



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
FACULDADE DE GEOGRAFIA E CARTOGRAFIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAUA OLIVEIRA LIMA
KLEBERSON SILVA MONTEIRO

**Análise Multitemporal de Transformações da Paisagem Costeira na Ilha de Fora, Resex
Marinha Mãe Grande de Curuçá, entre 1986 e 2024, Município de Curuçá, Pará, Brasil**

BELÉM, PA

2026

CAUA OLIVEIRA LIMA
KLEBERSON SILVA MONTEIRO

**Análise Multitemporal de Transformações da Paisagem Costeira na Ilha de Fora, Resex
Marinha Mãe Grande de Curuçá, entre 1986 e 2024, Município de Curuçá, Pará, Brasil**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à
Faculdade de Geografia e Cartografia, da
Universidade Federal do Pará, como requisito
para obtenção do título de Licenciado em
Geografia.

Orientador(a): Dra. Rita Denize de Oliveira

BELÉM, PA

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- L732a Lima, Caua Oliveira; Monteiro, Kleberson Silva.
 Análise Multitemporal de Transformações da Paisagem
 Costeira na Ilha de Fora, Resex Marinha Mãe Grande de Curuçá,
 entre 1986 e 2024, Município de Curuçá, Pará, Brasil / Caua
 Oliveira; Monteiro, Kleberson Silva Lima. — 2026.
 70 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof^a. Dra. Rita Denize de Oliveira
 Trabalho de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará,
 Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Faculdade de Geografia
 e Cartografia, Belém, 2026.

1. Mutucal. 2. Piçarreiras. 3. Vegetação. I. Título.

CDD 910.02

CAUA OLIVEIRA LIMA
KLEBERSON SILVA MONTEIRO

**Análise Multitemporal de Transformações da Paisagem Costeira na Ilha de Fora, Resex
Marinha Mãe Grande de Curuçá, entre 1986 e 2024, Município de Curuçá, Pará, Brasil**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à
Faculdade de Geografia e Cartografia, da
Universidade Federal do Pará, como requisito
para obtenção do título de Licenciado em
Geografia.

Orientador(a): Rita Denize de Oliveira

Data de aprovação: 26/02/26

Conceito: Excelente

Banca Examinadora:

Examinadora (Orientadora)

Dra. Rita Denize de Oliveira
Universidade Federal do Pará

Examinadora (Externa)

Dra. Cristina do Socorro Fernandes de Senna
Museu Paraense Emílio Goeldi

Examinadora (Interna)

Dra. Luziane Mesquita da Luz
Universidade Federal do Pará

*Dedico este trabalho aos nossos pais que
deram todo o suporte e apoio*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e ao Arcanjo Miguel, que me deram força e perseverança para enfrentar as adversidades que a vida colocou em meu caminho.

À minha avó, Ivanilda de Oliveira Monteiro, mulher basilar para a nossa família, que me ensinou o que é ternura, cuidado e afeto.

À minha mãe, Lourisangela Cordeiro da Silva, que me ensinou o que é resiliência, coragem e força.

Ao meu pai, Kleber de Oliveira Monteiro, que me ensinou o que é dedicação, persistência e devoção.

Aos meus diversos familiares, que sempre me apoiaram nesta jornada.

À minha companheira, Marana Natane de Jesus Magalhães, que esteve ao meu lado nos momentos especiais e nos difíceis, sempre demonstrando companheirismo, carinho, compreensão e me dando todo o apoio do mundo.

Aos meus colegas de graduação, que estiveram ao meu lado nas intempéries que a vida acadêmica exigiu. Gratidão total a Erik Mendonça, Odilon Kewym Santos, Gabriela Piqueira Silva, Ewerton, Marília, Mairla e Cauã Lima.

Aos meus amigos de curso e da vida, que sempre demonstraram lealdade e amenizaram as dificuldades da vida com sua descontração, alegria e parceria: Túlio Araújo Monteiro, Kaue Cadete, Kedson Rodrigo Palheta, Renan Gouvêa, Rodrigo Reis, Erick Dias e Matheus Duarte.

Aos professores que foram fundamentais para a minha jornada e formação técnica e crítica, e que iluminaram minha capacidade de análise geográfica: Rita Denize, Cristina Senna, Giovane Mota e Cincinato.

Ao Evamilson e a toda a comunidade da Ilha de Fora, que foram essenciais no acolhimento e na orientação para a produção deste trabalho.

Ao Museu Paraense Emílio Goeldi e à Universidade Federal do Pará, por proporcionarem as bases e o suporte para a minha trajetória acadêmica.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Pará, pela oportunidade de realizar um sonho desde a adolescência: tornar-me docente de Geografia, e do sonho adulto de ser pesquisador com ênfase nos estudos costeiros.

A José Leonel Oliveira, *in memoriam*, pela dedicação como pai, avô e amigo durante os últimos 22 anos, sendo consolo e apoio ao longo da minha trajetória de vida e jornada acadêmica, preenchendo lacunas e orientando-me na vida.

À Ruthsiane das Chagas Oliveira, progenitora e minha primeira educadora, fundamental em minha vida, representando um símbolo matrimonial de luta, sabedoria e força, juntamente aos meus irmãos Caio Gimenes, Kayke de Sá, Yanara Gimenes e Yohanna Gimenes.

À Prof.^a Dra. Cristina Senna, do Museu Paraense Emílio Goeldi, pela participação essencial em minha trajetória acadêmica, no incentivo e valorização profissional como pesquisador costeiro.

À orientadora Rita Denize de Oliveira, por ser a gênese da minha trajetória acadêmica, por acreditar na ciência e pela orientação em artigos científicos e na minha formação acadêmica desde a disciplina de Introdução à Ecologia até a de Hidrografia, ao longo de quatro períodos, contribuindo significativamente para minha formação acadêmica e pessoal.

Aos extrativistas Antônio Lima, Evamilson Coelho e José Santos, da Resex Mãe Grande de Curuçá, que transpiram a força da natureza por meio dos saberes e etnoconhecimentos sobre a Amazônia costeira, preservando os ambientes costeiros por meio da coleta e pesca de recursos marinhos.

Ao meu companheiro Robert de Oliveira, meu maior presente, pela paciência e por contribuir para transformar meus dias melhores no último ano de curso — que, brevemente, se tornará um geógrafo humanista.

Aos amigos que permaneceram ao longo dos últimos quatro anos de graduação: Aline Cordeiro, Anderson Silva, Erik Mendonça, Gabi Piqueira, João Carlisson, Kleberson Monteiro, Luiz White, Mairla Cristiane, Marília Gabriela, Odilon Kewym, Rodrigo Sonzin, que contribuíram e sobreviveram comigo às dificuldades e barreiras acadêmicas.

Ao Museu Paraense Emílio Goeldi-MPEG, que me ofereceu a oportunidade de pesquisar a dinâmica costeira do município de Quatipuru-PA em relação aos sambaquis costeiros, por meio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica-PIBIC.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, pelo financiamento institucional de bolsas de Iniciação Científica no período de 2022 a 2026.

As tantas rosas que os poderosos matem nunca conseguirão deter a primavera.

“Che Guevara”

RESUMO

A paisagem costeira da ilha de Mutucal é formada por terrenos do Planalto Rebaixado da Amazônia e a Planície Costeira, dominada por sedimentos lamosos holocênicos, na qual se insere a Reserva Extrativista Mãe Grande de Curuçá, Curuçá, Pará com manguezais, que dominam a paisagem costeira, além de florestas alteradas, capoeiras de diferentes idades, restingas e campos herbáceos salinos. O objetivo da pesquisa é analisar de forma multitemporal a transformação da paisagem costeira da Ilha de Fora, entre 1986 e 2024, com ênfase nos processos erosivos e de sedimentação, juntamente com as alterações da cobertura vegetal. A metodologia fundamentou-se nos princípios da Ecologia da Paisagem, analisando a estrutura, funcionalidade e dinâmica dos sistemas ambientais sob a óptica das interações entre elementos naturais e as intervenções antrópicas. Para tanto, realizou-se a aquisição de dados espectrais via plataforma *United States Geological Survey-USGS* e o levantamento da dinâmica de uso e cobertura do solo através da série histórica do Projeto MapBiomas (Coleção 10). O vigor vegetativo foi monitorado pelo Índice de Vegetação por Diferença Normalizada-NDVI, processado a partir da razão entre as bandas do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho visível (Red). Complementarmente, foram gerados Modelos Digitais de Elevação-MDE para a extração da rede de drenagem e análise de altimetria da ilha. A precisão das análises orbitais foi assegurada por meio de validação em campo, onde a coleta de pontos de controle (Ground Truth) permitiu correlacionar as respostas espectrais com as evidências fáticas de degradação e regeneração observadas *in loco*. Os resultados mostram produtos cartográficos gerados pela pesquisa, evidenciando os impactos das piçarreiras em séries temporais em pontos de nascentes e drenagem. Há a alteração da regeneração e degradação dos aspectos vegetacionais em áreas majoritariamente de terra firme da ilha e em contraste a isto a importância do crescimento da vegetação de mangue após a criação da Resex Marinha Mãe Grande de Curuçá, em 2002.

Palavras-chave: Mutucal; Piçarreira; Vegetação.

ABSTRACT

The coastal landscape of Mutucal Island is composed of terrains from the Amazonian Coastal Plateau and the Coastal Plain, dominated by Holocene muddy sediments, within the Mãe Grande de Curuçá Marine Extractive Reserve (RESEX) in Pará, Brazil. The area is characterized by predominant mangroves, as well as disturbed forests, secondary successional vegetation (capoeiras) of varying ages, restingas, and saline herbaceous fields. This research aims to perform a multitemporal analysis of the coastal landscape transformations on Ilha de Fora between 1986 and 2024, emphasizing erosional and sedimentation processes alongside changes in vegetation cover. The methodology was based on Landscape Ecology principles, analyzing the structure, functionality, and dynamics of environmental systems through the interaction between natural elements and anthropogenic interventions. To this end, spectral data were acquired via the United States Geological Survey (USGS) platform, and land use and land cover dynamics were assessed using the MapBiomas Project historical series (Collection 10). Vegetative vigor was monitored through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), processed using the ratio between near-infrared (NIR) and visible red bands. Additionally, Digital Elevation Models (DEM) were generated for drainage network extraction and altimetric analysis. The accuracy of orbital analyses was ensured through field validation, where the collection of control points (Ground Truth) allowed for the correlation of spectral responses with factual evidence of degradation and regeneration observed in situ. The results, presented through cartographic products, evidence the impacts of laterite extraction pits (piçarreiras) over time on springs and drainage points. There is a noticeable alteration in regeneration and degradation of vegetation aspects, primarily in the island's upland areas (terra firme), contrasting with the significant growth of mangrove vegetation following the creation of the Marine RESEX in 2002.

Keywords: Mutucal; Lateritic quarry; Vegetation.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 - Mapa de Localização e Localidades da Ilha de Fora (Mutucal).....	21
Figura 2 - Espécie arbórea não identificada de grande porte em mata alterada, na comunidade de Pindobal.....	24
Figura 3 - Campos herbáceos inundáveis da comunidade de Pedras Grandes, em Curuçá-PA.	25
Figura 4 - Campos salinos sem cobertura vegetal com o solo exposto e maior teor de areia na superfície.....	26
Figura 5 - Floresta de mangue no furo da comunidade de Iririteua da Ilha de Fora, Curuçá-PA.....	27
Figura 6 - Vegetação típica de restinga em predomínio de arbustos e gramíneas na comunidade de Pindobal.....	28
Figura 7 - Evolução espaço-temporal da cobertura vegetal e do uso do solo na Ilha de Fora na Reserva Extrativista Mãe Grande de Curuçá-PA, entre 1986 e 2024.....	40
Figura 8 - Série temporal do NDVI para a Ilha do Mutucal (1986–2024).....	45
Figura 9 - Modelo Digital de Elevação (MDE) da Ilha de Fora/Ilha do Mutucal, inserida na Reserva Extrativista Mãe Grande de Curuçá, evidenciando a variação altimétrica entre -0,52 m e 40,12 m, com gradiente decrescente no sentido sudeste–noroeste.....	49
Figura 10 - Rede de drenagem da Ilha de Fora, destacando o padrão predominantemente dendrítico e a influência dos canais de maré na compartimentação hidrogeomorfológica da área de estudo.....	50
Figura 11 - Paisagem das nascentes igarapé Bianor localizado na comunidade de Mutucal	51
Figura 12 - Paisagem do igarapé Bianor localizado na comunidade de Mutucal.....	52
Figura 13 - Mapa de localização com os pontos visitados na ilha de Fora, Curuçá-PA.....	53
Figura 14 - Paisagem de um terreno após o corte-queima de vegetação para introdução da roça.....	54
Figura 15 - Paisagem do rio Mutucal com a maré baixa com os bosques de mangue ao fundo	55
Figura 16 - Inúmeros moirões ao longo de um terraço erosivo na comunidade de Mutucal.....	56
Figura 17 - Ponto de embarque dos moirões para construção de currais, próximo ao trapiche do rio Mutucal.....	57

- Figura 18** - Unidade de paisagem caracterizada por roça de subsistência (*Manihot esculenta*) em área de interflúvio. Observa-se a quebra do ciclo sucessional da floresta secundária e o predomínio de vegetação arbustiva com altura inferior a 3 metros, evidenciando o uso intensivo do solo sem o período de pousio adequado.....58
- Figura 19** - Registro de igarapé de primeira ordem em Algodualzinho com fluxo hídrico suprimido pela deposição de sedimentos lateríticos (piçarra). O aporte de material oriundo da estrada adjacente modifica a morfologia fluvial e resulta no soterramento da vegetação ciliar e de nascentes, evidenciando o impacto da infraestrutura sobre a rede de drenagem da Ilha de Fora.....59
- Figura 20** - Localização das principais piçarreiras da ilha de Fora, em três comunidades: A. Pindobal, B. Iririteua e C. Algodualzinho.....61
- Figura 21** - Paisagem de um leito assoreado, na estrada de acesso a comunidade de Mutucal.....62
- Figura 22** - Área de extração de areia próximas às nascentes do igarapé Bianor, que estão sendo assoreadas devido a deposição de sedimentos advindos da estrada de Mutucal.....64
- Figura 23** - A piçarreira de Iririteua, destacando: a) ao fundo a vegetação capoeira baixa; b) perfil de solo da piçarreira.....65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela construída por Ayres (1993) de comparação das principais características físicas e químicas dos três principais tipos de rios da Amazônia.....	31
Tabela 2 - Quantificação das classes de uso e cobertura do solo na Ilha de Fora (RESEX Mãe Grande de Curuçá–PA) para os anos de 1986, 2001, 2016 e 2024, em hectares e percentual relativo à área total, com base na Coleção 9 do MapBiomias.....	41
Tabela 3 - Estatísticas descritivas do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para a Ilha do Mutucal (Ilha de Fora), Curuçá/PA, nos anos de 1986, 2001, 2016 e 2024.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS

A. P.	Antes do Presente
<i>Apud.</i>	Citado por
<i>Et al.</i>	E outros
g	Grama
L.	Linnaeus
MTH	Máximo Transgressivo Holocênico

LISTA DE SIGLAS

ALOS PALSAR: *Advanced Land Observing Satellite - Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar* (Satélite de Observação Terrestre Avançado).

ANA: Agência Nacional de Águas.

APP: Área de Preservação Permanente.

ETM+: *Enhanced Thematic Mapper Plus* (sensor do satélite Landsat 7).

GPD: Grande Projeto de Desenvolvimento.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

ICMBio: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.

INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

LI: Linhas de Instabilidade.

MDE: Modelo Digital de Elevação.

NDVI: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index*).

NIR: Infravermelho Próximo (*Near Infrared*).

OLI: *Operational Land Imager* (sensor do satélite Landsat 8).

OLI-2: *Operational Land Imager 2* (sensor do satélite Landsat 9).

pH: potencial hidrogeniônico

PMA: Precipitação Média Anual.

RESEX: Reserva Extrativista.

SIG: Sistema de Informação Geográfica.

SIRGAS 2000: Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas.

SR: Sensoriamento Remoto.

SRTM: *Shuttle Radar Topography Mission*.

SWIR: Infravermelho de Ondas Curtas (*Shortwave Infrared*).

TM: *Thematic Mapper* (sensor do satélite Landsat 5).

UFPA: Universidade Federal do Pará.

USGS: *United States Geological Survey* (Serviço Geológico dos Estados Unidos).

UTM: *Universal Transversa de Mercator* (sistema de projeção).

ZCPA: Zona Costeira do Pará.

ZCIT: Zona de Convergência Intertropical.

