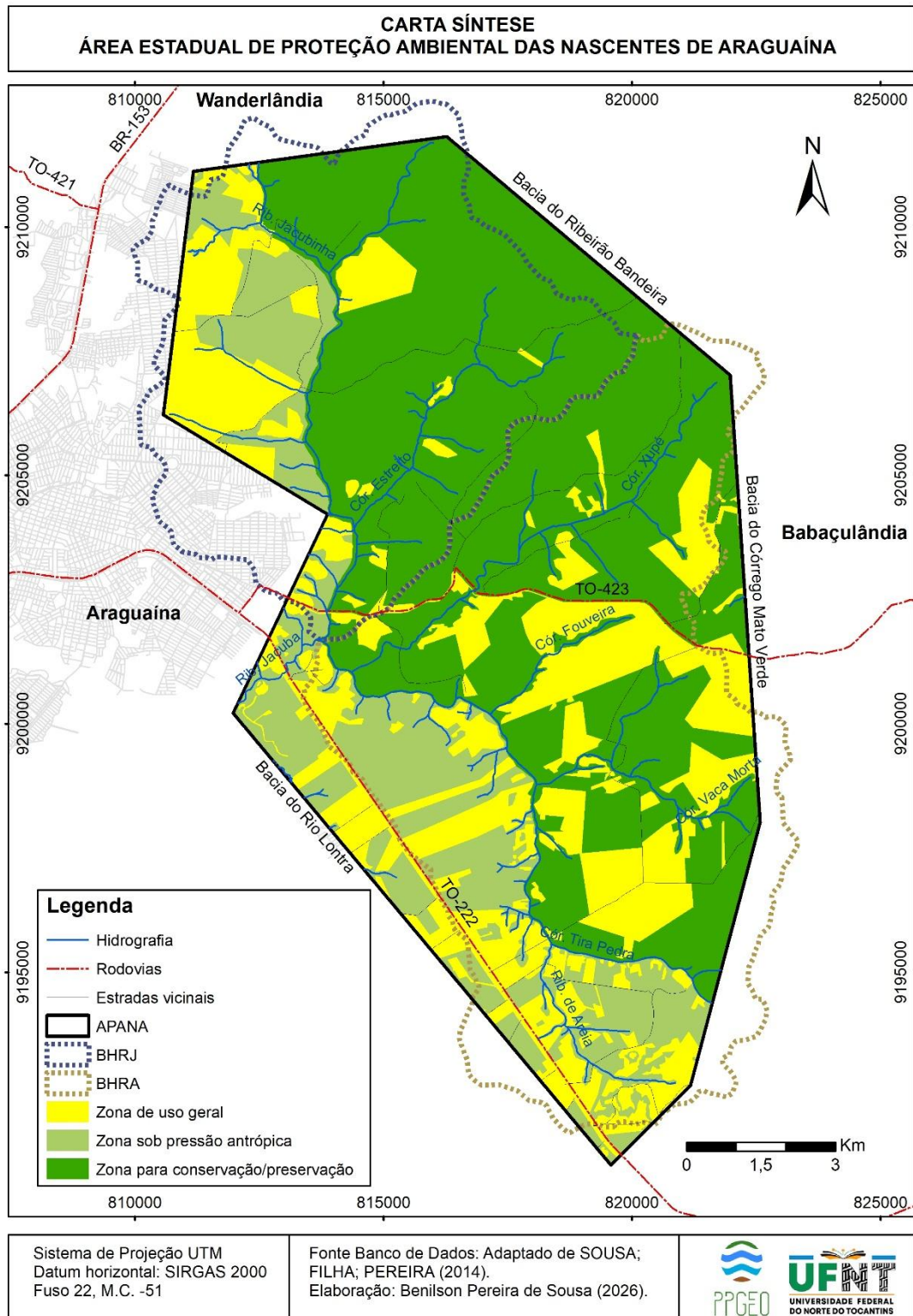
A ZUG foi delimitada com base nas características de antropização por meio do uso e da ocupação, incluindo as classes: área urbana, servidão administrativa, pastagem, mineração inativa, mineração ativa, florestas plantadas, empreendimentos, cultura agrícola, corpos hídricos e chácaras para lazer. Essa diversidade de classes evidencia a complexidade das dinâmicas socioeconômicas incidentes sobre a UC, que culminam em uma paisagem fragmentada. A delimitação da ZUG, muito além da mera quantificação e caracterização dos limites antropizados, subsidia as atividades de monitoramento da expansão antrópica e orienta as ações de recuperação ambiental.

