



**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE  
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE  
FLORESTA NACIONAL DA RESTINGA DE CABEDELO**

**Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Chico Mendes de  
Conservação da Biodiversidade- PIBIC/ICMBio**

**Relatório de Final  
Ciclo 2021-2022**

**ANÁLISE DA DINÂMICA DE USO, COBERTURA E OCUPAÇÃO DO  
SOLO NA FOZ DO RIO PARAÍBA (PB)**

**Estudante: Uendry da Silva Ramos Maia**

**Orientador: Dr. Fabiano Gumier Costa (Orientador - ICMBio)**

**Co Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Andréa Leandra Porto Sales**

**Universidade Federal da Paraíba - (UFPB)**

**João Pessoa  
Agosto/2022**

## Resumo

Ações de conservação, manejo e gestão dependem da eficiência de ações de pesquisas. A organização dos dados e informações oriundos de investigação científica em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é condição *sine qua non* para gerar análises espaciais que contribuam com o planejamento e tomada de decisão sobre ações em áreas prioritárias para conservação e nas já institucionalizadas. O objetivo deste projeto de pesquisa é analisar a dinâmica da paisagem do estuário do rio Paraíba para subsidiar a criação de unidades de conservação e o manejo sustentável dos recursos naturais existentes. Contém: a) métodos utilizados para estimativas de Cobertura Vegetal e desflorestamento e do manguezal e da Área de Interesse do estudo; b) resultados em formato de mapas, que representam a espacialização, armazenamento e tratamento de dados espaciais coletados entre 2017 e 2019 em comunidades que habitam as margens dos principais rios da área recorte espacial desta pesquisa. A perda de floresta foi quantificada em 4.683 ha na Área de Interesse e na área de manguezal, somando as áreas de mangue degradadas e antropizadas, contabilizou-se a perda de 565,74 ha entre 2001 e 2020; bem como c) a estratégia de divulgação científica interativa idealizada na web; d) análise das ameaças na área de manguezal e; e) recomendações necessárias para o manejo; Constatou-se também perda de área do manguezal por ações antrópicas em 422,1 ha, confirmando a ameaça que o ecossistema sofre pela pressão da urbanização do seu entorno.

**Palavras-chaves:** Mangue; Análise espacial; Ações de Conservação

## Abstract

Conservation and management actions depend on the efficiency of research actions. The organization of data and information from scientific research in a Geographic Information System (GIS) is a sine qua non condition for generating spatial analyzes that contribute to planning and decision-making on actions in priority areas for conservation and in those already institutionalized. The objective of this research project is to analyze the dynamics of the landscape of the Paraíba River estuary to support the creation of conservation units and the sustainable management of existing natural resources. It contains: a) methodologies used for estimates of Vegetation Cover and Deforestation of the mangrove and of the Area of Interest of the study; b) results in map format, which represent the spatialization, storage and treatment of spatial data collected between 2017 and 2019 in communities that inhabit the banks of the main rivers in the spatial clipping area of this research. Forest loss was quantified at 4,683 ha in the Area of Interest and in the mangrove area, adding the degraded and anthropized areas, accounting for a loss of 565.74 ha between 2001 and 2020; as well as c) the interactive scientific dissemination strategy idealized on the web; d) analysis of threats in the mangrove area and; e) necessary recommendations for management; There was also a loss of mangrove area due to human activities in 422.1 ha, confirming the threat that the ecosystem suffers from the pressure of urbanization in its surroundings.

**Key-words:** Mangrove, Spatial Analysis, Conservation Actions

## **Figuras**

<b>Figura 01</b> -	Localização da Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo (Flona), Área de Interesse e Bacia do rio Paraíba	17
<b>Figura 02</b> -	Imagem de satélite utilizada em composição de bandas 6, 5 e 7	21
<b>Figura 03</b> -	Fluxograma dos arquivos em nuvem	23
<b>Figura 04</b> -	Fluxograma da metodologia utilizada no presente relatório	24
<b>Figura 05</b> -	Família beneficiando mariscos na Caiçara dos Mariscos e imagem do aterramento do solo	25
<b>Figura 06</b> -	Exemplo de construção de pier particular em Área de Preservação Permanente	26
<b>Figura 07</b> -	Exemplo de construções antrópicas diretamente às margens dos rios da bacia do rio Paraíba	27
<b>Figura 08</b> -	Complexo cimenteiro da fábrica CIMPOR contrastando com a vegetação local	28
<b>Figura 09</b> -	Foco no rio Tambiá (apelidado por muitos de “rio da merda”), com exemplos de placas de lodo e fezes	29
<b>Figura 10</b> -	Mapa de Localização de comunidades ribeirinhas	30
<b>Figura 11</b> -	Topografia da Área de Interesse	31
<b>Figura 12</b> -	Curvas de nível da Área de Interesse	32
<b>Figura 13</b> -	Relação entre altitude (curvas de nível), presença de comunidades e áreas de mangue degradado	33
<b>Figura 14</b> -	Declividade da Área de Interesse	34
<b>Figura 15</b> -	Pluviometria média anual da Área de Interesse	35
<b>Figura 16</b> -	Áreas de Preservação Permanente do rio Paraíba e tributários	36