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Percentual
mm	milímetro
ha	hectare
m	metro
km	quilômetro
km ²	quilômetro quadrado
°C	grau Celsius
μm	micrometro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2. OBJETIVO	19
2.1 OBJETIVO GERAL	19
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3. ÁREA DE ESTUDO	20
3.1 CLIMA	
3.2 VEGETAÇÃO	
3.3 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	
3.4 HIDROGRAFIA	
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	32
5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	34
5.1. AQUISIÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS	
5.2. PRÉ-PROCESSAMENTO DAS IMAGENS	
5.3. ANÁLISE MULTITEMPORAL DA PAISAGEM	
5.4. ANÁLISE DO NDVI E CÁLCULO DAS ÁREAS IMPACTADAS	
5.5. EXTRAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM E IDENTIFICAÇÃO DE NASCENTES	
5.6. INTEGRAÇÃO DOS PRODUTOS E ANÁLISE DA PAISAGEM	
5.7. VALIDAÇÃO EM CAMPO	
6. RESULTADO E DISCUSSÃO	38
6.1. CONTEXTUALIZAÇÃO TERRITORIAL DA RESEX	
6.2. DINÂMICA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO (1986–2024)	
6.3. DINÂMICA DA COBERTURA VEGETAL (NDVI)	
6.4. CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E HIDROGRÁFICA	
6.4. INTEGRAÇÃO ENTRE PRESSÃO ANTRÓPICA E RESPOSTA DA PAISAGEM	
7. CONCLUSÃO	65
8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	67

1. INTRODUÇÃO

O município de Curuçá-PA está localizado no setor Flúvio-Marítimo da Zona Costeira do Pará-ZCPA (Pará, 2020), domínio da Planície Costeira do Nordeste Paraense, assentado sobre o Planalto Costeiro, representado pelos Tabuleiros Mio-Pliocênicos da Plataforma Bragantina, sofrendo erosão diante da dinâmica ação antrópica na região, com a substituição de paisagens nativas de floresta por capoeiras de diferentes idades de formação (BRASIL, 2018). As planícies fluviomarinhas holocênicas dominadas por manguezais extensos e exuberantes integram a Resex Marinha Mãe Grande de Curuçá, criada em 13 de dezembro de 2002 (BRASIL, 2002; 2025).

A Resex Marinha Mãe Grande de Curuçá é integrada pela Planície Costeira de Curuçá-PA, onde as florestas de manguezal dominam a paisagem local, fazendo limite com o Planalto Costeiro. O Planalto Costeiro está relacionado a mais alta elevação topográfica em relação à planície costeira, integrado por vegetação densa e espécies arbóreas e arbustivas desenvolvidas em solos com ausência de salinidade, umidade favorável e com certa fertilidade, se comparados aos solos halomórficos, onde crescem os manguezais.

A ilha do Mutucal, conhecida popularmente como Ilha de Fora é um polo da Resex Marinha Mãe Grande de Curuçá, abrangendo boa parte das comunidades costeiras do município, destacando-se Mutucal, Iririteua, Pedras Grandes, Pindobal, Arapiranga e Algodoalzinho, todas assentadas no Planalto Costeiro, em transição com as paisagens holocênicas, onde predominam os manguezais em substratos lamosos, juntamente com os campos salinos e as restingas costeiras em substrato arenoso.

A ilha de Fora também possui planícies fluviais, onde estão localizadas várias nascentes, cuja cobertura vegetal é dominada por espécies de palmeiras como o buritizeiro *Mauritia flexuosa* L.f., o açaí, *Euterpe oleacea* Mart., a bacaba, *Oenocarpus distichus* Mart., ocorrendo em solos com alta umidade e dominância de sedimentos orgânicos. Outras espécies de palmeiras são também encontradas em matas de terra firme, como o tucumanzeiro *Astrocaryum aculeatum* G. e o inajá *Attalea maripa* Mart. Nesse contexto, a pesquisa proposta neste escopo, possui caráter exploratório-quantitativo-qualitativo, buscando identificar e analisar possíveis modificações na paisagem da Ilha de Fora, com ênfase nas alterações da cobertura vegetal.

Há uma preocupação crescente das lideranças comunitárias do polo Ilha de Fora sobre a dinâmica ambiental e como esta afeta a cobertura vegetal do Planalto Costeiro, sendo a promotora de consequentes modificações nos manguezais da Unidade de Conservação Resex Marinha Mãe Grande de Curuçá.

Dessa forma, parte-se da hipótese de que a dinâmica antrópica recente tem promovido mudanças detectáveis nos padrões de vegetação, especialmente nas áreas do planalto costeiro, onde se concentram comunidades e atividades produtivas. A análise proposta baseia-se na geração do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada-NDVI como ferramenta de monitoramento ambiental, a partir de uma abordagem multitemporal, utilizando-se as imagens dos satélites Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM Plus, Landsat 8 OLI, datadas de 1986, 2001, 2016 e 2024. A seleção dessas datas buscou contemplar intervalos temporais amplos, permitindo a identificação de mudanças de médio e longo prazo. Ressalta-se, entretanto, que a escolha das datas esteve condicionada à disponibilidade de imagens com baixa cobertura de nuvens, fator limitante recorrente em regiões costeiras amazônicas.

A análise comparativa das séries históricas de NDVI possibilita identificar variações na densidade e vigor da vegetação, contribuindo para a compreensão das transformações socioambientais ocorridas na ilha ao longo de quase quatro décadas. Dessa forma, o estudo integra fundamentos da geologia e da geomorfologia costeira, ecologia da paisagem e do geoprocessamento/sensoriamento remoto, oferecendo subsídios para a gestão territorial e ambiental do polo Ilha de Fora, podendo ser replicada no âmbito da Resex Marinha Mãe Grande de Curuçá/PA.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar, em perspectiva multitemporal, as transformações da paisagem costeira da Ilha de Fora, na Reserva Extrativista Mãe Grande de Curuçá (PA), a partir da série temporal construída entre 1986 a 2024 com ênfase nos processos erosivos e de acreção sedimentar, nas alterações da cobertura vegetal e nos impactos e alterações ambientais associados às intervenções antrópicas e naturais, por meio de técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e validação em campo.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar os impactos do uso e cobertura da terra a partir de base de dados espectrais de resolução 30x30 da coleção 10 do projeto MapBiomass (2026) a fim de produzir mapas temáticos atualizados;
- Calcular e analisar o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) em diferentes períodos, visando identificar padrões de degradação e/ou regeneração da cobertura vegetal;

- Mapear e caracterizar a rede de drenagem superficial da Ilha de Fora, identificando nascentes (olhos d'água) e avaliando seu estado de conservação;
- Caracterizar os impactos da intervenção antrópica, observando a relação entre estas e os processos hidrológicos de erosão e/ou acreção observados na Ilha de Fora;
- Comparar as mudanças na paisagem costeira obtidas a partir das séries temporais correlacionando a expansão de áreas antropizadas com a supressão da cobertura vegetal.

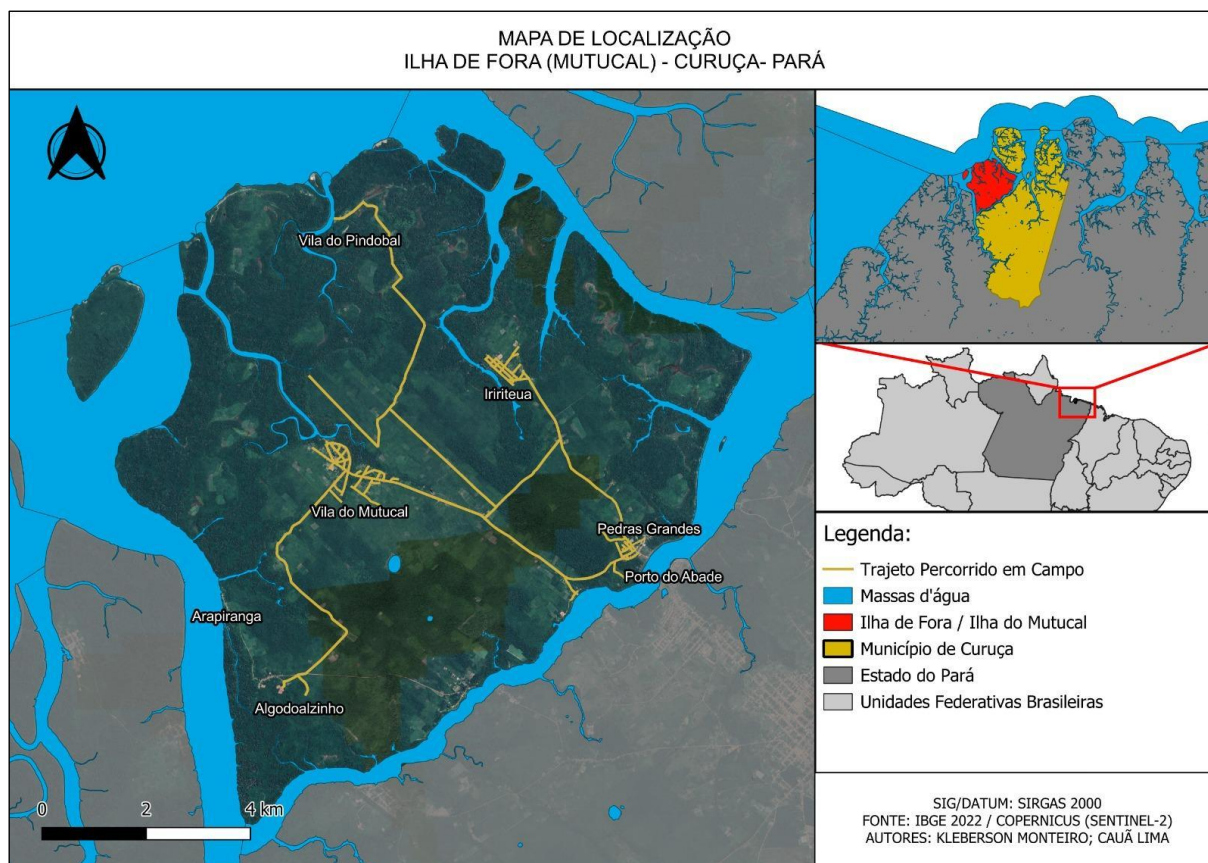
3. Área de Estudo

A área de estudo compreende a Ilha de Fora, inserida na Reserva Extrativista Mãe Grande do Rio no município de Curuçá, localizada no litoral nordeste do estado do Pará, Brasil. A região apresenta ambientes costeiros característicos da Amazônia, como as unidades de paisagem de manguezais, campos salinos, restingas e matas de terra firme assentadas no Planalto Costeiro em direção às planícies de maré, canais de maré e sistemas de drenagem de pequena ordem que são utilizadas por comunidades tradicionais pesqueiras.

A Ilha de Fora desempenha papel fundamental na dinâmica socioambiental da RESEX, sendo utilizada para atividades de circulação de mercadorias, extrativismo e manutenção de vias não pavimentadas, o que tem provocado alterações na paisagem natural, especialmente sobre a estrutura hidrográfica superficial e áreas de nascentes.

A construção da estrada que liga a comunidade de Pedras Grandes a Iririteua, e a estrada que liga Iririteua a comunidade de Mutucal, ocasionou problemas ambientais afetando principalmente florestas de bacuri, de mangue e o aterramento de canais fluviais e de maré. A matriz fisiográfica de Curuçá-PA é formada por paisagens dominadas pela planície costeira cuja cobertura vegetal por manguezais são bastante expressivas, campos salinos, restingas, e o Planalto Costeiro representado por florestas alteradas, capoeiras de diferentes idades e lagos, submetidos a processos erosivos naturais e antrópicos, intensificados com as mudanças climáticas.

Figura 1. Mapa de Localização e Localidades Ilha de Fora (Mutucal)



Fonte: Os autores (2026).

A Ilha de Fora desempenha papel fundamental na dinâmica socioambiental da RESEX, sendo utilizada para atividades de circulação de mercadorias, extrativismo e manutenção de vias não pavimentadas, o que tem provocado alterações na paisagem natural, especialmente sobre a estrutura hidrográfica superficial e áreas de nascentes, importantes na conservação de manguezais da planície costeira lamosa.

A construção da estrada que liga a comunidade de Pedras Grandes até Iririteua, e a estrada que liga Iririteua à comunidade de Mutucal, ocasionou problemas ambientais afetando principalmente florestas de bacuri, os manguezais, a partir do aterramento de canais fluviais juntamente com canais de maré. A matriz fisiográfica de Curuçá-PA é formada por paisagens dominadas por manguezais que ocupam a planície costeira lamosa, secundados por campos salinos, restingas arenosas. O Planalto Costeiro é representado por florestas alteradas, capoeiras de diferentes idades e lagos, submetidos a processos erosivos naturais e antrópicos, intensificados com as mudanças climáticas vigentes.

Na comunidade de Iririteua, há campos salinos com maior composição de silte e argila com forte precipitação de sal, impedindo a vegetação de se estabelecer na superfície (Fig. 4; p. 26).

Desde então, outras unidades de paisagem obtiveram um crescimento em relação a diminuição da cobertura vegetação, com o aumento da área urbana do município sobre os subambientes coloca em risco à vida dos ambientes marinhos, juntamente com o declínio da cadeia alimentar de espécies que dependem dos subambientes como habitats, atingindo-se à economia voltada ao extrativismo.

Os processos erosivos aumentaram significativamente em paisagens fluviomarinhas, sendo observadas na comunidade do Abade, próximo da sede-municipal, e na comunidade das Pedras Grandes, no arquipélago de Curuçá, a partir da construção de orlas e rampas. A construção de residências, orlas, rampas impedem de forma natural o depósito e sedimentação entre o binômio de restingas e manguezais em evolução.

A paisagem do trapiche da comunidade de Pindobal é definida por uma vegetação rasteira arbustiva, transportada pelos ventos, com cordões arenosos que representam antigas formação de praia. A morfologia agrega corredores de água que se formam com o funcionamento sistêmico dos ventos vindo do Atlântico, compondo a sua morfologia com a presença de canais de maré.

O trapiche da comunidade do Mutucal, onde ocorre o desembarque de pescado da Ilha de Fora, em Curuçá-PA, foi construído sobre uma planície lamosa com vegetação arbórea típica de manguezal, como a *Rhizophora mangle L*, que ocorre nas proximidades de grandes furos e canais na zona costeira paraense, em terrenos mais baixos, topograficamente.

3.1. Clima

A climatologia é fundamental para entender a inserção da fisiografia da paisagem, o padrão de vida das populações e a forma de adaptação dos seres vivos. As mudanças climáticas estiveram presentes anteriormente à chegada humana no Salgado Paraense, por isto, houve modelagem de paisagens, adaptações de espécies vegetais e animais, aos diversos ambientes, principalmente em feições fluviomarinhas.

A Ilha de Fora, situada no município de Curuçá (PA), integra a microrregião do Salgado, na mesorregião Nordeste Paraense. De acordo com a classificação de Köppen, a área é caracterizada pelo clima tipo Am (Tropical de Monção), apresentando uma estação seca de curta duração. Esta configuração climática é típica da Amazônia Oriental, onde a interação entre a biosfera, hidrosfera e litosfera é mediada por processos atmosféricos de grande escala, como a Zona de Convergência Intertropical-ZCIT.

Conforme os dados sistematizados por Andrade *et al.* (2026), o regime hídrico local apresenta as seguintes especificidades:

- **Pluviometria e Sazonalidade:** A microrregião do Salgado registra uma precipitação média anual (PMA) expressiva, que varia de 1.750 mm a valores superiores a 3.000 mm. O período de maior concentração hídrica — o "inverno amazônico" — estende-se por 7 a 8 meses chuvosos, enquanto a estação menos chuvosa concentra-se em cerca de 3 meses.
- **Dinâmica Atmosférica:** A incidência de chuvas é potencializada pela brisa marítima e por sistemas de Linhas de Instabilidade (LI), que se desenvolvem na costa e se propagam para o continente, podendo elevar a precipitação acima dos padrões normais.
- **Impactos Ambientais e Edáficos:** A variação na distribuição das chuvas é um condicionante fundamental para a paisagem. Nos meses de menor pluviosidade (Verão/Primavera amazônicos), a redução dos índices hídricos pode afetar corpos d'água superficiais, como lagos e igarapés, além de elevar a vulnerabilidade da vegetação exposta a altas temperaturas e menor umidade.

Essa dinâmica pluviométrica, aliada à agressividade climática do tipo M3 (excesso de umidade) em determinados setores, é o principal motor dos processos de erosividade e remodelagem da paisagem costeira-estuarina da Ilha de Fora.

Diante a emergência climática, as mudanças de temperatura e oscilações do nível do mar em relação às mudanças no clima por fatores antrópicos, resultando uma anomalia, inconformidade e uma vez que, os estudos de reconstituição de analisando paleoclimas é fundamental para discussão.

3.2. Vegetação

A *floresta de terra firme alterada* da ilha possui uma vegetação do bacurizal *Platonia insignis* Mart., a presença da castanheira *Bertholetia excelsa* H. B. K, da *Tachigali myrmecophila* (Ducke) Ducke, popularmente conhecida por tachi preto. A floresta de bacurizal é característico e abundante ao longo das estradas e caminhos das comunidades de Mutucal, Iririteua e Pindobal, juntamente ao tento *Ormosia paraensis* Ducke, espécie arbórea que possui sementes bicolores (vermelho e preto), e o matá-matá branco *Eschweilera coriacea* (A. P. DC.) Mart.