A ZSPA é composta por parte da classe de vegetação nativa que sofre grande pressão resultante da ação humana, devido à sua proximidade e contato com as áreas de uso, com a faixa de expansão urbana de Araguaína, e com o eixo logístico da TO-222. A política de conservação dessas áreas deve considerar os fatores socioeconômicos que impulsionam a conversão do uso do solo e a fragmentação florestal, em vista de sua importância como zona de recarga do lençol freático, de estabilização pedológica e de conservação da biodiversidade.

A ZCP compreende uma parte significativa da região centro-norte da UC e fragmentos de vegetação da porção sul. Com foco conservacionista, delimitou-se a ZCP como indicação macro de área com melhor perfil para se determinar as zonas de conservação mais rigorosas no futuro Plano de Manejo, o qual será conduzido por uma equipe técnica multidisciplinar.

A identificação dessas zonas permite mitigar os conflitos de uso atuais, bem como garantir a estabilidade do solo e a proteção das áreas críticas de recarga do lençol freático, constituindo base técnica coesa.

Figura 32 – Carta síntese



Organização: Benilson Pereira de Sousa (2026).

7.1 Zona para conservação/preservação

Esta zona, baseada na importância hidrológica local, na fragilidade geomorfológica e pedológica e na integridade da vegetação, observa os objetivos legais da APANA. Em termos de continuidade espacial, esta zona possui ligações por meio das APP ou faixa com vegetação, estando a parte sul mais fragmentada devido às atividades produtivas, fato corroborado pela sua vocação pedológica.

As nascentes da porção norte da APANA, tributárias do Ribeirão Jacubinha e Córrego Estreito, possuem bacia de contribuição com topografia mais acentuada. Esta condição torna o ambiente ainda mais suscetível aos processos erosivos extremos; são solos arenosos em que a menor intervenção antrópica desencadeia degradações severas. Em termos de uso, essas áreas precisam ser manejadas adequadamente ou mesmo isoladas para proteção direta das nascentes, por meio do Plano de Manejo ou da delimitação da Reserva Legal (RL) junto ao Cadastro Ambiental Rural (CAR).

O caráter de proteção da Reserva Legal apresentado no Código Florestal torna-se uma importante ferramenta de proteção e gestão ambiental do território rural; trata-se de instrumento obrigatório às propriedades rurais. Os instrumentos de gestão da APANA devem promover comunicação formal com os proprietários das áreas, orientando-os sobre a importância de conectar a RL à APP e demonstrando os ganhos ambientais e os benefícios da adequação ambiental da propriedade rural.

Os trechos do médio e baixo curso do Córrego Estreito, apesar das invasões de terras e dos desmatamentos nas APPs ao longo do seu percurso, abrigam importantes remanescentes florestais que apresentam estágios sucessionais avançados. Outro ponto relevante para a conservação mais rigorosa é o alto curso de um tributário inominado do Ribeirão Jacubinha (UTM X:815023 Y:9210629), que, apesar da pressão antrópica, possui importantes remanescentes florestais, constituindo relevantes refúgios ecológicos.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Diagnóstico Geoambiental, pautado na metodologia consolidada pelo LAGEOLAM (UFSM), ainda que com as limitações de escala da base cartográfica do ZEE-TO, permitiu uma visão integrada da APANA, consolidando-se como instrumento preciso para a compreensão das dinâmicas ambientais e da pressão antrópica na UC. Este estudo, sem a pretensão de esgotar a temática, contribui como análise inicial ao revelar as principais potencialidades e fragilidades da área estudada.

A partir desta abordagem, é possível criar estratégias para sanar os gargalos e minimizar os desafios de gestão no cumprimento do papel ambíguo de uma UC de uso sustentável, bem como balizar as atividades iniciais de elaboração do Plano de Manejo.

O Plano de Manejo é basilar para a gestão e proteção da APANA; é um marco esperado há anos pelos setores produtivos, pelos proprietários de terras e por todos os segmentos governamentais que direta ou indiretamente se relacionam com a Unidade.

Por ser instrumento para a tomada de decisões técnicas relativas ao reordenamento territorial, sugere-se a exclusão da malha urbana consolidada de Araguaína dos limites da APANA. A redefinição dos limites da UC, excluindo as áreas urbanas, traria ganhos ambientais e permitiria que o controle e a gestão se concentrassem em áreas com maior potencial de conservação.

Na mesma perspectiva, sugere-se a criação de um corredor ecológico conectando APANA ao Monumento Natural das Árvores Fossilizadas (MONAF). O MONAF, apesar de pertencer ao grupo das UCs de proteção integral, admite a coexistência com propriedade e posse privadas; possui uma zona de amortecimento de 10 km em que as atividades produtivas são geridas pelo seu Plano de Manejo. A APANA está a 15 km da zona de amortecimento do MONAF, proximidade que torna essa conexão uma importante estratégia de ecologia de paisagem para a conservação ambiental e a reestruturação do fluxo gênico da região.

Os resultados apresentados confirmam o impacto direto da ocupação das margens dos cursos hídricos por meio de pequenos lotes. Faz-se necessária a criação de mecanismos jurídicos e/ou administrativos por meio de legislação municipal ou mesmo junto ao Plano de Manejo para controlar o microparcelamento de solo rural.

Esta prática é um dos maiores desafios para a gestão da APANA.

Atrelado às diretrizes de gestão da APANA, faz-se necessário o fortalecimento dos mecanismos de controle ambiental, considerando a ausência de zoneamento específico para a tomada de decisão sobre o uso das áreas. O monitoramento ambiental da UC deve ser contínuo e preciso para reprimir o uso irregular do solo e garantir a integridade dos recursos naturais até a consolidação do zoneamento.

Com vistas ao manejo adequado das áreas produtivas e à cooperação institucional, têm grande valor as ações dos órgãos de assistência e extensão rural, principalmente aliadas a programas de capacitação técnica para os moradores rurais. Estas ações focam a troca de experiência e a disseminação de práticas sustentáveis, como o terraceamento e a adequação das estradas vicinais, além do estabelecimento de incentivos pecuniários para a recomposição da vegetação nativa.

O fortalecimento das ações e projetos de educação ambiental requer maior proximidade do órgão gestor com as universidades; os impactos socioambientais dessas soluções construídas coletivamente fortalecem a promoção do desenvolvimento sustentável por meio da pesquisa e da extensão.

Conclui-se que APANA carece de estudos científicos aprofundados e levantamentos de vários segmentos como os voltados ao perfil socioeconômico, pressão antrópica, contexto histórico de uso e ocupação, percepção ambiental, análise fitossociológica, análise quantitativa e qualitativa dos cursos hídricos, inventário faunístico, corredores ecológicos, dentre outras áreas relevantes.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. L. E.; MEDEIROS, C. N.; SOUZA, M. J. N. Análise geoambiental como subsídio ao ordenamento territorial do município de Horizonte, estado do Ceará. **Revista GeoUECE**, v. 2, n. 3, p. 45–65, 2021. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/article/view/7015>. Acesso em: 2 maio. 2024.

ANTERO, R. Aglomerados subnormais em Araguaína-TO: expressões do crescimento econômico desigual. *In*: SUZUKI, J. C.; BRITO, E. P.; ANTERO, R.; SILVA, I. C. (Org.). **Geografias tocantinenses e outras leituras**. São Paulo: FFLCH/USP, 2019. p. 173-189.

ANTROP, M. Background concepts for integrated landscape analysis. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 77, n. 1-2, p. 17-28, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00089-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00089-4). Acesso em: 9 abr. 2024.

APAN, A. *et al.* The rate, extent and spatial predictors of forest loss (2000–2012) in the terrestrial protected areas of the Philippines. **Applied Geography**, v. 81, n. 11, p. 32-42, 2017, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.02.007>. Acesso em: 21 jan. 2024.

BARBOSA, L. G.; GONÇALVES, D. L. A paisagem em Geografia: diferentes escolas e abordagens. **Élisée - Revista de Geografia da UEG**, v. 3, n. 2, p. 92-110, jan. 2015. Disponível em: www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/view/3122. Acesso em: 21 mar. 2024.

BASTOS, M. L. L. *et al.* Diagnóstico Geoambiental. *In*: MEDINA, A. I. M. *et al.* (Org.). **Projeto Porto Seguro-Santa Cruz Cabralia: geomorfologia, avaliação da vulnerabilidade à erosão e diagnóstico geoambiental**. Salvador: CPRM/SUREG/SA, 2000. p. 55-85.