Nas florestas alteradas há inúmeras espécies, como a andiroba, *Carapa guianensis* Aubl., sendo típica de bosques de terra firme, de até 30m de altura (Embrapa, 2021), conhecida popularmente por suas sementes que produzem um óleo amargo e medicinal, amplamente utilizado na medicina tradicional (Henriques e Penido, 2014). O óleo de andiroba é valorizado por suas propriedades anti-inflamatórias e cicatrizantes, sendo aplicado para tratar dermatoses.

Outras são típicas, como a quaruba *Ochysia* sp. tem madeira como ferramentas ou com máquinas, tem induções para uso de construção civil. O marupá *Simarouba amara* Aubl., cumaru *Dipteryx odorata* Aubl., jarana *Lecythis lurida* (Miers) Mori, Umiri *Humiria balsamifera* (Aubl.) St. Hil, samuameira *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., *Rollinia mucosa* (Jacq.) Baill., piquiá *Caryocar villosum* (Aubl.) Pers. para fazer a canoa.

O cumaru *Dipteryx odorata* Aubl. ocorre em matas de terra firme ao longo de igarapés, tem madeira de alta densidade com cores no vermelho e marrom, sendo uma madeira linheira possibilitando cortes de alta precisão (IPT, 2023). Sua madeira é valiosa devido à sua resistência e durabilidade, sendo utilizada na produção de móveis e construção. Além disso, as sementes de cumaru contêm um óleo essencial com propriedades aromáticas, e o extrato da semente é utilizado na indústria de alimentos e perfumes. Contudo, a exploração descontrolada pode representar uma ameaça para a sustentabilidade dessa espécie e seus ecossistemas.

Figura 2. Espécie arbórea não identificada de grande porte em mata alterada, na comunidade de Pindobal.



Fonte: Os autores (2026).

A *vegetação capoeira* ou *vegetação secundária* abrange a maior parte do Planalto Costeiro sendo a principal característica de rápida regeneração de espécies arbóreas de bacuri, de palmeiras de tucumã *Astrocaryum vulgare* Mart., e do inajá *Attalea maripa* (Aubl.) Mart., cujas palhas são utilizadas para construção de artefatos de pesca e coleta de caranguejo, como

o paneiro, e era predominantemente utilizada para proteção das moradias costeiras. São vegetações típicas do Planalto Costeiro não sujeitas à inundações, em maiores cotas altimétricas e maior abundância na ilha.

A vegetação de *campos herbáceos salinos* são comumente presentes na ilha de Mutucal desde a comunidade de Pedras Grandes, sendo composto por espécies vegetais predominantemente gramíneas e ervas sobre sedimentos com maior teor de areia em relação ao manguezal, e característicos de supramaré, com ou sem solo exposto em transição com espécies arbóreas de mangue. Os campos herbáceos são periodicamente inundáveis, apresentando sedimentos argilo-siltosos, produtos da deposição de sedimentos holocênicos em eventos regressivos, cuja passagem é brusca, quando relacionado com terraços erosivos fluviomarinhos.

Figura 3. Campos herbáceos inundáveis da comunidade de Pedras Grandes, em Curuçá-PA.



Fonte: Os autores (2025).

Figura 4. Campos salinos sem cobertura vegetal com o solo exposto e maior teor de areia na superfície.

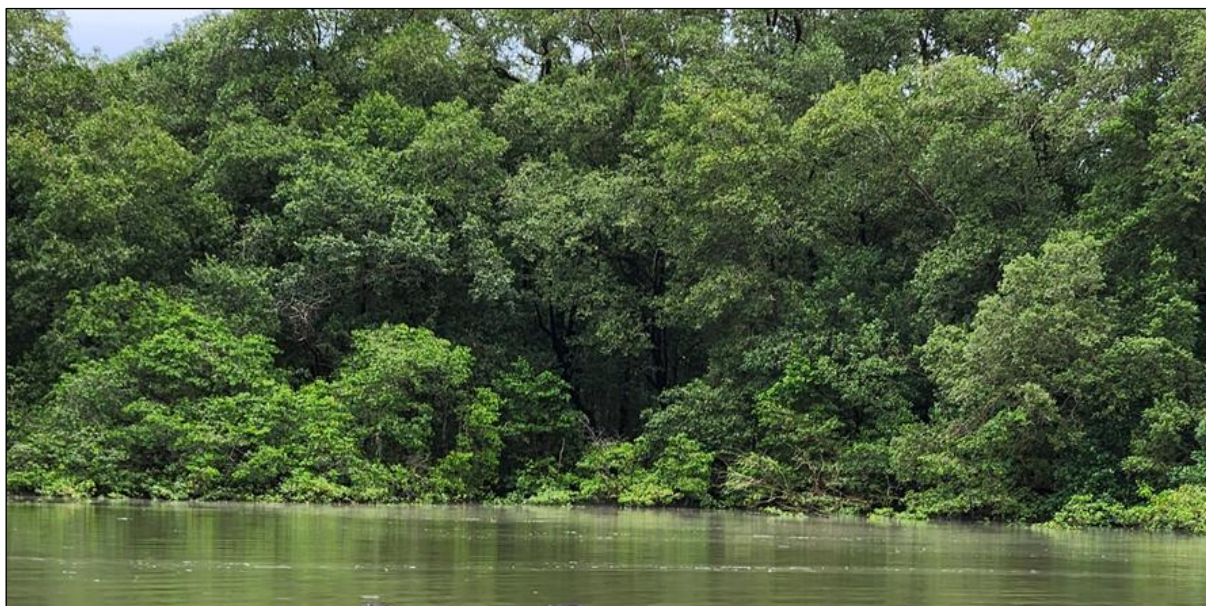


Fonte: Os autores (2025).

A dinâmica da paisagem costeira é diferente entre os setores IV e V da Zona Costeira do Pará, em Curuçá-PA, os campos herbáceos inundáveis é uma das menores unidades de paisagem em relação aos municípios de Tracuateua, Quatipuru e Bragança, devido ao condicionamento tectônico em discrepância ao setor V, que sofreu com o afogamento de rios e vales fluviais no evento mundial MTH, antecedendo uma ocupação de grupos humanos pescadores-coletores em ambientes costeiros de lagunas, falésias ativas, manguezais etc (Lopes, 2016).

Os manguezais de Curuçá-PA apresentam três espécies vegetais arbóreas de mangue, a *Rhizophora mangle* L., conhecida popularmente como mangue-vermelho, a *Avicennia germinans* (L.) Stearn, ou mangue-preto, e o mangue-tinteiro, a *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn. A floresta inundável de mangue possui o maior crescimento contínuo da ilha, próximas aos campos salinos e de áreas em degradação ambiental, como as piçarreiras e ao assoreamento de rios, como o rio Mutucal, sendo o igarapé Penico seu principal afluente.

Figura 5. Floresta de mangue no furo da comunidade de Iririteua da ilha de Fora, Curuçá-PA.



Fonte: Os autores (2025).

A *vegetação de restinga* é típica em zonas interdunares ao longo do litoral brasileiro, principalmente em deltas de maré, em lagunas e formações de dunas embrionárias de contextos de praias, com espécies de muruci *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth, ajiru *Chrysobalanus icaco* (L.) e *Anacardium occidentale* L., que estão em abundância nos ambientes costeiros do Pará e culturalmente plantados em terrenos de terra firme na ilha de Fora.

A *vegetação de restinga* na ilha de Fora está localizada na comunidade do Pindobal em terrenos arenosos e topograficamente superiores aos terrenos famosos do rio Pindobal, com predominância da espécie *Conocarpus erectus* L. ou mangue-botão, característico de restinga em transição com o manguezal, mas em paisagens arenosas. É uma espécie arbustiva, sendo comum em terrenos arenosos com areias finas, podendo indicar possíveis mudanças paleoambientais em paisagens costeiras e paleolinhas de costa.

As paleolinhas de costa estão presentes na Costa Atlântica, como em Ajuruteua, em Bragança-PA, caracterizada por paleorestingas em transição com os manguezais da planície de maré lamosa. A distância da restinga do Pindobal em relação a deposição de sedimentos arenosos na vegetação herbácea caracteriza a vegetação diferente das restingas de outras paisagens.

Figura 6. Vegetação típica de restinga em predomínio de arbustos e gramíneas na comunidade de Pindobal.



Fonte: Os autores (2026).

3.3. Geologia e Geomorfologia

A presente área de estudo integra a Plataforma Bragantina, que é condicionada do interior ao topo por formações geológicas que datam os últimos milhões de anos, como a Formação Pirabas, Barreiras e sedimentos Pós-Barreiras, que abrange parte da atual planície e planalto costeiro do Pará (Jorge, 2017).

A formação Pirabas é datada em 23 a 8 milhões de anos A.P. sendo constituídas por rochas carbonáticas introduzidas no Mioceno Inferior, sendo a bioestratigrafia composta por corais, foraminíferos, moluscos, briozoários, algas coralinas com idade mínima relacionada ao Oligoceno superior (Góes *et al.*, 1990). A formação Pirabas é formada majoritariamente por rochas calcárias, sendo as rochas calcárias detrítica de formação biogênica ou não, e rochas sedimentares de grãos de argila ou silte.

Góes *et al.* (1990) mostraram a presença de biocalciruditos, biocalcarenitos estratificados ou não, margas, biohermitos, folhelhos e calcilulitos na região do litoral do Pará considerando um modelo deposicional desta formação associada a paisagens marinhas abertas

de águas com temperaturas elevadas, baías rasas, agitadas, lagunares e estuarinas, tendo sedimentação contínua entre a Pirabas e a Barreiras.

A Formação Barreiras abrange todo litoral do Pará e parte litorânea do Brasil, assentada sobre a Formação Pirabas no NE do estado, mais antiga e possui uma sobreposição de sedimentos Pós-Barreiras (Carvalho, 2007), com o afloramento em falésias ativas. Esta formação é constituída por sedimentos conglomerados polimíticos areno-argilosos (Rossetti *et al.*, 1989) e são áreas que possuem uma erosão associada ao Terciário, devido ao avanço da expansão urbana em direção a linha de costa, em áreas topograficamente elevadas altas com paisagens das baías e oceanos.

O Planalto Costeiro é formado pelos sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras de origem Mio-Plioceno e Pleistoceno, sendo crucial para formação de ilhas barreiras ao longo do litoral do Pará diante a processos de erosão e intemperismo em paisagens de terra firme e a maior deposição de sedimentos fluviais transportados por canais fluviais em direção a costa e contribuído especialmente por eventos climáticos do planeta.

A Planície Costeira de Curuçá-PA possui quatro unidades de paisagem: campos salinos, manguezais, restingas e dunas. Possui grande dinâmica de canais de maré e a relação das populações com o manguezal. Há predominância de *Rhizophora mangle* L., ou conhecido popularmente como mangue-vermelho, e a *Avicennia germinans* L. com dificuldade de evolução na área e transgredindo na região por estarem longe de canais de maré. Em um período do ano, há ocorrência de supamarés (grandes marés) ao ponto de substituir toda camada hídrica de baixa salinidade para alta salinidade em poucos meses, configurando-se no movimento de entrada e saída de espécies (animais e vegetais), garantindo sobrevivência da *Avicennia G.*

O Pós-Barreiras está associado a sedimentação de areias finas, Rossetti *et al.* (1989) evidencia a uma sedimentação recente holocênica, sendo areno-argilosos e formando cordões arenosos. A Transgressão Marinha Holocênica é um marcador de uma escala temporal dos últimos 10.000 anos A.P de sedimentação contínua advindas de rios quanto a formação e deposição de areia branca e fina ao longo da costa. As condições tectônicas desta zona são favoráveis a dispersão de sedimentos na foz de rios e baías, onde ocorrem depósitos dos sedimentos pós-barreiras, formando campos de dunas, restingas e manguezais.

Após o evento Máximo Transgressivo Holocênico-MTH a 5.100 anos A.P., no Holoceno Médio *Northgrippian*, houve uma fase de sedimentação posterior sobre planícies de maré e baías com sujeição a processos erosivos arenosos e formação de terrenos recentes holocênicos, como os manguezais, parte de depósitos holocênicos que tiveram os sedimentos

Pós-Barreiras (e Barreiras) (Lima *et al.*, 2024). Na Zona Costeira do Pará, a mudança da paisagem é mais visível por fatores geofísicos (episódios tectônicos, oscilações do nível do mar e flutuações climáticas, influenciando o crescimento de florestas arbóreas de mangue com mais de 30m de altura.

3.4. Hidrografia

A Amazônia apresenta diferentes morfodinâmicas e hidrodinâmicas que estabelecem cores, formas e tipos de sedimentos característicos nos rios que compõem a rede de drenagem superficial de suas bacias hidrográficas. Essa diversidade hídrica é tradicionalmente classificada em três tipos principais: rios de águas brancas, claras e pretas.

Os rios de águas pretas, como o Rio Negro, estão tipicamente associados aos ambientes de igapós (florestas inundáveis por corpo hídrico escuro e pH baixo). Eles drenam terrenos geológicos antigos (como o Escudo das Guianas), caracterizados por solos arenosos e pobres em nutrientes inorgânicos. A cor escura da água não deriva de sedimentos minerais, mas sim da decomposição lenta da matéria orgânica, que libera nível alto de acidez orgânicos. Por isso, esses ambientes apresentam baixa fertilidade natural em comparação com as várzeas.

Em contrapartida, os rios de águas brancas (como o Guamá, o Amazonas e o Madeira) são formados majoritariamente por sedimentos em suspensão. Esses sedimentos ricos em nutrientes são provenientes da erosão de terrenos geologicamente jovens e elevados, principalmente a Cordilheira dos Andes. É essa carga de sedimentos que confere a esses rios a cor barrenta e a maior fertilidade às suas planícies aluviais (várzeas) (Ayres, 1993).

Já os rios que drenam a Plataforma Brasileira, como o Tapajós e o Xingu, comuns no centro-sul da Amazônia e no Pará, são classificados como rios de águas claras (Oliveira, 2017). Caracterizam-se por transportar pouquíssimos sedimentos em suspensão, resultando em águas transparentes ou esverdeadas, e apresentam baixa produtividade natural, similar aos rios de águas pretas em termos de nutrientes dissolvidos (Sioli, 1984; Oliveira, 2017).

Tabela 1. Tabela construída por Ayres (1993) de comparação das principais características físicas e químicas dos três principais tipos de rios da Amazônia.

Parâmetros	Tipos de águas		
	Águas brancas	Águas pretas	Águas claras
Cor	Ocre	Marrom-oliva ou marrom-café	Verde ou verde-oliva
Transparência de Secchi	0,1-0,5m	1,3-2,9m	1,1-4,3m
Geomorfologia/ Origem (2) superfície terrestre	Encosta de montanhas (como supridores primários de matéria suspensa). Andino ou pré-Andino	Relevo plano da superfície da Terra (Archean lowlands)	Relevo plano dos Escudos Brasileiro e das Guianas.
Sedimentos (g/litro) (3)	0,08-0,40	-	0,02-0,1
Conteúdo húmico (miligramas/litro) (4)	14,1	26,6	2,3
pH da água (2)	6,2-7,2	3,8-4,9	4,5-7,8
Nutrientes inorgânicos (5,6)	Rico	Pobre	Variável
Classificação dos solos (FAO) (7)	Fluvisolos e gleysolos	Gleysolos dístricos e acrisolos geycos	-
Cobertura vegetal da área de inundação (2,8)	Várzeas e campos de várzea	Caatingas e igapós	Igapós e campos de cerrado
Exemplos de rios (2, 1, 6)	Amazonas, Madeira, Purus e Juruá	Negro, Cuieiras, Tefê, Jutai, Cururu	Araguaia, Jari, Tapajós, Xingu

Fonte: Ayres (1993)

A conjuntura morfológica da rede de drenagem e hidrográfica da Amazônia possui três principais tipos de rios. Os principais rios de Curuçá são o rio Curuçá e o rio Mocajuba, que abrangem planícies aluviais e planícies de maré lamosas com extensas florestas de mangue, que delimitam a Resex Mãe Grande de Curuçá do continente em direção às ilhas de Curuçá-PA. As planícies de inundação mais próximas às baías complexas são formadas pela vegetação de mangue sobre depósitos holocênicos.

O início do Holoceno (aproximadamente 11.700 anos atrás) na região amazônica foi marcado por mudanças climáticas significativas. Diferentemente de um período com invernos rigorosos, os estudos paleoclimáticos indicam que o Holoceno inicial e médio na Amazônia foi caracterizado por um clima mais seco do que o atual em vastas áreas da região, influenciado por mudanças na radiação solar sazonal e no posicionamento da Zona de Convergência

Intertropical-ZCIT. Esse período mais seco contribuiu para a dinâmica da paisagem, influenciando a sedimentação e a formação dos ecossistemas costeiros.

A própria caracterização geológica do Nordeste do Pará, a partir de Souza Filho e El-Robrini (1996), mostra que a paleogeografia da região é formada por ilhas-barreira que, em relação à formação de paisagens litorâneas, deram origem a ambientes como campos salinos, campos naturais, manguezais, entre outros.

Os rios contribuíram para a sedimentação de paisagens drenadas por canais de maré, de águas claras, os rios de Curuçá, carregam sedimentos finos (lamas) e matéria orgânica dissolvida, sendo quimicamente mais complexos do que os típicos rios de águas claras da Amazônia. com a formação de terrenos relacionados ao Terciário (depósitos marinhos) e Quaternário (sedimentos estuarinos), com presença de areia, siltes e argilas provenientes de depósitos fluviais, lacustres e de manguezais marinhos, ou seja, sedimentos areno-argilosos

As comunidades costeiras de Curuçá-PA estão assentadas densamente povoadas próximas às margens do furo Maripanema, onde está localizado o distrito São João do Abade, acesso principal a ilha de Mutucal, e parte das comunidades costeiras da ilha, como as Pedras Grandes, Boa Vista do Moriá, Recreio e Beira Mar. A Bacia Hidrográfica do Rio Curuçá abrange afluentes do rio Curuçá e a Baía de Curuçá, com maior densidade populacional do município sobre as matas de terra firme e uso das margens de planície de inundação de mangue afins extração de recursos.

4. Fundamentação teórica

A pesquisa baseia-se no conceito de paisagem e geossistema de Georges Bertrand (1972a, 1972b, 1972c) como referencial teórico. Na compreensão e análise da cobertura vegetal da paisagem costeira, aplicou-se referenciais teóricos com perspectiva de estudos de Biogeografia, como a evolução da Biogeografia no Brasil, escrito por Camargo e Troppmair (2002), Ferreira (2010) na clareza sobre a abordagem da paisagem nos levantamentos ambientais, e Da Silva e Leite (2020) sobre a abordagem sistêmica da paisagem, lidos, analisados e discutidos

Considerando-se uma abordagem sistêmica da paisagem, onde Bertrand (2004) ressalta a importância dos fatores naturais, abordando a geomorfologia, climatologia e hidrologia, para definição de um potencial biológico por meio dos elementos da paisagem, considerando fatores geotectônicos, pedologia e a vegetação da área de estudo.

O potencial biológico está presente nas unidades de paisagem, como exemplo, em florestas de terra firme alteradas e restingas da ilha de Fora. A presença do bacuri, as

Bertholletia excelsa Bonpl, castanheiras-do-pará, por estarem em ambientes de terra firme. A *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn, samaumeiras, que são presentes em contextos de terra firme, integrando diferentes geossistemas, reverenciando a ecologia, geologia, geomorfologia e hidrografia de determinada localidade.

Na Amazônia, os ambientes de terra firme remetem aos últimos 8.000 A. P, onde houve o assentamento de populações humanas que contribuíram na domesticação de plantas, como o *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum, conhecido por cupuaçuzeiro, que também evidencia tanto a domesticação entre 8.000 e 5.000 anos A. P na bacia amazônica (Colli-silva *et al.*, 2023), quanto a Biogeografia Cultural, onde havia a cultura de domesticação de plantas de grande porte.

O mapeamento e classificação de espécies de plantas são essenciais para compreensão da paisagem, as potencialidades de sobrevivência de espécies, e para conservação delas, como ocorre na Biologia da Conservação. Furlan *et al.* (2016) monta como proposta a Geografia da Conservação, onde se preocupa com as práticas culturais e processos ecológicos ao longo do tempo, em menção aos povos tradicionais que ocupam o território brasileiro, como os indígenas e remanescentes de antigos quilombos.

A importância da Geografia da Conservação, que alinha a relação em que esses grupos humanos que desenvolvem culturas sobre paisagens e resultam em territórios, instiga e implica como estratégia essencial na conservação de diferentes unidades de paisagem, que estão em risco em partes do território brasileiro. Neste sentido, a relação sociedade e natureza está mais próxima aos aspectos socioculturais, em vivências, percepções, e principalmente no desenvolvimento do território.

Furlan *et al.* (2016) referência as estratégias em identificação de modelagem da fragmentação de habitats através do geoprocessamento, que juntamente ao sensoriamento remoto por meio de *softwares* contribuem no georreferenciamento de dados geoespaciais, contribuindo na análise da Ecologia da Paisagem, que em seguida, fomenta a conservação geográfica.

A operacionalização dessa análise sistêmica, fundamentada no conceito de geossistema de Bertrand, encontra no Sensoriamento Remoto e no Geoprocessamento as ferramentas diagnósticas essenciais para a compreensão da paisagem na Ilha de Fora.

A utilização do Modelo Digital de Elevação-MDE e da Rede de Drenagem permite a modelagem do 'potencial biológico' (suporte geomorfológico e hidrológico), enquanto o Índice

de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), baseado nos pressupostos de Rouse *et al.* (1974) e Ponzoni *et al.* (2015), quantifica a 'exploração biológica' e o vigor da cobertura vegetal.

No âmbito da Geografia da Conservação (Furlan *et al.*, 2016), estas ferramentas transcendem a mera cartografia técnica, constituindo-se como instrumentos de monitorização da fragmentação de *habitats* e da dinâmica sucessional. Assim, a integração de dados biofísicos via satélite com a realidade sociocultural da RESEX Mãe Grande de Curuçá permite uma leitura holística da paisagem, onde a tecnologia serve ao propósito de identificar as potencialidades e vulnerabilidades de um território moldado pela interação entre a natureza estuarina e o uso histórico das comunidades tradicionais.

A conservação geográfica é essencial para criação de planos comunitários urbanos e agrários, na criação de planos de manejo de reservas extrativistas, que possam integrar em discussões a participação de atores sociais que trabalham em áreas de proteção ambiental, e que contribuem na preservação de diferentes ecossistemas. Nessas discussões, a perspectiva científica como complemento na essencialidade e pluralidade de ideias no fomento e diálogo sobre a dinâmica da paisagem, com base da Geografia da Conservação.

Ferreira (2010) cita as pinturas rupestres como incipientes nas representações humanas do que é a paisagem, a construção resultante da percepção de grupos caçadores-coletores sobre a paisagem. Essa percepção ambiental é fundamental na compreensão, no mapeamento do espaço geográfico, na identificação de mudanças de processos ecológicos e na constituição de diversas formas de sobrevivência.

Nesta perspectiva, o ser humano está inserido na complexidade do que é paisagem, de tal forma, como integrante, um componente também do processo ecológico. Ferreira (2010) cita a importância de Bertrand na definição do conceito de paisagem, que insere os elementos socioeconômicos no geossistema. Monteiro (1978) *apud* Ferreira (2010) discute a modelização da paisagem, incluindo também os elementos sociais da paisagem, que a modelização é além da representação espacial e temporal, mas com conjunções de análises qualitativas e quantitativas.

5. Procedimentos metodológicos

O estudo baseia-se na análise de paisagem integrada a aplicação de geotecnologias como o uso do sensoriamento remoto orbital com a análise multitemporal na compreensão da evolução espaço-temporal da paisagem submetida aos processos erosivos e/ou de sedimentação concentrados na Ilha de Fora. Dessa forma, são combinadas técnicas de geoprocessamento, índices espectrais, extração de redes de drenagem, classificação supervisionada do uso e

cobertura da terra e validação em campo, de modo a produzir uma interpretação sistêmica robusta das transformações ambientais.

5.1. Aquisição e Organização dos Dados

A aquisição dos dados espectrais de satélite foi realizada por meio da plataforma United States Geological Survey-USGS, utilizando séries temporais dos anos de 2000 a 2020. Foram empregadas imagens dos sensores Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI e Landsat 9 OLI-2, selecionadas por sua ampla cobertura temporal, consistência radiométrica e adequação a estudos ambientais em áreas costeiras amazônicas.

As bandas espectrais utilizadas incluíram, prioritariamente:

- Vermelho (Red): Landsat 5 (B3), Landsat 8/9 (B4);
- Infravermelho Próximo (NIR): Landsat 5 (B4), Landsat 8/9 (B5);
- Infravermelho de Ondas Curtas (SWIR 1 e SWIR 2): Landsat 5 (B5 e B7), Landsat 8/9 (B6 e B7),

E foi considerado sua relevância para o cálculo de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada-NDVI, discriminação de corpos hídricos, identificação de áreas úmidas, solo exposto e detecção de processos erosivos. A escolha dessas bandas foi motivada pela necessidade de garantir comparabilidade entre sensores ao longo do período analisado, bem como pela capacidade dessas faixas espectrais em representar adequadamente a complexidade ambiental da vegetação costeira amazônica e sua dinâmica geomorfológica.

Além dos dados espectrais, foram utilizados:

- Modelo Digital de Elevação (MDE), proveniente do SRTM (30 m) ou ALOS PALSAR, conforme disponibilidade, para extração da rede de drenagem e análise do relevo;
- Dados vetoriais, incluindo os limites oficiais da RESEX Mãe Grande do Rio Curuçá e da Ilha de Fora, disponíveis nos acervos digitais do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade-ICMBio (2025) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022), bem como a hidrografia oficial (ANA/IBGE);
- Dados de campo, consistindo em pontos georreferenciados de nascentes (olhos d'água) através do *software* Avenza versão 5.5 (2026), registros fotográficos e anotações qualitativas, utilizados para validação dos produtos cartográficos.

Todos os dados foram organizados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica-SIG, no *software* QGIS versão 3.34.13 (2025), adotando-se o sistema de referência geodésico **SIRGAS 2000**, projeção **UTM**, fuso correspondente à área de estudo.

5.2. Pré-processamento das Imagens

As imagens orbitais foram submetidas a etapas de correção radiométrica e atmosférica, visando minimizar interferências causadas pela atmosfera, variações de iluminação e condições sensor-órbita. Posteriormente, os dados foram reprojatados para o sistema de referência oficial adotado (SIRGAS 2000 / UTM) e recortados para os limites da Ilha de Fora. Foram realizadas composições coloridas e realces de contraste com o objetivo de facilitar a interpretação visual e a extração de informações temáticas, garantindo a comparabilidade entre sensores e períodos distintos.

5.3. Análise Multitemporal da Paisagem

A análise da dinâmica espaço-temporal do uso e ocupação do solo na Ilha de Fora foi realizada a partir de dados da série histórica do Projeto MapBiomias (Coleção 10). A utilização desta base de dados justifica-se pela consistência metodológica e pela resolução temporal anual, que permite identificar transições na paisagem costeira amazônica com maior precisão do que classificações isoladas.

O processamento dos dados foi estruturado nas seguintes etapas:

- **Aquisição e Recorte:** Os dados em formato *raster* foram obtidos via plataforma MapBiomias e importados para o software QGIS. Foi realizado o recorte (*clip*) das imagens utilizando o polígono da Ilha de Fora como máscara de camada, garantindo a análise restrita à área de estudo.
- **Reclassificação de Legenda:** Devido à complexidade das classes originais do MapBiomias, procedeu-se à reclassificação dos dados para adequá-los à realidade biofísica da Reserva Extrativista. As categorias foram agrupadas em: Formação Florestal (Terra Firme), Manguezal, Áreas Antropizadas (englobando pastagem e infraestrutura urbana), Solo Exposto/Praia e Corpos d'Água.
- **Análise de Mudanças (Detecção de Mudança):** Para quantificar as transformações, utilizou-se a técnica de cruzamento matricial entre os anos de 1986, 2001, 2016 e 2024. Este procedimento permitiu gerar estatísticas de transição, identificando não

apenas o quanto a cobertura mudou, mas "o quê" se transformou em "quê" (ex: conversão de floresta em solo exposto ou expansão de manguezal sobre áreas de sedimentação).

Complementarmente, os resultados do MapBiomas foram integrados à análise do **NDVI** e do **MDE**. Essa integração permitiu validar se as áreas classificadas como "antropizadas" ou "solo exposto" correspondem, de fato, a zonas de menor vigor vegetativo e maior vulnerabilidade altimétrica. Por fim, realizou-se a validação das classes mapeadas por meio de interpretação visual de imagens de alta resolução e incursões em campo, assegurando a confiabilidade da interpretação dos impactos ambientais e das transformações na paisagem costeira-estuarina.

5.4 Análise do NDVI e cálculo das áreas impactadas

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi processado para o recorte temporal selecionado, utilizando-se a razão entre as bandas do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho visível (Red), conforme a formulação clássica proposta por Rouse et al. (1974). O cálculo fundamenta-se na assinatura espectral dos dosséis vegetais, cujos valores resultantes variam em uma escala numérica de -1 a +1.

Para a interpretação dos resultados, os produtos gerados foram fatiados em intervalos de densidade, permitindo a distinção entre áreas de solo exposto ou corpos d'água, vegetação rala/sob estresse e vegetação densa/vigorosa. Essa compartimentação foi essencial para o monitoramento multitemporal da Ilha de Fora, possibilitando diagnosticar zonas de perda de biomassa (degradação), bem como identificar setores em estágio de sucessão ecológica e regeneração natural ao longo das últimas décadas.

Equação 1: Cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

$$NDVI = \{NIR - RED\} / \{NIR + RED\}$$

Fonte: Rouse *et al.*, (1974).

5.5. Extração da rede de drenagem e identificação de nascentes

A rede de drenagem é extraída a partir do Modelo Digital de Elevação-MDE, utilizando ferramentas do GRASS GIS integradas ao QGIS, especialmente os módulos hidrológicos

destinados à modelagem de escoamento superficial. O processamento incluiu o preenchimento de depressões, o cálculo da direção e da acumulação de fluxo, bem como a definição de limiares de contribuição para a geração automática dos canais.

As nascentes (olhos d'água) foram identificadas com base na convergência topográfica, nos pontos de maior acumulação de fluxo e na análise da dinâmica de escoamento superficial, sendo posteriormente validadas por meio de trabalho de campo. As nascentes mapeadas foram classificadas quanto ao seu estado de conservação e ao grau de interferência antrópica, permitindo a avaliação dos impactos ambientais associados às intervenções na paisagem.

5.6. Integração dos Produtos e Análise da Paisagem

Os produtos cartográficos gerados — mapas de NDVI, rede de drenagem, uso e cobertura da terra, séries temporais e pontos de nascentes — foram integrados em ambiente SIG para análise espacial conjunta. A interpretação baseou-se nos princípios da geoecologia da paisagem, considerando a estrutura, a funcionalidade e a dinâmica dos sistemas ambientais, bem como as interações entre os elementos naturais e as intervenções antrópicas.

5.7. Validação em Campo

A validação de campo é realizada, localmente, com a caracterização física da área de estudo, integrada pelo planalto costeiro, planície costeira e a planície fluvial e suas interações. É acompanhada da descrição qualitativa dos pontos de observação da paisagem na amostragem, das coordenadas geográficas dos pontos de amostragem e dos registros fotográficos. Esses dados são utilizados na análise dos impactos ambientais a partir do uso e cobertura da terra na Ilha de Fora, parte integrante da RESEX Marinha Mãe Grande de Curuçá nas últimas 4 décadas (1986 a 2024). As atividades visam confirmar a localização e o estado geral das nascentes, validar as classes de uso e cobertura da terra e ajustar os produtos cartográficos, assegurando maior confiabilidade aos resultados.

6. Resultados e discussão

6.1. Contextualização Territorial da RESEX

A Resex é uma Unidade de Conservação-UC criada para a retirada de recursos, viável devido ao Código Florestal, sendo restrita para uso e manejo por pescadores, caranguejeiros, marisqueiros e outros extrativistas. Sendo uma área de proteção e extração de recursos, abrange

um território com extensão territorial de países, superando em hectares os países Maldivas, Mônaco, Ilhas Marshall e Maltas.

A compreensão e identificação de problemas associados ao uso e cobertura do solo é imprescindível para criação e fortalecimento de políticas públicas associadas a reserva marinha, no rastreamento de processos de acumulação e erosão a partir da análise espacial georreferenciada, atribuída ao fortalecimento comunitário e a construção de um plano de extração de recursos marinhos de forma sustentável.

O Plano de Manejo da Reserva Extrativista de Mãe Grande de Curuçá/ICMBio, de 2025, supervisionado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade e conselheiros, mostraram a importância da unidade de conservação, os pontos estratégicos e críticos em relação às unidades de paisagem, principalmente relacionados aos manguezais. Os pontos críticos relacionados a Resex são associados ao ecossistema de manguezal, como a coleta predatória do caranguejo, fragilidade do mecanismo de declaração de estoque do caranguejo, o transporte de drogas em baías, canais de maré e fluviais, pescadores portando arma de fogo, extração do caule da *Rhizophora mangle* L. e *Laguncularia racemosa* C.F. Gaertn para a construção de currais (BRASIL, 2025).