BELTRAME, A. V. **Proposta metodológica para o diagnóstico do meio físico com fins conservacionistas, de pequenas bacias hidrográficas: um estudo da bacia do Rio do Cedro (Brusque-SC)**. 200 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis-SC, 1990. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/75645>. Acesso em: 5 junho. 2025.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia física global. Esboço Metodológico. **RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise**, n. 8, p. 83-91, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v8i0.3389>. Acesso em: 19 fev. 2024.

BERTRAND, C.; G. BERTRAND. **Uma Geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Tradução Messias Modesto dos Passos. Maringá: Ed. Massoni, 2007. 194-197 p.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos

I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 7 fev. 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 7 fev. 2024.

BRITO, I. A. M. *Bacias Sedimentares e Formações Pós-Paleozóicas do Brasil*. Editora Interciência, 179p. 1979.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução à Ciência da Geoinformação. *In*: CÂMARA, G.; DAVIS JUNIOR, C. A.; MONTEIRO, A. M. V. (org.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 1-57.

CAMPOS, D. S. *et al.* Plintossolos Pétricos do Tocantins. *In*: FONTANA, A.; LOSS, A.; PEDRON, F. A. (ed.). **Compêndio de Solos do Brasil: 2 vol.** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2025. p. 147-196.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. 2. ed. São Paulo: Editora Contexto – Coleção Ensaios. 1995. 147 p.

CARVALHO, A. W.; MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; DOS SANTOS, T. L. Uso e cobertura do solo utilizando a Plataforma Google Earth Engine (GEE): Estudo de caso em uma Unidade de Conservação. **Brazilian Journal of Development**. v. 7, n. 2, p. 15280–15300, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n2-243. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/24622>. Acesso em: 5 fev. 2025.

CAVALCANTI, L. C. S. **Da descrição de áreas à teoria dos geossistemas: uma abordagem epistemológica sobre sínteses naturalistas**. 216 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Recife-PE, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/10661>. Acesso em: 27 de mar. 2024.

CAVALCANTI, L. C. S. **Cartografia de paisagens: fundamentos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos. 2018. 96 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 1980, p.188.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem dos Sistemas Ambientais**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 236 p.

DETZEL, V. A. *et al.* **Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Tocantins**.

Diagnóstico Ecológico-Econômico do Estado do Tocantins. Secretaria de Planejamento e Orçamento (Seplan). Gerência de Indicadores Econômicos e Sociais (GIES). Projeto de Desenvolvimento Regional Integrado e Sustentável. vol. I de II. Seplan/GIES. Palmas, 2017.

DIAS-BRITO, D. *et al.* Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional - O mais exuberante e importante registro Florístico Tropical- Subtropical Permiano no Hemisfério Sul. In: Winge, Manfredo. **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil** / Manfredo Winge (Ed.) – 2. ed. – Brasília: CPRM, v. 2, 516. p. 2009.

ESA. Agência Espacial Europeia; SINERGISE. **Copernicus Global Digital Elevation Model.** Distribuído por OpenTopography. Disponível em: <<https://doi.org/10.5069/G9028PQB>>. Acesso em: 06/03/2025.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente:** uma perspectiva em recursos terrestres. 2. ed. São José dos Campos: Parêntese Editora, 2009. 598 p.

JUNIOR, L. E.C. F.; TRUCKENBRODT, W. Estratigrafia e petrografia da Formação Pedra de Fogo – Permiano da Bacia do Maranhão. *In:* SBG, **Congresso Brasileiro de Geologia**, 21, Camburiú, Anais, 2:740-754. 1980.

FARIAS, M. D.; LADWIG, N. I.; MENEZES, C. T. B. Análise da paisagem na criação de Unidade de Conservação integral Zona Costeira Sul do estado de Santa Catarina. **Sociedade & Natureza**, v. 29, n. 2, p. 351–363, maio 2017. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v29n2-2017-12>. Acesso em: 10 mar. 2024.

FARINHA, M. J. U. S.; SILVA, L. F.; BERNADO, L. V. M. O estado da arte das Unidades de Conservação como instrumento de preservação da Biodiversidade Brasileira. **Revista Espacios**, v. 38, n. 7, 2017. Disponível em: revistaespacios.com/a17v38n07/17380716.html. Acessado em: 3 mai. 2024.

FERREIRA, B. L.; ARAUJO, S. R.; PONTI, M. A. Planos de manejo das unidades de conservação em pesquisas científicas: uma forma de aproximação sociedade-universidade. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.7, p.497-510, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.007.0043>

GARCIA, L. M.; MOREIRA, J. C.; BURNS, R. Conceitos geográficos na gestão das Unidades de Conservação brasileiras. **GEOgraphia**, v. 20, n. 42, p. 53-62, 23, mai. 2018. DOI: <https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2018.v20i42.a13832>. Acesso em: 3 fev. 2024.