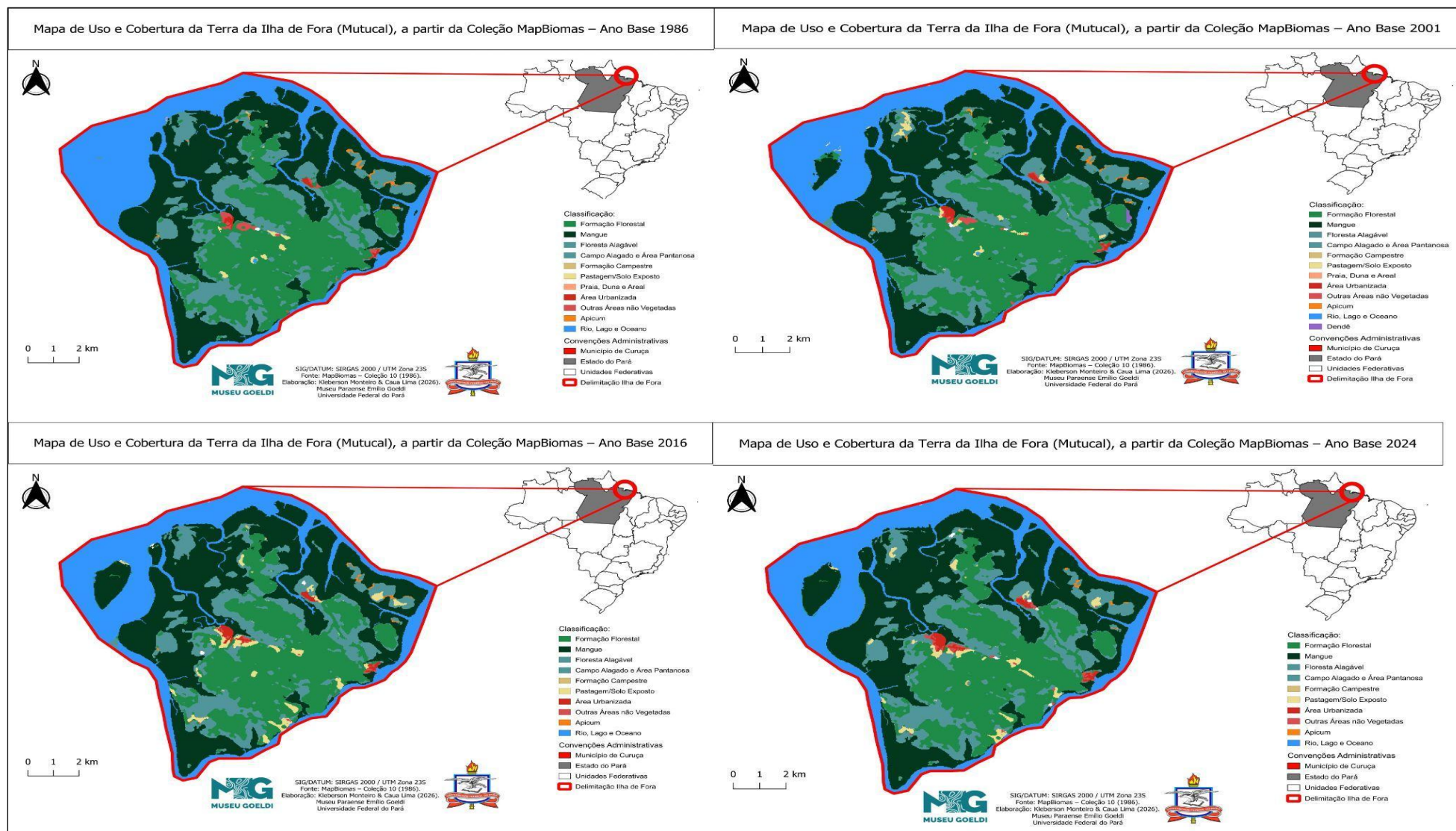
6.2. Dinâmica do Uso e Ocupação do Solo (1986–2024)

A dinâmica do uso e ocupação do solo na Ilha de Fora foi analisada a partir da base de dados do projeto MapBiomias (Coleção 10), considerando os anos de 1986, 2001, 2016 e 2024 (MAPBIOMAS, 2026). A escolha desses recortes temporais permitiu avaliar a evolução espacial das classes de cobertura ao longo de quase quatro décadas, identificando tendências de conservação, transformação e pressão antrópica na área inserida na Reserva Extrativista Mãe Grande de Curuçá. A análise multitemporal possibilita compreender os padrões de permanência das formações naturais, bem como os vetores de alteração associados às atividades produtivas locais.

A Figura 7 (p. 40) apresenta a distribuição espacial das classes de uso e cobertura do solo nos anos analisados. Os mapas foram elaborados com padronização de escala, simbologia e recorte espacial, permitindo a comparação direta entre os diferentes períodos.

A análise comparativa da série temporal evidencia a predominância das formações naturais ao longo de todo o período, com destaque para as classes de mangue, formação florestal e vegetação secundária. Observa-se que a estrutura geral da paisagem se manteve relativamente estável, sobretudo nas áreas de manguezal associadas às planícies de maré e canais estuarinos.

Figura 7. Evolução espaço-temporal da cobertura vegetal e do uso do solo na Ilha de Fora na Reserva Extrativista Mãe Grande de Curuçá-PA, entre 1986 e 2024.



Fonte: MapBiomas (Coleção 10) (2026); imagens Landsat/USGS; elaboração própria (2026).

No entanto, verifica-se expansão das áreas classificadas como antrópicas entre 1986 e 2001 (Tabela 2; p. 41), especialmente nas porções centrais e próximas às comunidades. Esse crescimento está associado à abertura de áreas para agricultura de subsistência, instalação de infraestrutura local e ampliação de áreas de solo exposto. Entre 2001 e 2016 observa-se estabilização desse padrão, enquanto entre 2016 e 2024 há a continuidade da expansão de áreas urbanizadas

Para complementar a análise espacial qualitativa apresentada nos mapas, procedeu-se à quantificação das áreas por classe temática, permitindo avaliar de forma objetiva as variações absolutas e relativas ao longo do período estudado.

Tabela 2. Quantificação das classes de uso e cobertura do solo na Ilha de Fora (RESEX Mãe Grande de Curuçá-PA) para os anos de 1986, 2001, 2016 e 2024, em hectares e percentual relativo à área total, com base na Coleção 9 do MapBiomias.

Classe	Nome da Classe	1986 (ha / %)	2001 (ha / %)	2016 (ha / %)	2024 (ha / %)
3	Formação Florestal	2.981,70 (24,4%)	2.843,64 (23,3%)	2.834,01 (23,2%)	2.808,99 (23,0%)
5	Mangue	4.094,55 (33,5%)	4.356,90 (35,7%)	4.355,28 (35,7%)	4.432,68 (36,3%)
6	Floresta Alagável	1.785,69 (14,6%)	1.778,85 (14,6%)	1.772,91 (14,5%)	1.851,48 (15,2%)
11	Campo Alagado	28,89 (0,2%)	73,53 (0,6%)	73,53 (0,6%)	39,87 (0,3%)
12	Formação Campestre	3,42 (0,03%)	4,14 (0,03%)	4,14 (0,03%)	5,31 (0,04%)
15	Pastagem	34,02 (0,3%)	58,86 (0,5%)	61,29 (0,5%)	54,63 (0,4%)
23	Área Urbanizada	0,90 (≈0,01%)	0,00	0,00	0,00
24	Infraestrutura	28,80 (0,2%)	82,44 (0,7%)	78,66 (0,6%)	69,93 (0,6%)
25	Área Não Vegetada	58,32 (0,5%)	137,97 (1,1%)	138,51 (1,1%)	138,60 (1,1%)
32	Corpo d'água	27,54 (0,2%)	16,47 (0,1%)	16,47 (0,1%)	9,72 (0,08%)
33	Vegetação Secundária	3.149,37 (25,8%)	2.839,05 (23,3%)	2.853,90 (23,4%)	2.775,06 (22,7%)

Fonte: MapBiomias (2024); elaboração própria (2026).

A classe 23 (Área Urbanizada) apresenta valores nulos ou praticamente inexistentes ao longo da série temporal. Isso ocorre porque, na escala e metodologia de classificação do

MapBiomass (30 m de resolução espacial), pequenas ocupações, edificações dispersas ou núcleos rurais tendem a ser incorporados em classes como Infraestrutura (24) ou Área Não Vegetada (25), não sendo mapeados como mancha urbana consolidada.

Assim, embora observações de campo indiquem presença de intervenções antrópicas, a ausência da classe 23 na base cartográfica não significa inexistência de ocupação, mas sim uma limitação de escala e critério temático da classificação automática.

A Tabela 2 (p. 41) apresenta os valores em hectares e os percentuais correspondentes a cada classe de uso e cobertura do solo nos anos analisados. Os resultados indicam que as formações naturais permanecem dominantes, representando mais de 90% da área total ao longo da série histórica. Contudo, a predominância quantitativa não implica ausência de pressão antrópica, uma vez que intervenções locais, como abertura de roças (Fig. 14; p. 55), extração de madeira para currais e redução do tempo de regeneração da capoeira, produzem alterações internas nas classes florestais que nem sempre são plenamente captadas na escala espacial do produto utilizado.

As áreas agrupadas como antrópicas — resultantes da soma das classes Pastagem (15), Infraestrutura (24) e Áreas não vegetadas (25), devido à baixa representatividade da classe Área Urbanizada (23) — apresentaram crescimento expressivo entre 1986 e 2001, passando de aproximadamente 122 ha para cerca de 279 ha, representando aumento superior a 100% no período. Após 2001, observa-se tendência de estabilização, com pequenas variações até 2024. Ainda que o crescimento relativo seja significativo, a ocupação antrópica permanece inferior a 3% da área total da ilha, evidenciando que a paisagem mantém predominância de cobertura vegetal natural, sobretudo manguezais e florestas de terra firme.

6.3. Dinâmica da Cobertura Vegetal (NDVI)

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada-NDVI é um indicador espectral amplamente utilizado para estimar a densidade e o vigor da vegetação a partir da reflectância nas faixas do vermelho (RED) e do infravermelho próximo (NIR) (Rouse *et al.*, 1974). Este índice fundamenta-se na resposta biofísica dos tecidos vegetais, que absorvem a radiação no visível para a fotossíntese e espalham o infravermelho próximo através da estrutura celular do mesófilo foliar (Ponzoni *et al.*, 2015). Seus valores variam de -1 a +1, sendo que valores próximos de 1 indicam vegetação densa e vigorosa, valores próximos de zero correspondem a solo exposto ou vegetação esparsa, e valores negativos estão geralmente associados a corpos d'água ou superfícies não vegetadas.

No contexto da Ilha de Fora, o NDVI foi aplicado com o objetivo de identificar variações estruturais da cobertura vegetal ao longo do tempo, complementando a análise do uso e ocupação do solo e permitindo avaliar não apenas a presença de vegetação, mas também sua condição biofísica.

As imagens utilizadas foram obtidas no repositório USGS EarthExplorer, priorizando cenas com menor cobertura de nuvens. Foram selecionados os seguintes sensores e anos:

- 1986 – Landsat 5 (TM)
- 2001 – Landsat 7 (ETM+)
- 2016 – Landsat 8 (OLI)
- 2024 – Landsat 8 (OLI)

Inicialmente, realizou-se o empilhamento das bandas espectrais e a composição RGB para inspeção visual das cenas. O cálculo do NDVI foi realizado na Calculadora Raster do QGIS, utilizando as equações correspondentes a cada sensor:

- Landsat 5 e 7: $(B4 - B3) / (B4 + B3)$
- Landsat 8: $(B5 - B4) / (B5 + B4)$

Os resultados foram gerados em formato Float32, preservando a variação contínua dos valores espectrais. Considerando a presença de nuvens nas cenas, aplicou-se a máscara por meio do plugin CloudMasking, utilizando os arquivos QA_PIXEL e MTL.txt, com a ativação dos filtros de nuvens e sombras. A máscara binária gerada foi aplicada ao NDVI bruto por multiplicação raster, garantindo a exclusão de pixels contaminados. Posteriormente, os rasters foram recortados à área da Ilha do Mutucal, após correção geométrica do vetor utilizado como máscara.

Os dados da Tabela 3 (p. 44) evidenciam uma tendência de incremento na produtividade primária da Ilha do Mutucal entre 1986 e 2024, com o NDVI médio elevando-se de 0,263 para 0,283. O aumento dos valores máximos, que atingiram 0,532 em 2024, indica o fortalecimento de núcleos de vegetação mais densa, enquanto a elevação do desvio padrão (de 0,169 para 0,225) revela uma paisagem progressivamente mais heterogênea. A consistência da área válida (58,1% em todos os anos) assegura a comparabilidade dos dados, cujas implicações ecológicas serão detalhadas adiante.

Para fins interpretativos, os valores do NDVI foram classificados manualmente com base na distribuição real das cenas, adotando gradação cromática padronizada que diferencia água, solo exposto e vegetação com diferentes níveis de densidade.

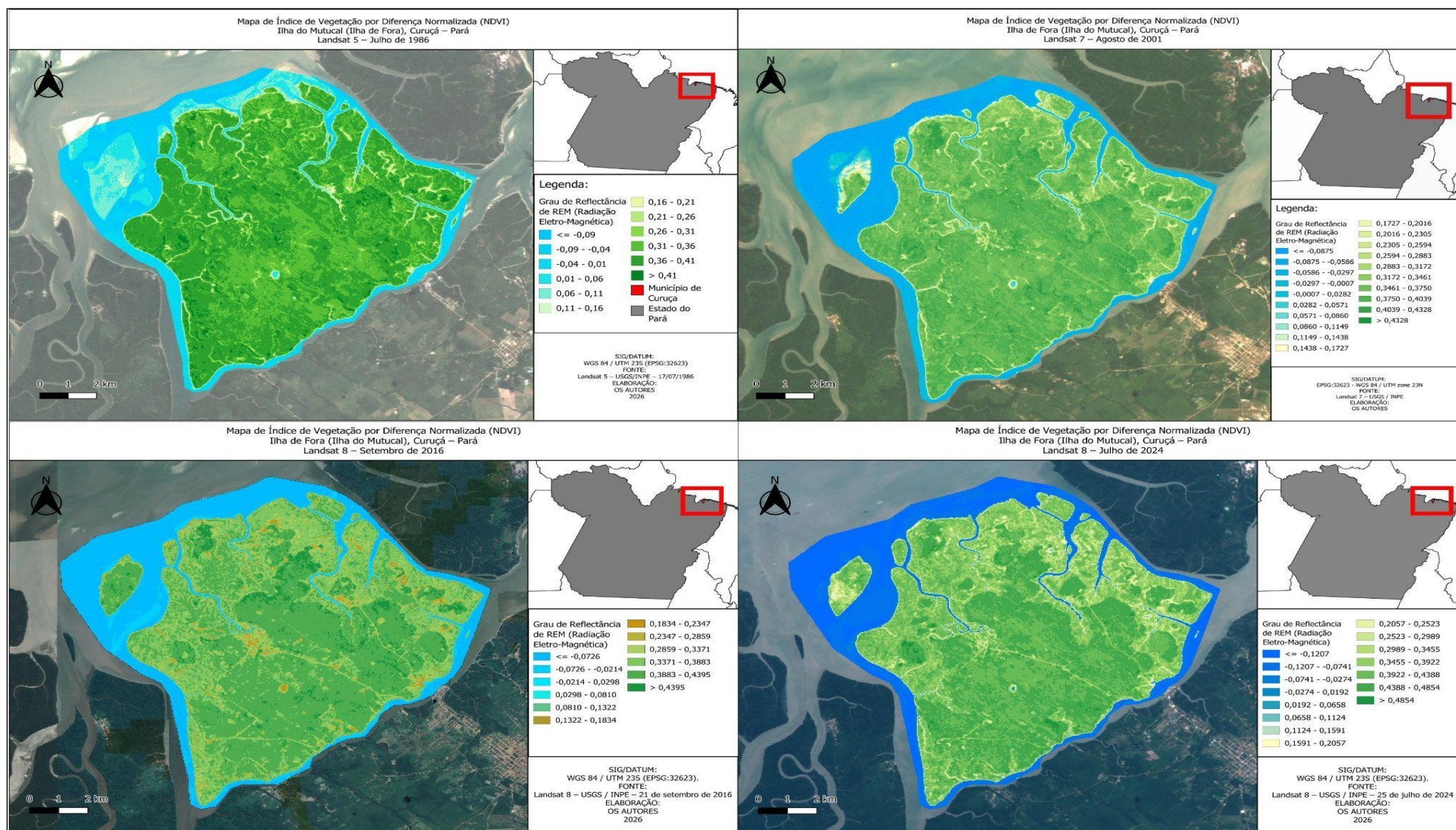
A Tabela 3 apresenta as estatísticas descritivas do NDVI para cada ano analisado.

Tabela 3. Estatísticas descritivas do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para a Ilha do Mutucal (Ilha de Fora), Curuçá/PA, nos anos de 1986, 2001, 2016 e 2024.

Ano	Satélite	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Área Válida
1986	Landsat 5	−0,141	0,460	0,263	0,169	58,1%
2001	Landsat 7	−0,124	0,491	0,276	0,201	58,1%
2016	Landsat 8	−0,123	0,490	0,276	0,201	58,1%
2024	Landsat 8	−0,167	0,532	0,283	0,225	58,1%

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados processados no QGIS (2026).

Figura 8. Série temporal do NDVI para a Ilha do Mutucal (1986–2024). **Fonte:** Elaborado pelos autores (2026)



A Figura 8 (p. 45) apresenta os mapas de NDVI para os anos de 1986, 2001, 2016 e 2024, permitindo uma análise comparativa da evolução da cobertura vegetal na Ilha de Fora.

Em 1986, observa-se predomínio de vegetação densa no núcleo central da ilha, com presença marcante de sedimentos e águas rasas na face oeste, indicando dinâmica deposicional ativa. A malha de canais (furos) encontra-se bem definida.

No ano de 2001, nota-se estabilidade da massa florestal, porém com leve fragmentação interna. A pequena ilha a oeste apresenta-se mais consolidada em termos de vegetação rala e solo exposto em relação a 1986, sugerindo início de ocupação ou variação sedimentar.

O ano de 2016 configura-se como o período de maior contraste na série. Observa-se aumento significativo de áreas com solo exposto e estradas na porção central e sudeste da ilha, acompanhado por redução da densidade do dossel, com transição de verde escuro para verde claro/médio. Esse padrão sugere pressão antrópica local ou resposta a estresse hídrico acentuado.

Em 2024, verifica-se recuperação parcial da cobertura vegetal, com ressurgimento de manchas de vegetação densa, embora as cicatrizes de solo exposto no sudeste ainda sejam evidentes. A dinâmica de sedimentação na face oeste continua a expandir a área física da ilha, evidenciando a influência do ambiente estuarino.

A análise temporal comparativa revela que a vegetação densa apresentou declínio entre 2001 e 2016, com retomada em 2024. As áreas de solo exposto atingiram pico em 2016, recuando em 2024, mas a pressão urbana no entorno continental consolidou-se. A morfologia dos canais internos manteve-se estável, enquanto a zona de sedimentação oscilou conforme o aporte de sedimentos da dinâmica de marés. Esses padrões indicam que a estabilidade percentual da cobertura florestal não implica manutenção integral de sua qualidade ecológica. Há evidências de fragmentação interna e perda de vigor vegetativo associadas ao uso contínuo do território, reforçando a necessidade de estratégias de manejo que considerem não apenas a extensão das formações naturais, mas também sua integridade estrutural.

A análise da série temporal revela que o pico de solo exposto e a fragmentação do dossel em 2016 coincidem com um período de forte pressão especulativa no mercado de terras regional. Este cenário foi impulsionado pelo anúncio da aquisição de uma vasta área pela mineradora Vale para a implementação do Projeto Porto do Espadarte, em Curuçá (G1, 2011; IBRAM, 2011).

Do ponto de vista da dinâmica ambiental, a expectativa de instalação de um Grande Projeto de Desenvolvimento-GPD na zona costeira atua como um vetor indireto de degradação, uma vez que a valorização antecipada dos imóveis rurais e as transações imobiliárias associadas

ao projeto portuário refletem-se na supressão da vegetação para demarcação de lotes e abertura de acessos, conforme evidenciado pela redução drástica do vigor vegetativo (NDVI) registrada naquele período.

A empresa Vale do Rio Doce, em 2011, arrematou por 10 milhões de reais terrenos nas ilhas dos Guarás, Ipomonga e Mutucal, totalizando uma área aproximada de 3 mil hectares. Na ilha dos Guarás seria instalado o Porto do Espadartes, que exportaria minérios do Complexo de Carajás de mineração, e as ilhas de Ipomonga e Mutucal seriam utilizadas apenas para o transporte de minérios, gerando especulação de desenvolvimento entre os moradores do município.

Conforme informações obtidas por veículos comunicacionais os avanços institucionais do empreendimento portuário dispararam ciclos de especulação imobiliária, manifestados pela intensificação da compra e venda de terras. Sob a ótica da Geografia da Conservação, esse fenômeno de 'antecipação do valor da terra' traduziu-se na supressão da vegetação para demarcação de lotes e abertura de acessos, explicando o contraste espectral negativo e o aumento das áreas de solo exposto detectados no mapeamento de 2016. Tais evidências sugerem que a integridade ecológica da RESEX é vulnerável não apenas ao uso direto dos recursos, mas às flutuações do mercado de terras induzidas por grandes projetos de infraestrutura previstos para o entorno estuarino.

A análise estatística da série histórica complementa essas observações ao revelar uma trajetória de incremento na produtividade primária da Ilha do Mutucal, evidenciada pelo aumento do NDVI médio de 0,263 para 0,283 entre 1986 e 2024. Este crescimento é acompanhado por uma expansão dos valores máximos ($NDVI_{max}=0,532$), sugerindo o fortalecimento de núcleos de vegetação arbórea densa e madura. Paralelamente, o aumento progressivo do desvio padrão ($\sigma=0,169$ para 0,225) denota uma maior heterogeneidade espacial, caracterizando a transição de uma cobertura vegetal homogênea para um mosaico ecológico complexo, onde coexistem processos de sucessão vegetal primária e zonas de influência dinâmica das marés. Tais métricas corroboram a resiliência do ecossistema frente às variações climáticas e antrópicas do estuário paraense ao longo das últimas quatro décadas.

Há um registro elevado de crescimento da cobertura arbórea de mangue em direção ao planalto, a nordeste da ilha, próximo a baía de Curuçá, sendo uma área de acumulação de sedimentos advindos do Planalto Costeiro sobre os canais de maré, que transportam diariamente materiais orgânicos e inorgânicos em direção a Baía de Curuçá. É a parte de mais difícil acesso,

com poucos sítios isolados sobre o planalto costeiro, em terrenos sujeitos a erosão e o avanço do nível do mar e próximo da ilha de Ipomonga, pouco habitada em relação à ilha de Mutucal.

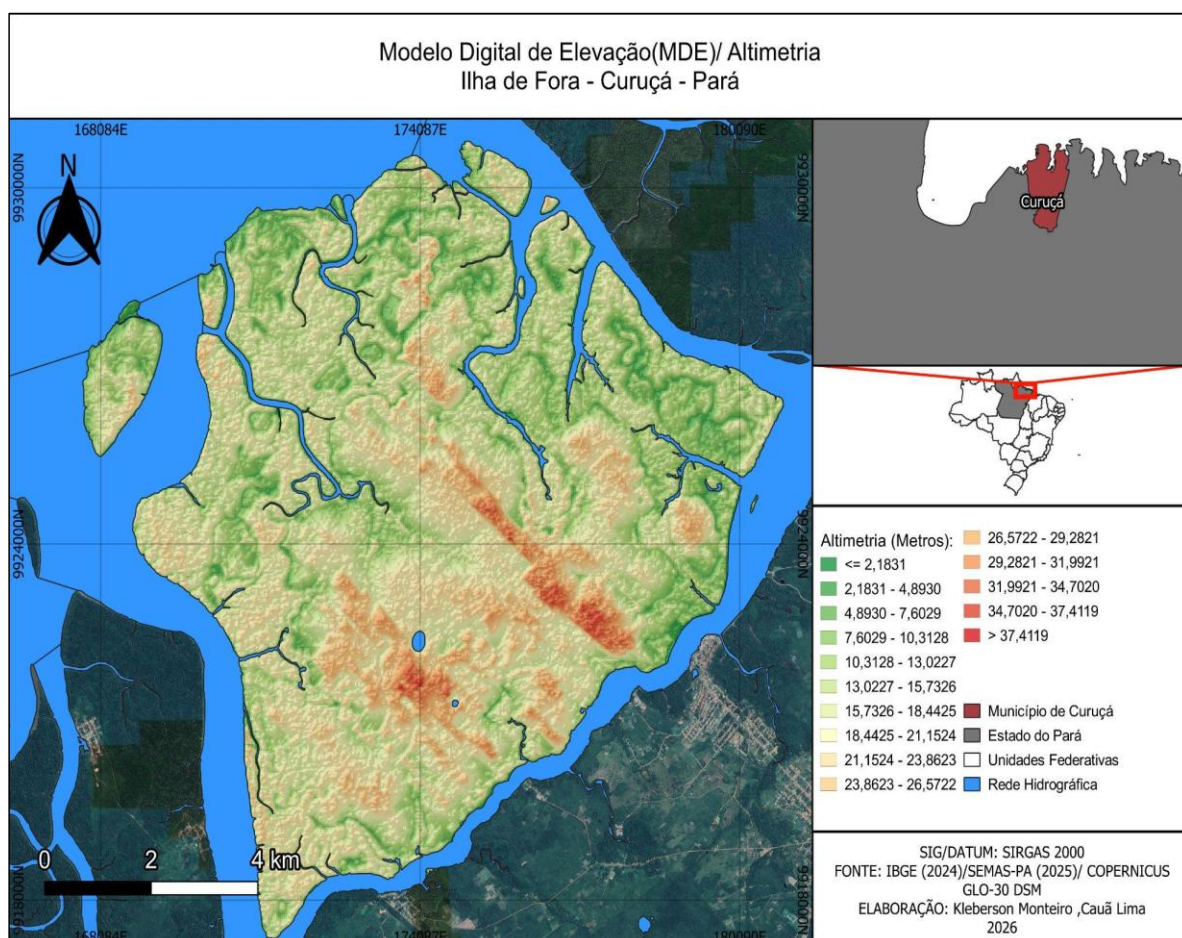
6.4. Caracterização morfométrica e hidrográfica

A análise morfométrica da Ilha de Fora fundamenta-se no Modelo Digital de Elevação-MDE derivado do produto *Copernicus GLO-30* (ESA, 2021). A utilização deste sensor é validada pela eficácia da tecnologia de radar na detecção de descontinuidades topográficas em ambientes tropicais, conforme os pressupostos de Farr *et al.* (2007) sobre missões de varrimento interferométrico. Os dados obtidos revelam uma amplitude altimétrica de 40,64 m (variando de -0,52 m a 40,12 m), valor que quantifica o "potencial biológico" do geossistema insular (Bertrand, 1972; 2004). Longe de ser uma superfície plana, a ilha apresenta uma compartimentação topográfica clara: o desvio padrão de 8,94 m atesta a existência de unidades morfológicas distintas, onde a variação da cota altimétrica funciona como o principal filtro ecológico para a distribuição da vegetação e das atividades humanas.

Esta compartimentação topográfica reflete o contato litoestratigráfico entre os remanescentes dos Tabuleiros do Grupo Barreiras (Rossetti, 2001), localizados nas cotas superiores a 25 m, e as planícies de acumulação holocênica. Sob a ótica da Geografia da Conservação (Furlan *et al.*, 2016), essa variação altimétrica é o elemento estruturante da paisagem: enquanto os setores elevados funcionam como áreas de recarga e divisores de águas (interflúvios), as zonas inferiores a 5 m configuram as planícies fluviomarinhas, onde a influência estuarina dita a dominância dos manguezais.

A rede de drenagem, com padrão predominantemente dendrítico, atua como o principal vetor de conectividade hídrica e transporte de matéria no sistema. Diferentemente de sistemas continentais clássicos, a hidrografia local é governada pela pulsatilidade estuarina bidirecional (Miranda *et al.*, 2002). Durante a preamar, a intrusão salina pelos canais de maré (furos) penetra nas zonas de menor cota, enquanto na baixa mar, o fluxo inverso exporta sedimentos e biomassa para o estuário. Esse mecanismo reforça o conceito de dinâmica instável do geossistema, onde a forma do relevo regula o fluxo de energia entre o oceano e a terra firme.

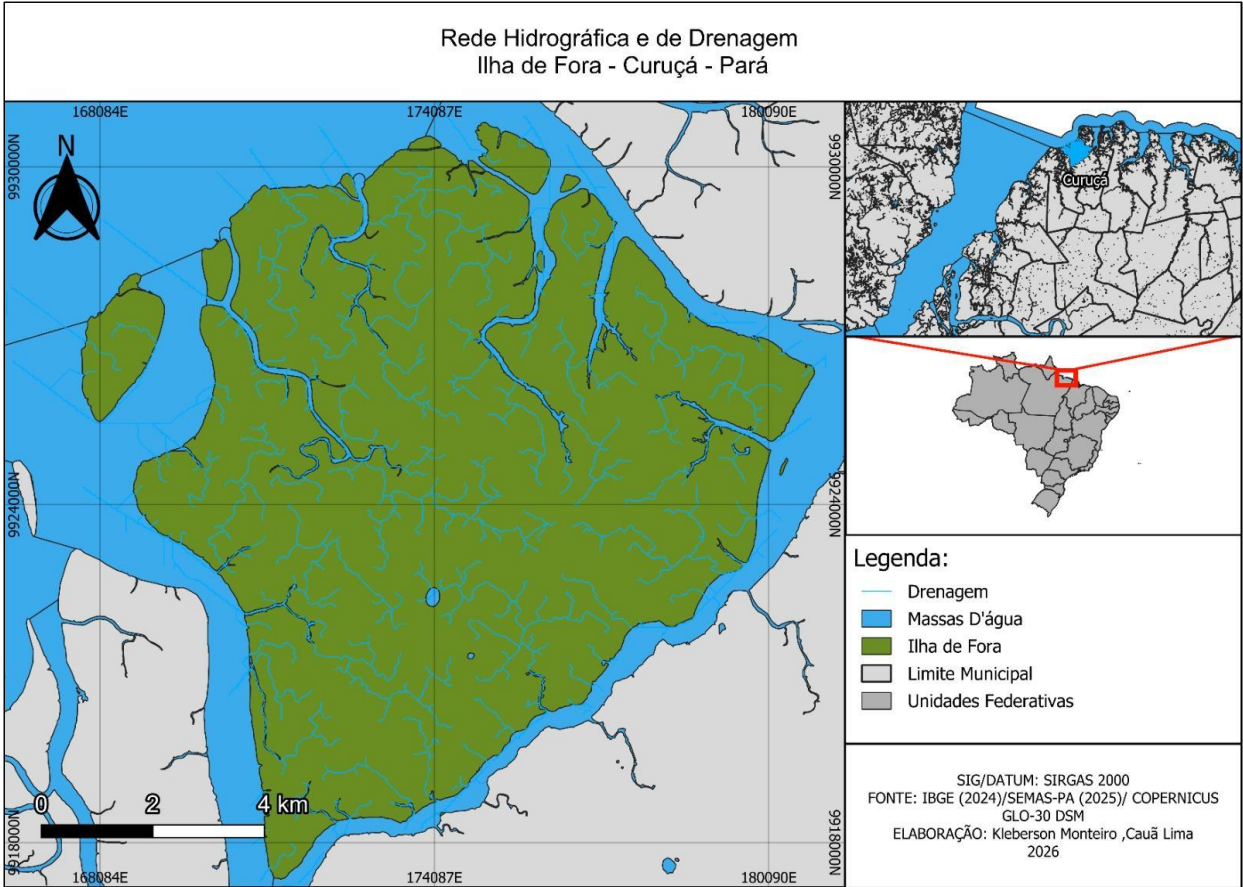
Figura 9. Modelo Digital de Elevação (MDE) da Ilha de Fora/Ilha do Mutucal, inserida na Reserva Extrativista Mãe Grande de Curuçá, evidenciando a variação altimétrica entre -0,52 m e 40,12 m, com gradiente decrescente no sentido sudeste–noroeste.



Fonte: Os autores (2026).

O afloramento de nascentes na ilha tem maior incidência nas cotas altimétricas entre 20 a 34 metros, sendo transportadas as areias finas em vales fluviais, folhas de florestas alteradas e secundárias, que caem diariamente e transportadas pela drenagem natural do processo de hidrodinâmica. São áreas de solos aluviais extremamente férteis, comparados aos solos compactados de terra firme, em níveis altos de acidez, que impede o desenvolvimento de algumas monoculturas na Amazônia.

Figura 10. Rede de drenagem da Ilha de Fora, destacando o padrão predominantemente dendrítico e a influência dos canais de maré na compartimentação hidrogeomorfológica da área de estudo.



Fonte: Dados altimétricos Copernicus GLO-30; elaboração própria (2026).

Figura 11. Paisagem das nascentes do igarapé Bianor localizado na comunidade de Mutucal.



Fonte: Os autores (2026).

Figura 12. Paisagem do igarapé Bianor localizado na comunidade de Mutucal.



Fonte: Os autores (2025).