GELDMANN, J. *et al.* A global-level assessment of the effectiveness of protected areas at resisting anthropogenic pressures. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 116, n. 46, p. 23209-23215, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1908221116>. Acessado em: 30 mar. 2024.

GÓES, A. M. **A Formação Poti (Carbonífero Superior) da Bacia do Parnaíba.** Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. 1995.

GÓES, A. M. O.; FEIJÓ, F. J. **Bacia do Parnaíba**. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 57-68, jan./mar. 1994.

Haidar, R. F.; Dias, R. R.; Pinto, J. R. R. **Mapeamento das Regiões Fitoecológicas e Inventário Florestal do Estado do Tocantins** - Inventário Florestal do Tocantins. Secretaria de Planejamento e da Modernização da Gestão Pública (Seplan). Departamento de Pesquisa e Zoneamento Ecológico-Econômico. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico (DZE). Projeto de Desenvolvimento Regional Sustentável. Escala 1:100.000. Seplan/DZE. vol. I. Palmas – TO. 2013

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach quantitative morphology to quantitative morphology. **Boletim of the Geological Society of America**. V. 56. P. 275-370. 1945.

Iannuzzi, R. *et al.* **Re-evaluation of the Permian macrofossils from the Parnaíba Basin: biostratigraphic, palaeoenvironmental and palaeogeographical implications**. Geological Society, Special Publications, SP472.14. London – UK. 2018.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE: ICMBIO. **Roteiro metodológico para elaboração e revisão de planos de manejo das unidades de conservação federais**. Orgs: Ana Rafaela D'Amico; Erica de Oliveira Coutinho e Luiz Felipe Pimenta de Moraes. Brasília: ICMBIO; 2018. Disponível em: https://www.ICMBIO.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/downloads/roteiro_metodologico_elaboracao_revisao_plano_manejo_ucsf.pdf. Acesso em: 2 jun. 2024.

INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Carta geotécnica de aptidão à urbanização de município de São Paulo, SP. São Paulo: IPT, 2024. 106 p. (IPT Publicação, 3059). Disponível em: <https://ipt.br/wp-content/uploads/2024/08/Carta-Geotecnica-de-Sao-Paulo.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2015.

LIMA, G.; BRITO, A. G. M; FARIAS, J. F. Um resgate a obra de Georges Bertrand: contribuições teóricas e metodológicas na análise da paisagem. **Revista Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade**, [S. l.], v. 3, n. 01, p. 03–20, 2021. DOI: 10.46551/rvg2675239520211320. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/verdegrande/article/view/3142>. Acesso em: 23 jun. 2024. DOI: 10.46551/rvg2675239520211320

LOPES, L. G. N. **Geossistema, Território e Paisagem**: o caso da reserva biológica de sooretama. 185 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Vitória–ES, 2011. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/3583>. Acesso em: 5 mai. 2024.

MACHADO, C. A. **Depósitos tecnogênicos**: gênese, morfologias e dinâmica. 1. ed. Araguaína, TO: Edição do Autor, 2010. E-book. 159 p. Disponível em: <http://observatorio-geografico.webnode.com>. Acesso em: 16 jan. 2026.

MACHADO, C. A.; GUEDES, L. S.; BOVALATO, L. E. Características Fisiográficas de Araguaína. In: SILVA, N. L.; CASTRO, J. G. D.; CASTILHO, M. W. V. (Orgs.). **Estudos multidisciplinares para a educação ambiental: o Tocantins em destaque**. Goiânia: Kelps, 2008, p.11 -30.

MAXIMIANO, L. A. Considerações sobre o conceito de paisagem. **RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise**, n. 8, p. 83-91, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v8i0.3391>. Acesso em: 21 mar. 2024.

MENDES, A. T.; JUNIOR, J. C. Z. Caracterização do Regime Pluviométrico do Município de Araguaína TO. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 4, 449-458, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786344056>. Acesso em: 25 nov. 2024.

MENG, Z. *et al.* Effectiveness in protected areas at resisting development pressures in China. **Applied Geography**. v. 141, n. 1, p. 1-14, abr. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2022.102682>. Acesso em: 5 abr. 2024.

MORAES, M. C. P.; MELLO, K.; TOPPA, R. H. Análise da paisagem de uma zona de amortecimento como subsídio para o planejamento e gestão de Unidades de Conservação. **Revista Árvore**, v. 39, n. 1, p. 1–8, jan. 2015. Acesso em: 5 mar. 2025.

MOTA, L. A. L. *et al.* Problemas ocasionados pelo elevado índice pluviométrico em Araguaína–TO. **Geoambiente On-line**. n. 9, p. 01–18 p., 2007. DOI:10.5216/rev.Geoambie.v0i9.25950. Disponível em: <https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/25950>. Acesso em: 2 maio. 2025.

NUNES, J. O. R. **Uma contribuição metodológica ao estudo da dinâmica da paisagem aplicada a escolha de áreas para a construção de aterro sanitário em Presidente Prudente-SP**. 212 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Presidente Prudente-SP, 2002. Disponível em: <http://acervodigital.unesp.br/handle/11449/101450>. Acesso em: 6 mar. 2024.

NUNES, J.O.R. *et al.* A influência dos métodos científicos na Geografia Física. **Revista Terra Livre**, v. 2, n. 27, p. 121–132, jul. 2006. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/terralivre/article/view/412>. Acesso em: 2 mai. 2024.

PANIZZA, A. C; FONSECA, F. P. **Técnicas de interpretação visual de imagens**. São Paulo, nº 30. GEOUSP. pp.30-43. 2011.

PLUMMER, F. B. **Bacia do Parnaíba**. Conselho Nacional de Petróleo. Rio de Janeiro, Cons. Nac. Pet., 1948. p.87-143. (Relatório de 1946).

REATTO, A. *et al.* **Análise da Informação Pedológica da Região de Araguaína e Palmeirante-TO para Fins de Zoneamento Agrícola**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 18 p. (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; 149).

ROBAINA, L. E. S. *et al.* Método e técnicas geográficas utilizadas na análise e zoneamento ambiental. **Revista Geografias**. v. 5, n. 2, p. 36-49, jan. 2009. DOI:

<https://doi.org/10.35699/2237-549X.13269>. Acesso em: 30 mai. 2024.

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R. Estudos e zoneamento geoambiental do município de São Francisco de Assis–Oeste do Rio Grande do Sul. GOT: **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 16, p. 323, 2019. DOI: 10.17127/got/2019.16.014. Acesso em dez. 2025.

RODRIGUES, V. A. *et al.* Análise morfométrica da microbacia do Ribeirão das Araras-SP. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 21, 2013. Disponível em: <https://faef.revista.inf.br/site/e/engenharia-florestal-21-edicao-12013.html#tab360>. Acesso em: 12 jun. 2025.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E.V.; CAVALCANTI, A.P.B. **Geocologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 6 ed. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2022. *E-book*. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/66152>. Acesso em: 19 mar. 2024.

ROMÃO, P. A. DIAS, R. R.; BORGES, R. S. T. **Projeto de Gestão Ambiental Integrada da Região do Bico do Papagaio**. Zoneamento Ecológico-Econômico: Araguaína. Geomorfologia da Folha SB.22-Z-D. Estado do Tocantins. Escala 1:250.000. Palmas: SEPLAN/DZE, 2002.

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. **Introdução ao Geoprocessamento: Sistemas de Informações Geográficas**. 4. ed. Uberlândia: EDUFU, 1996. 201 p.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, v. 8, p. 63–74, 1994. DOI: 10.7154/RDG.1994.0008.0006. Acesso em: 5 mai. 2024.

ROSS, J. L. S. Análises e sínteses na abordagem geográfica para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, v. 9, p. 65–75, 2011. DOI: 10.7154/RDG.1995.0009.0006. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rdg/article/view/53692>. Acesso em: 2 mai. 2024.

SANTANA, I. L. **Classificação do uso e cobertura da terra utilizando algoritmo de aprendizado de máquina no Google Earth Engine para o semiárido de Pernambuco**. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) - Departamento De Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife. 61p. 2021.

SANTANA, V. V.; SANTOS, P. R.; BARBOSA, M.V. Contribuições do plano de manejo e do conselho gestor em Unidades de Conservação. **Meio Ambiente**. v.02, n.02, p.018-029, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.66205/mabra.v2i2.39>>. Acesso em: 25 de jan. 2025.