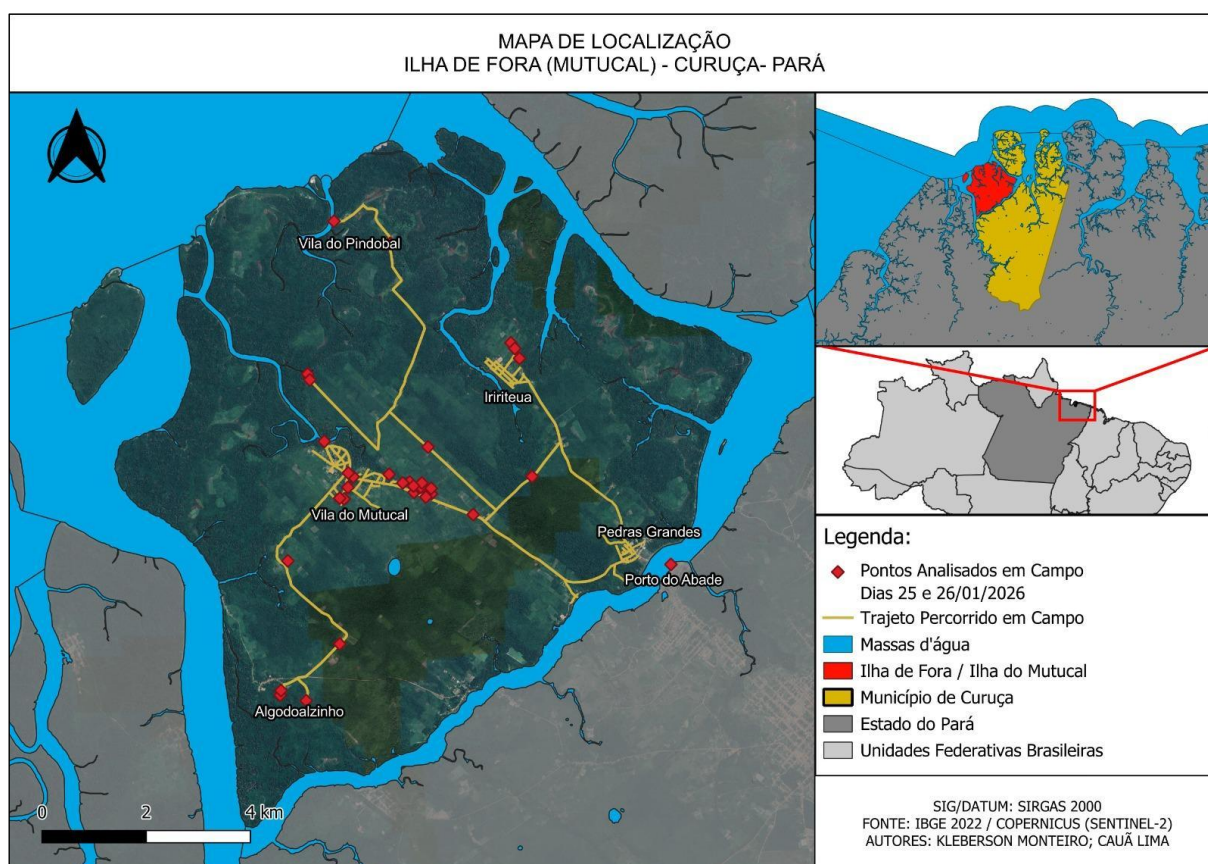
Do ponto de vista socioambiental, as áreas próximas à média altimétrica (~12 m) tendem a apresentar maior aptidão relativa para ocupação humana e práticas agrícolas de pequena escala, por estarem menos expostas à inundação frequente. Entretanto, essa condição não elimina a vulnerabilidade ambiental, uma vez que intervenções antrópicas nos setores elevados podem intensificar processos erosivos e comprometer o equilíbrio sedimentar das zonas marginais.

Ressalta-se que o MDE utilizado representa uma superfície digital que pode incorporar a altura do dossel vegetal em áreas densamente florestadas. Ainda assim, os parâmetros estatísticos obtidos corroboram a heterogeneidade morfométrica da Ilha de Fora e reforçam o papel do relevo como elemento estruturante da organização espacial da cobertura vegetal e do uso do solo.

6.4 Integração entre Pressão Antrópica e Resposta da Paisagem

A análise espaço-temporal da cobertura vegetal na Ilha de Fora, fundamentada no processamento de imagens orbitais e índices de vegetação, permitiu a identificação de unidades de paisagem com assinaturas espectrais distintas. A utilização das bandas multiespectrais do satélite Landsat 9 foi determinante para separar o "ruído" espectral de áreas degradadas da resposta vigorosa das florestas de mangue. Observou-se que os manguezais, devido ao alto teor de umidade e densidade de biomassa, apresentam uma absorção profunda na banda do vermelho e alta reflectância no infravermelho próximo, resultando em tons escuros e saturados na composição colorida.

Figura 13. Mapa de localização com os pontos visitados na ilha de Fora, Curuçá-PA.



Fonte: Os autores (2026).

Em contraste, as áreas de terra firme escalpadas ou em preparo para o cultivo agrícola (Figura 14; p. 54) refletem padrões compatíveis com solo exposto ou vegetação rasteira inicial, onde a ausência de dossel florestal expõe a matriz mineral do solo. A validação empírica via

incursão de campo revelou-se, portanto, essencial: as manchas detectadas como "baixa produtividade primária" pelo NDVI correspondem, na escala do chão, a áreas recentemente submetidas ao sistema de corte-queima para o plantio de culturas de subsistência como a mandioca *Manihot esculenta* Crantz, o milho *Zea mays* L. e o açaí *Euterpe oleracea* Mart. Esta análise empírica permite afirmar que a interpretação remota é coerente com a realidade geográfica, mas é a observação *in loco* que descortina as motivações socioeconômicas por trás da mudança da cobertura.

Figura 14. Paisagem de um terreno após o corte-queima de vegetação para introdução da roça.



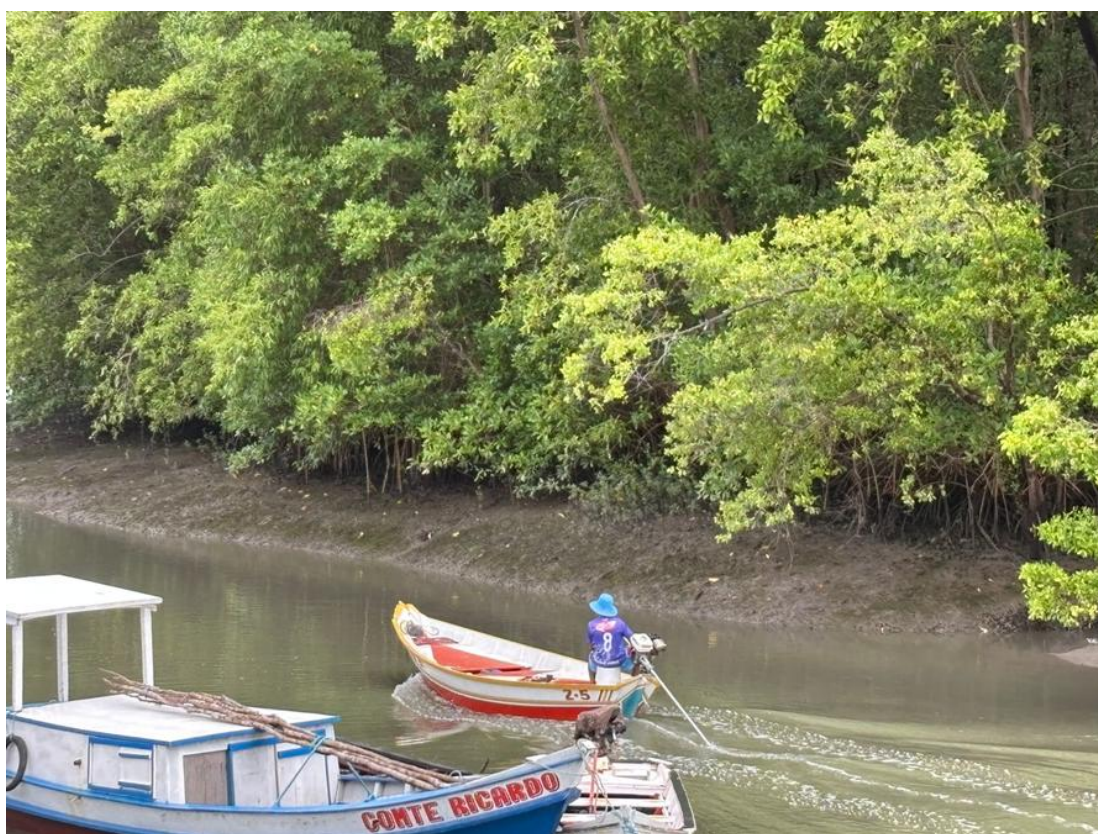
Fonte: Os autores (2026).

A dinâmica da paisagem insular é regida pela coexistência de manguezais consolidados, que protegem as margens da Baía de Curuçá e do Furo Maripanema, e florestas de terra firme que ocupam o centro da ilha sobre o planalto costeiro. No entanto, o mapeamento multitemporal revela que o núcleo central, especialmente nas proximidades da estrada do Pindobal, tornou-se

um epicentro de intervenções antrópicas. A extração de madeira para fins comerciais e de subsistência, somada à abertura de roçados, resultou em uma fragmentação severa do dossel.

Este processo é agravado pelo uso recorrente do fogo sem o devido rodízio de terras, o que compromete a estrutura dos latossolos locais, levando à compactação e à perda acelerada de matéria orgânica. A resposta da paisagem a esse estresse é a expansão das manchas de solo exposto, que em anos de El Niño ou eventos climáticos extremos, tornam-se vetores de assoreamento para os canais de maré circundantes.

Figura 15. Paisagem do rio Mutucal com a maré baixa com os bosques de mangue ao fundo.



Fonte: Os autores (2026).

Nas comunidades de Mutucal e Iririteua, a análise de campo permitiu identificar uma mudança estratégica no uso da flora local: a restrição legal e a fiscalização sobre o corte das espécies de mangue, como a *Rhizophora mangle* L (Fig. 15; p. 55) — historicamente preferidas pela resistência ao ataque do molusco turu *Teredo navalis*, Linnaeus, 1758 — forçaram o deslocamento da pressão extrativista para as florestas de terra firme. Atualmente, as "madeiras-brancas" da floresta densa são massivamente retiradas para servirem de moirões na construção

de currais de pesca. Esta transição é crucial para entender o desequilíbrio estrutural das matas do interior da ilha.

Figura 16. Inúmeros moirões ao longo de um terraço erosivo na comunidade de Mutucal.



Fonte: Os autores (2026)

Figura 17. Ponto de embarque dos moirões para construção de currais, próximo ao trapiche do rio Mutucal.



Fonte: Os autores (2026)..

Na comunidade de Iririteua, verificou-se que a diminuição de curralistas está ligada ao envelhecimento populacional e às limitações físicas dos canais de maré, que por serem profundos e de hidrodinâmica intensa, dificultam a fixação das armadilhas. Por outro lado, no Mutucal, observa-se um aumento da densidade de currais, onde a acumulação de sedimentos lamosos em planícies de maré e barras arenosas (*croas*) facilita a instalação e a coleta do pescado, concentrando a pressão sobre a cobertura florestal de terra firme vizinha para suprir a demanda por estacas.

Figura 18. Unidade de paisagem caracterizada por roça de subsistência (*Manihot esculenta*) em área de interflúvio. Observa-se a quebra do ciclo sucessional da floresta secundária e o predomínio de vegetação arbustiva com altura inferior a 3 metros, evidenciando o uso intensivo do solo sem o período de pousio adequado.



Fonte: Os autores (2026)

As formações vegetais identificadas ao longo da estrada Iririteua–Mutucal apresentam-se como matas de capoeira jovem (3 a 4 metros), caracterizando uma paisagem de regeneração interrompida. O mapeamento dos pontos visitados confirma que os setores de floresta densa que ainda preservam sua integridade edáfica (solos esponjosos e ricos em húmus) são cada vez mais raros e restritos a áreas de difícil acesso. Nessas zonas de transição, a presença frequente de palmeiras como o tucumã *Astrocaryum vulgare* Mart. e o inajá *Attalea maripa* (Aubl.) Mart. serve como indicador biológico de áreas que sofreram queimadas ou que resultaram de antigos roçados abandonados (Fig. 14, p. 54).

Figura 19. Registro de igarapé de primeira ordem em Algodualzinho com fluxo hídrico suprimido pela deposição de sedimentos lateríticos (piçarra). O aporte de material oriundo da estrada adjacente modifica a morfologia fluvial e resulta no soterramento da vegetação ciliar e de nascentes, evidenciando o impacto da infraestrutura sobre a rede de drenagem da Ilha de Fora.



Fonte: Os autores (2026)

Na comunidade de Pindobal, a extração massiva de madeira de terra firme alterou de forma robusta a fisionomia vegetal. Em Algodualzinho, a cobertura vegetal do rio dos Cavalos (Fig. 19; p. 59) funciona como um termômetro dessa degradação, sendo o rio como principal indicador de desmatamento com o corpo hídrico assoreado. A morfologia fluvial deste rio diverge dos igarapés preservados do Mutucal devido ao assoreamento tardio provocado por obras de infraestrutura, como a instalação de tubulações e a construção de uma ponte recente que aterrou diversos exemplares de buritis e suprimiu a vegetação ciliar original.

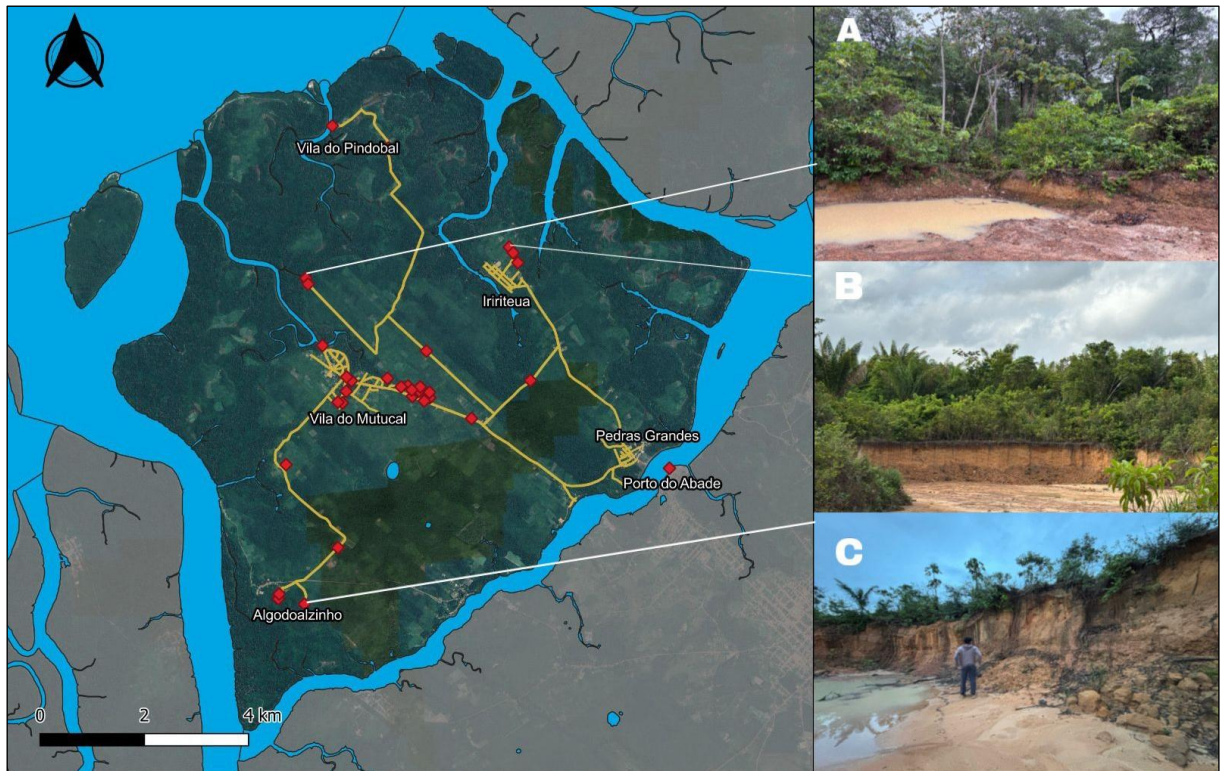
A conectividade hidrológica entre o Furo Maripanema e a Baía de Curuçá é o que mantém a vitalidade dos manguezais na face leste da ilha. Contudo, essa relação "sociedade-natureza" dentro da RESEX Mãe Grande de Curuçá é tensionada pela expansão urbana e o loteamento de áreas rurais. Muitos desses terrenos, herdados ou vendidos para imigrantes regionais, avançam sobre os terraços fluviomarinheiros e margens de igarapés, áreas tecnicamente protegidas como as Áreas de Proteção Permanente-APP pelo Código Florestal (BRASIL, 2012).

Durante a ida ao campo, observou-se que a "limpeza" desses lotes envolve o desmatamento de espécies em fase de crescimento, impedindo a sucessão florestal. Além disso, a demarcação de terrenos com nascentes e igarapés para a criação de balneários tem gerado conflitos e danos físicos ao leito dos rios. Intervenções como o uso de tubos sobre o manguezal e barragens feitas com sacos de areia para criar "piscinas naturais" alteram o fluxo hídrico, provocando o acúmulo artificial de matéria orgânica e areia fina, o que degrada a qualidade da água e a biodiversidade local.

Um dos problemas mais persistentes identificados nos pontos de controle foi o uso das chamadas "piçarreiras". A retirada de materiais lateríticos para a pavimentação de estradas e ramais cria cicatrizes profundas no planalto costeiro. Com o aumento da pluviosidade característica do verão amazônico, esses sedimentos pesados e areno-argilosos são carregados para as desembocaduras dos igarapés, como o Penico e o Bianor.

O resultado é um aterramento progressivo das nascentes-vivas, que perdem sua capacidade de vazão e tornam-se cursos d'água turvos e rasos. A cor das águas, que naturalmente oscila de acordo com a decomposição de folhas (degradação de clorofila) (Oliva *et al.*, 2024), passa a apresentar uma tonalidade barrenta permanente devido à suspensão de sedimentos escalpados das margens sem cobertura vegetal. Essa mudança na morfologia fluvial é visível na piçarreira do Pindobal, onde a transição entre o planalto e a planície de maré é marcada pela queda de espécies arbóreas de mangue sob o peso do sedimento acumulado.

Figura 20. Localização das principais piçarreiras da ilha de Fora, em três comunidades: A. Pindobal, B. Iririteua e C. Algodoalzinho.



Fonte: Os autores (2026).

Figura 21. Paisagem de um leito assoreado, na estrada de acesso a comunidade de Mutucal.



Fonte: Os autores (2026).

Por fim, a análise integrada demonstra que a Ilha de Fora é uma paisagem de alta vulnerabilidade. A rede de drenagem de primeira ordem, que deveria ser o pilar da resiliência do geossistema, está sendo sufocada pelo aporte de piçarra e pela supressão das matas de galeria. O loteamento indiscriminado e o avanço da agricultura de corte-queima, sem o devido manejo, transformam as áreas de interflúvio em zonas de erosão ativa. Como discutido por Bertrand, a "exploração biológica" deste geossistema ultrapassa, em diversos pontos, o seu potencial de regeneração natural.

Figura 22. Área de extração de areia próximas às nascentes do igarapé Bianor, que estão sendo assoreadas devido a deposição de sedimentos advindos da estrada de Mutucal.



Fonte: Os autores (2026).

A fragmentação da paisagem costeira em Curuçá é causada pelas expectativas econômicas externas e necessidades locais imediatas (Fig. 22; 63), mostrando a importância da criação da Unidade de Conservação Resex Marinha Mãe Grande de Curuçá. A conservação deste patrimônio exige que a gestão do território considere não apenas os limites físicos e políticos da RESEX, mas a dinâmica física das bacias hidrográficas, garantindo que as nascentes-vivas de Mutucal continuem alimentando os estuários que sustentam a vida tradicional na ilha.

Figura 23. A piçarreira de Iririteua, destacando: a) ao fundo a vegetação capoeira baixa; b) perfil de solo da piçarreira.



Fonte: Os autores (2026).

7. CONCLUSÃO

Dessa forma, o Planalto Costeiro é marcado pela abundância de bacurizeiros (*Platonia insignis* Mart.), conhecidos como floresta de bacurizal, observados ao longo da estrada que liga as comunidades de Iririteua, Mutucal e Pedras Grandes. A coleta do fruto do bacuri provê renda anual para as comunidades da Ilha de Fora, que comercializam tanto os frutos como as polpas, podendo sofrer ameaças em função do desmatamento contínuo observado ao longo dos últimos anos, correspondendo a um aumento do aterramento de nascentes localizadas nos interflúvios dessa região insular.

A extração de matéria inorgânica de piçarreiras para a construção ou manutenção de estradas, em ilhas, retrocede a formação natural de rios e igarapés quanto à sedimentação e morfologia fluvial, intensificando os processos de erosão sobre os campos herbáceos, florestas de mangue e vegetações alagadas. As quatro principais piçarreiras da ilha estão localizadas em cotas altimétricas variando de 10 a 25 m de altitude em relação ao atual nível do mar, em poucas distâncias de canais de maré ou fluviais que recebem sedimentos areno-argilosos de áreas sem coberturas vegetais.

Ainda assim, a ilha segue parâmetros externos que intensificam os assoreamentos de rios e nascentes, como: a interdição de corpos d'água com tubos e estradas de piçarra; a ocupação sobre terraços erosivos; o uso e a cobertura do solo com culturas sem o ideal manejo da cobertura vegetal.

A mudança antrópica sobre a cobertura vegetal da superfície terrestre, analisada através de imagens de satélite, resultou apenas no crescimento e conservação dos bosques de mangue, enquanto as florestas alteradas e secundárias diminuem em decorrência do uso do solo sem manejo.

As reflexões sobre a dinâmica da Ilha de Fora revelam que o uso de geotecnologias e do sensoriamento remoto transcende a mera produção cartográfica; estas ferramentas constituíram a lente necessária para desvelar as nuances de uma paisagem em rápida mutação. A análise multitemporal permitiu quantificar o que os olhos muitas vezes não percebem na escala cotidiana: uma ilha que, embora protegida por lei, vive o paradoxo entre a conservação e a degradação acelerada.

Os dados obtidos demonstram que as mudanças drásticas na vegetação de terra firme não são eventos isolados, mas reflexos de vetores externos, como o anúncio de grandes projetos de desenvolvimento na região. Esse cenário de incerteza estimulou a ocupação desordenada e

a supressão florestal, evidenciando que a paisagem é o registro físico das expectativas e pressões econômicas sobre o território insular.

Em contraponto à perda das matas de terra firme, a consolidação e o avanço dos bosques de mangue destacam-se como um triunfo da conservação ambiental, intensificado após a criação da Resex Mãe Grande de Curuçá. Este ecossistema demonstrou maior resiliência, reafirmando a importância das unidades de conservação na proteção das franjas costeiras e na manutenção dos estoques pesqueiros.

Contudo, a integridade da ilha enfrenta ameaças silenciosas, mas profundas. A extração de madeira de terra firme para suprir a demanda dos currais de pesca — uma atividade tradicional que hoje pressiona o interior da floresta devido às restrições no mangue — e o impacto severo das piçarreiras na morfologia fluvial são as evidências mais nítidas dessa pressão.

A análise multitemporal e a integração de dados orbitais permitiram constatar que a Ilha de Fora atravessa um processo de degradação qualitativa da sua cobertura vegetal. Embora o manguezal apresente uma dinâmica de conservação e avanço — fortalecida pela criação da Resex Mãe Grande de Curuçá —, a floresta de terra firme sucumbe a um modelo de uso do solo que ignora o tempo biológico de recuperação da natureza.

Um dos problemas centrais identificados é a desarticulação do sistema tradicional de roças. O plantio da mandioca, alicerçado no método do corte e queima, tem sido praticado sem o devido pousio (descanso da terra). O avanço contínuo sobre áreas de mata, impulsionado por uma necessidade de sobrevivência imediata ou pela expectativa de valorização da terra após o anúncio de grandes projetos logísticos na região, impede que a sucessão ecológica siga seu curso natural.

O resultado é uma paisagem dominada por vegetações jovens e raquíticas, que sequer atingem 3 metros de altura ou formam um dossel fechado. Essa "estagnação sucessional" é visível nos baixos valores de biomassa detectados pelo NDVI em áreas de interflúvio. A ausência de rotatividade de culturas e o abandono de áreas degradadas sem manejo de recuperação criam um mosaico de capoeiras baixas, que perdem a capacidade de proteger o solo contra a erosão e de alimentar as nascentes da ilha.

Portanto, conclui-se que as geotecnologias foram fundamentais para mapear essa realidade, mas o olhar de campo revelou o drama humano e ecológico: a ilha está perdendo sua floresta alta para um sistema de produção que "minera" a fertilidade do solo sem permitir o renascimento da mata. Verificou-se que o sistema de roças na Ilha de Fora enfrenta um processo

de saturação. A ausência de políticas de assistência técnica que promovam o manejo adequado do solo e a rotatividade de culturas induz o agricultor a avançar sobre áreas de mata secundária.

Esse fenômeno interrompe o ciclo regenerativo da floresta, resultando em um mosaico de vegetações jovens que não atingem seu pleno desenvolvimento estrutural, conforme validado nos pontos de controle de campo. A pressão dos currais (madeira-branca) somada à dinâmica das piçarreiras e ao manejo inadequado das roças forma um tripé de insustentabilidade que ameaça não apenas o bacurizal, mas a própria segurança hídrica e alimentar das comunidades de Mutucal, Iririteua e Pindobal.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, V. M. S. de *et al.* *Considerações sobre clima e aspectos edafoclimáticos da mesorregião nordeste paraense.* In: Nordeste Paraense: Panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias. [S. l.]: [s. n.], 2026. p. 59-100.

AVENZA, Systems Inc. *Avenza Maps: Mapas Offline* (versão 5.5). [S.l.], 2026. Disponível em: ><https://www.avenzamaps.com/><. Acesso em: 23 fev. 2026.

AYRES, J. M. *As Matas de Várzea do Mamirauá: Médio Rio Solimões* / José Márcio Ayres; [fotografias, Luiz Claudio Marigo; mapas e gráficos, A. Martins; aquarelas, Jenevora Searight]. - Brasília, DF: CNPQ: Sociedade Civil Marirauá, 1993.

BERTRAND, G. Écologie d'un espace géographique: les géosystèmes du valle de Prioro (Espagne du N.O.). *L'Espace Géographique*, Paris, v. 1, n. 2, p. 113-128, avr./juin 1972a.

BERTRAND, G. La “science du paysage”, une “science diagonale”. *Révue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, Toulouse, v. 43, n. 2, p. 127-134, avr. 1972b

BERTRAND, G. Les structures naturelles de l'espace géographique. L'exemple des montagnes cantabriques centrales (nord-ouest de l'Espagne). *Révue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, Toulouse, v. 43, n. 2, p. 175-206, avr. 1972c.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. *Raega - O Espaço Geográfico em Análise*, v. 8, 2004.

BRASIL. *Decreto nº 9.774, de 13 de dezembro de 2002.* Cria a Reserva Extrativista Mãe Grande de Curuçá, no Município de Curuçá, no Estado do Pará, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, seção 1, p. 42, 16 dez. 2002. Disponível em: >https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/DNN/2002/Dnn9774.htm<. Acesso em: 02 de fev. 2026.

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. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 149, n. 102, p. 1-8, 28 maio 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 2 fev. 2026.

BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Plano de Manejo da Reserva Extrativista de Mãe Grande de Curuçá/ICMBio [livro eletrônico]* / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. – 1. ed. – Brasília: ICMBio, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/marinho/lista-de-ucs/resex-mae-grande-de-curuca/arquivos/Minuta_PM_Resex_Mae_Grande_Curuca___Versao_5.pdf<. Acesso em: 02 de fev. 2026.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Panorama da erosão costeira no Brasil* [recurso eletrônico] / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial; Organização Dieter Muehe. – Brasília, DF: MMA, 2018. p. 71-76.

CAMARGO, J. C. G; TROPMAIR, H. A evolução da Biogeografia no âmbito da ciência geográfica no Brasil. *Geografia*, p. 133-155, 2002.

CARVALHO, C. de A. *Estudo morfoestratigráfico e sedimentológico dos depósitos holocênicos da planície costeira de Maracanã – NE do Pará*. Orientador: Maamar El-Robrini. 2007. 129 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2007. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/11578><. Acesso em: 02 de fev. 2026.

COLLI-SILVA, M. *et al.* Domestication of the Amazonian fruit tree cupuaçu may have stretched over the past 8000 years. *Communications Earth & Environment*, v. 4, n. 1, p. 401, 2023.

DA SILVA, Dionatan Miranda; LEITE, Emerson Figueiredo. Abordagem sistêmica e os estudos da paisagem. *Revista pantaneira*, v. 18, p. 14-29, 2020.

EMBRAPA. *Carapa guianensis* Aubl. (Andiroba). In: *Espécies Arbóreas da Amazônia*. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/especies-arboreas-da-amazonia/carapa-guianensis-aubl>. Acesso em: 04 de fev. 2026.

ESA. *ESA Copernicus DEM - GLO-30 Digital Elevation Model: Technical Documentation*. v. 1.3. Paris: European Space Agency, 2021. Disponível em: <https://spacedata.copernicus.eu/><. Acesso em: 05 jan. 2026.

FARR, T. G. *et al.* The Shuttle Radar Topography Mission. *Reviews of Geophysics*, v. 45, n. 2, 2007.

FERREIRA, V. O. A abordagem da paisagem no âmbito dos estudos ambientais integrados. *GeoTextos*, 2010.

G1. *Vale compra área para construir porto no Pará*. G1, 2011. Disponível em: ><https://g1.globo.com/economia/noticia/2011/02/vale-compra-area-para-construir-porto-no-para.html><. Acesso em: 05 Jan. 2026.

GÓES, A.M.; ROSSETTI, D.F.; NOGUEIRA, A.C.R.; TOLEDO, P.M. 1990. Modelo deposicional preliminar da Formação Pirabas no nordeste do Estado do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi*. Série Ciências da Terra, v. 2, p. 3-15, 1990.

HENRIQUES, M. G; PENIDO, C. The therapeutic properties of *Carapa guianensis*. *Current Pharmaceutical Design*, v. 20, n. 11, p. 1736-1743, 2014. DOI: 10.2174/13816128113199990048. Disponível em: PubMed. Acesso em: 2 de fev. 2026.

IBGE, Censo Demográfico. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*, 2022. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/quatipuru.html>>. Acesso em: 08 fev. 2026.

IBRAM. *Vale compra área gigante para construção de um novo porto no Pará*. Instituto Brasileiro de Mineração, Notícias Gerais - IBRAM, publicação em 07 de fevereiro de 2011. 2011. Disponível em: ><https://ibram.org.br/noticia/vale-compra-area-gigante-para-construcao-de-um-novo-porto-no-para/><. Acesso em: 05 Jan. 2026.

IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Cumaru: *Dipteryx odorata*. *Informações sobre madeiras*. São Paulo, 2023. Disponível em: ><https://madeiras.ipt.br/cumaru/><. Acesso em: 05 mar. 2026

LIMA, C. O *et al.* A relação de sambaquis costeiros com a evolução da paisagem costeira de quatipuru-pa no holoceno. *Anais do XX SBGFA - Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada & IV ELAAGFA - Encontro Luso-Afro-Americano de Geografia Física e Ambiente*. Campina Grande: Realize Editora, 2024. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/118522>>. Acesso em: 01/03/2026 14:09.

MAPBIOMAS, Projeto. *Coleção 10 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil (1985-2024)*. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 5 mar. 2026.

MIRANDA, L B. de; CASTRO FILHO, B. M. de; KJERFVE, B. *Princípios de oceanografia física de estuários*. São Paulo: Edusp. 2002.

OLIVA, A. *et al.* Effects of Tree Leaves, Tannins, and Water Color on Chlorophyll Concentrations in Ponds. *Hydrobiology*, v. 3, n. 3, p. 263-278, 2024.

OLIVEIRA, R. D. de. *Dinâmica de Inundação das Planícies Fluviais do Rio Xingu, na região do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte – Altamira-PA*. Geografia/Rita Denize de Oliveira – Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Orientador: Paulo César Rocha. Presidente Prudente, 2017. 397p.

PARÁ, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade. *LEI Nº 9.064 DE 25 DE MAIO DE 2020*. Estado do Pará. Disponível em: <<https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/files/pdf/6556.pdf>>. Acesso em: 10 de jan. 2026.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. *Sensoriamento remoto da vegetação*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

QGIS Development Team. *QGIS Geographic Information System (versão 3.34.13)*. 2025. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>. Acesso: 8 de fev. 2026.

ROSSETTI, D.F., TRUCKENBRODT, W., GÓES, A.M. Estudo paleoambiental e 126 estratigráfico dos sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras na Região Bragantina, Nordeste do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*: 1, 25-74. 1989.

ROUSE, J. W. *et al.* *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (Green wave effect) of natural vegetation*. Greenbelt: NASA/GSFC, 1974.

SAMPAIO, T; TESCHAUER, C. *Os naturalistas viajantes dos séculos XVIII e XIX e o progresso da etnografia indígena*. Salvador: Progresso, 1955. 305 p.

SIOLI, Harald. The Amazon and its main affluents: hydrography, morphology of the river courses, and river types. In: *The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Dordrecht: Springer Netherlands, 1984. p. 127-165.

SOBRINHO, J. F. A modificação do relevo de um campo de dunas (CE). *V Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro SulAmericano de Geomorfologia UFSM RS, 02 a 07 de agosto de 2004*. p. 9. Disponível em: <<http://lsie.unb.br/ugb/app/webroot/sinageo/5/3/Jose%20Falcao%20Sobrinho.pdf>>. Acesso em: 26 de fev. 2023.

SOUZA FILHO, P. W. M; EL-ROBRINI, M. Morfologia, processos de sedimentação e litofácies dos ambientes morfo-sedimentares da Planície Costeira Bragantina, Nordeste do Pará, Brasil. *Geonomos*, 1996.