SANTOS, N. R. Z., KIRCHNER, R. M., FLEI, A. P. Avaliação da percepção da comunidade em relação às paisagens de uma unidade de conservação. **Ciência e Natura**, v. 31, n. 2, p. 107-120, 2009. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467546321007>. Acesso em: 5 fev. 2024.

SANTOS, E. T.; MERCANTE, M. A. Elaboração do Plano de Manejo do Parque Estadual Matas do Segredo, Campo Grande-MS: Contribuições Geográficas. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 6, p. 921–932, jun. 2012. Disponível em: <<https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1998/18723>>. Acesso em: 29 Jul. 2025.

SCHIRMER, G. J. **Zoneamento Geoambiental da Quarta Colônia – Rio Grande do Sul**. 2015. 253 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Santa Maria, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/3941/SCHIRMER%2C%20GERSON%20JONAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: set. 2024.

SILVA, A. C. C. *et al.* Aspectos de ecologia de paisagem e ameaças à biodiversidade em uma unidade de conservação na Caatinga, em Sergipe. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 479-490, maio/jun. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000300011>. Acesso em: 16 mai. 2024.

SILVA, E. Araguaína-TO sob a tríade: território, cidade e rede no Brasil: elementos para a gestão urbana. *In*: SUZUKI, J. C.; BRITO, E. P.; ANTERO, R.; SILVA, I. C. (Org.). **Geografias tocantinenses e outras leituras**. São Paulo: FFLCH/USP, 2019. p. 42-58.

SILVA, E. R.; GUEDES, L. S. O comportamento climático de Araguaína – TO por meio de dados de pluviometria e temperatura na série temporal de 1985 a 2018. *In*: BRITO *et al.* (ORG.). **Estudos sobre ambientes e paisagens**. Belém: RFB, vol. 2. 2023. P. 139-181.

SILVA, M. R. **Distribuição do babaçu e sua relação com os fatores geoambientais na bacia do Rio Cocal, estado do Tocantins**. 2008. 91 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SHAW, D. J. B.; Oldfield, J. Landscape science: a Russian geographical tradition. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 97, n. 1, p. 111-126. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhg.2015.04.015>. Acesso em: 4 fev. 2024.

SOARES, J. P. R.; AQUINO, C. M. S. Análise sistêmica: contribuição teórico metodológica e aplicações no estado do Piauí. **Revista ACTA Geográfica**. v.6, n.13, p. 239-255, set. 2012. DOI: <https://doi.org/10.5654/acta.v6i13.829>. Acesso em: 24 fev. 2024.

SOUSA, B. P.; FILHA, M. A. S.; PEREIRA, J. S. Levantamento e quantificação das áreas de preservação permanentes na Área de Proteção Ambiental (APA) das Nascentes de Araguaína a partir de dados de radar interferométrico. **Rev. Tocantinense de Geografia**, v. 3, n. 1, p. 35-47, jan. 2014. DOI: <https://doi.org/10.20873/rtg.v3n4p35-47>. Acesso em: 2 fev. 2024.

SPISSILA, A. L. **Análise estrutural do intervalo permiano-jurássico da bacia do Parnaíba, região de Araguaína (TO)**. Orientador: Eduardo Salamuni. 2011. 115 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

Strahler, A. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology, **Transactions American Geophysical Union**. Vol. 38. 913– 920.

SUERTEGARAY, D. M. A.; NUNES, J. O. R. A Natureza da Geografia Física na Geografia. **Revista Terra Livre**, v. 2, n. 17, p. 11-24, 2001. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/terralivre/article/view/337>. Acesso em: 21 fev. 2024.

TAVARES, T. M. V. **Estudo de marattiales da “Floresta Petrificada do Tocantins Setentrional” (Permiano, Bacia do Paraná)**. Tese (doutorado). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro – SP. 2012.

TAMBOSI, L. R. **Análise da paisagem no entorno de três unidades de conservação**: subsídio para a criação de zona de amortecimento. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, São Paulo-SP, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.41.2008.tde-18072008-163630>. Acesso em: 11 jan. 2024.

TAPIA-ARMIJOS, M. F.; HOMEIER, J., MUNT, D. D. Spatio-temporal analysis of the human footprint in South Ecuador: Influence of human pressure on ecosystems and effectiveness of protected areas, **Applied Geography**, v. 78, n. 1, p. 22-32, jan. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.10.007>. Acesso em: 23 mar. 2024.

TOCANTINS. **Lei Estadual nº 1.558, de 31 de março de 2005**. Altera o art. 1º da Lei 907, de 20 de maio de 1997, modifica a denominação e a composição dos conselhos das unidades de conservação, e adota outras providências. Palmas: Governo do Estado, 2005a. Disponível em: <https://www.al.to.leg.br/arquivos/7804.pdf>. Acesso em: 5 mai. 2024.

TOCANTINS. **Lei Estadual nº 1.560, 5 de abril de 2005**. - Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza - SEUC, e adota outras providências. Palmas: Governo do Estado, 2005b. Disponível em: <https://www.al.to.leg.br/arquivos/7806.pdf>. Acesso em: 5 mai. 2024.

TRENTIN, R. **Mapeamento geomorfológico e caracterização geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Itu – Oeste do Rio Grande do Sul – Brasil**. 2011. 215 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Curitiba, 2011. 215 f. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/25977>. Acesso em: 1 out. 2024.

TRENTIN, R; ROBAINA, L. E. S. Metodologia para Mapeamento Geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul. *In*: XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. 2005. Anais. USP. São Paulo, p.3606-3615. Acesso em: agosto. 2024.

Projeto MapBiomass – **Coleção Beta de Mapas Anuais de Cobertura e Uso da Terra**

do Brasil com 10 metros de resolução espacial. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/mapbiomas-cobertura-10m>. Acesso em: 6 mai. 2024.

Vaz, P. T. *et al.* 2007. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**. Rio de Janeiro - RJ. 15: 253-263.

VERBURG, *et al.* Analysis of the effects of land use change on protected areas in the Philippines, **Applied Geography**, v. 26, n. 2, p. 153-173, abri. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2005.11.005>. Acesso em: 28 fev. 2024.

VILLELA, S. M.; MATTOS. **Hidrologia aplicada**. McGraw-Hill. 1975. 214 p.

XAVIER, E. C. **A efetividade das unidades de conservação na sustentabilidade da paisagem**. 57 f. Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) -Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, Maringá, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1834/10259>. Acesso em: 6 mai. 2024.

ZEDES, T. L.; HERMUCHE, P. M. Análise da Paisagem como Subsídio à Criação de Unidade de Conservação no Distrito Federal, Brasil. **Espaço Aberto**, v. 12, n. 2, p. 289-311, 2022. DOI: [dx.doi.org/10.36403/espacoaberto.2022.54500](https://doi.org/10.36403/espacoaberto.2022.54500). Acesso em: 19 mar. 2024.



Av. Paraguai, s/nº, Esquina com a Rua Uxiramas -
 77824-838 / Prédio do BALA II / Araguaína -
 Tocantins /ppgeo@ufnt.edu.br

DECLARAÇÃO DE AUTORIA E RESPONSABILIDADE QUANTO AO USO DE FERRAMENTAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

1. IDENTIFICAÇÃO DO(A) DISCENTE

Nome completo: **Benilson Pereira de Sousa**

Número de matrícula: **2024130536**

Título da dissertação: **Diagnóstico Geoambiental como subsídio ao Plano de Manejo da Área Estadual de Proteção Ambiental das Nascentes de Araguaína (APANA), norte do Tocantins**

Nome do(a) orientador(a): **Carlos Augusto Machado**

2. DECLARAÇÃO DE AUTORIA

Declaro, para os devidos fins, que a dissertação acima identificada é obra original, inédita e de minha autoria exclusiva, não contendo plágio ou autoplágio. Assumo integral responsabilidade por eventuais problemas éticos, acadêmicos ou legais decorrentes do uso de Inteligência Artificial (IA), ainda que não declarados neste formulário.

3. DECLARAÇÃO DE USO DE FERRAMENTAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA)

Item	Sim	Não	Especificação (qual IA, como e em que etapa)
Usei IA para buscar ou organizar referências bibliográficas		X	
Usei IA para transcrever ou tratar dados/entrevistas		X	
Usei IA para gerar, sugerir ou modificar mapas/figuras/gráficos		X	
Usei IA para traduzir trechos (inclusive abstract)		X	
Usei IA para escrever, parafrasear ou reescrever conteúdo original		X	
Usei IA para revisar gramática, estilo ou coesão		X	
Usei IA para formatar ou normalizar referências		X	

Observação: Caso alguma resposta seja "Sim", INSERIR na metodologia e ao final da dissertação um Apêndice Técnico descrevendo as ferramentas, versões, prompts utilizados e trechos impactados.

Araguaína – TO, 13 de junho de 2026

Assinatura do(a) discente