<b>Figura 17</b> -	Buffer e desflorestamento detectadas - Detalhe da área próxima à Flona	37
<b>Figura 18</b> -	Cobertura Vegetal em 2000	38
<b>Figura 19</b> -	Unidades de Conservação na Área de Interesse	41
<b>Figura 20</b> -	Desflorestamento da Área de Interesse entre 2001 e 2020	42
<b>Figura 21</b> -	Cobertura em 2000 e desflorestamento entre 2001 e 2020 da Área de Interesse	43
<b>Figura 22</b> -	Estimativa de densidade de Kernel das perdas entre 2001 e 2020 da Área de Interesse - Concentração por ponto de desflorestamento	44
<b>Figura 23</b> -	Estimativa de densidade de Kernel das perdas entre 2001 e 2020 da Área de Interesse - Concentração área desflorestada	45
<b>Figura 24</b> -	Classificação Supervisionada e uso e ocupação do manguezal em 2020	46
<b>Figura 25</b> -	Exemplo de mangue morto/degradado	47
<b>Figura 26</b> -	Comunidade do Baralho e sua precariedade	49
<b>Figura 27</b> -	Classificação Supervisionada do entorno do estuário do rio Paraíba	50
<b>Figura 28</b> -	Presença de canaviais e comparação com a Classificação Supervisionada	52
<b>Figura 29</b> -	Monocultura e seus vários estágios de desenvolvimento	53
<b>Figura 30</b> -	NDVI do entorno do estuário do rio Paraíba em 2020	55

## **Tabelas**

<b>Tabela 01</b> -	Área por níveis de cobertura em km <sup>2</sup> , hectare e porcentagem total em 2020	39
<b>Tabela 02</b> -	Unidades de Conservação presentes na Área de Interesse, suas áreas e esferas constituintes	40

<b>Tabela 03</b> -	Área de desflorestamento entre 2001 e 2020 da Área de Interesse	42
<b>Tabela 04</b> -	Distribuição espacial por município do manguezal na Área de Interesse em 2000	46
<b>Tabela 05</b> -	Áreas da Classificação Supervisionada do manguezal em 2020	48
<b>Tabela 06</b> -	Áreas da Classificação Supervisionada do entorno do estuário do rio Paraíba em 2020	51
<b>Tabela 07</b> -	Distribuição espacial da Classificação Supervisionada em áreas anteriormente identificadas como plantios	53

### **Lista de Abreviaturas e Siglas**

AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba
APP	Área de Proteção Permanente
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
Flona	Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo
GEE	Google Earth Engine
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBIO	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
MDE	Modelo Digital de Elevação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NDVI	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada
NIR	Infravermelho Próximo
OLI	Operational Land Imager
RGB	Da sigla em inglês Red, Green and Blue, referente aos espectros de cores
SCP	Semi-Automatic Classification Plugin
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul
SRC	Sistema de Referência de Coordenada
SRTM	Missão Topográfica de Radar Embarcado
UC	Unidades de Conservação
USGS	United States Geological Survey

UTM

Universal Transversa de Mercator

**Sumário**



<b>APRESENTAÇÃO</b>	10
<b>1 - INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2 - OBJETIVOS</b> .....	16
<b>3 - MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	17
3.1 - Área de Estudo	17
3.2 - Obtenção de dados	18
3.3 - Classificação supervisionada das imagens de satélite	19
3.4 - Análise de densidade - Estimativa de Kernel	21
3.5 - Normalized Difference Vegetation Index	22
3.6 - Fluxograma metodológico e organização das informações em banco de dados	23
<b>4 - RESULTADOS</b> .....	25
4.1 - Localização e Comunidades	25
4.2 - Aspectos físicos da área de interesse - estuário do rio Paraíba	30
4.3 - Áreas de Preservação Permanente (APP) no estuário do rio Paraíba	35
4.4 - Cobertura vegetal (2000) e Desflorestamento (2001 - 2020)	37
4.5 - Importância das Unidades de Conservação na proteção da cobertura vegetal da Área de Interesse	39
4.6 - Estimativa de Densidade de Kernel	43
4.7 - Área de manguezais em 2000 e impactos atuais	45
4.8 - Classificação supervisionada das áreas vizinhas ao manguezal do estuário do rio Paraíba	49

4.9 - Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)	54
<b>5 - DISCUSSÃO E CONCLUSÕES .....</b>	<b>56</b>
<b>6 - RECOMENDAÇÕES PARA O MANEJO .....</b>	<b>58</b>
<b>7 - AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>59</b>
<b>8 - CITAÇÕES E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>61</b>

## **APRESENTAÇÃO**

Neste relatório expomos as atividades do projeto de pesquisa ANÁLISE DA DINÂMICA DE USO, COBERTURA E OCUPAÇÃO DA FOZ DO RIO PARAÍBA que tem apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) do ICMBio e parceria com o Departamento de Geociências da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Esse projeto faz parte do segundo ciclo do projeto de pesquisa MANGUE VIVO idealizado dentro do plano de manejo da unidade de conservação Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo.

O projeto Mangue Vivo é um plano de ação em atividades de pesquisa e educação ambiental para gerenciamento da UC citada. As atividades de pesquisa tiveram início em 2017 e o primeiro ciclo foi encerrado no ano de 2020, quando foi concluído o diagnóstico socioeconômico do estuário do Rio Paraíba em parceria com o Instituto Federal da Paraíba (IFPB) e publicado o relatório “Aspectos Socioeconômicos e Ambientais do Estuário do Rio Paraíba (PB) e Cenários para Criação de Unidades de Conservação” (2021). A partir desse relatório, se constatou a necessidade de obter informações detalhadas sobre as condições de pressão e degradação dos elementos ambientais do manguezal através de técnicas variadas de geoprocessamento.

Assim, as atividades e resultados aqui relatados expõem o encaminhamento das atividades de pesquisa do projeto Mangue Vivo, que entra agora no seu segundo ciclo com o objetivo de organizar os dados espaciais do projeto e realizar análises geoespaciais que auxiliem ação de conservação e conscientização dos problemas. A seguir o texto está dividido em Introdução, Objetivos, Materiais e Métodos, Resultados, Discussão e Conclusões e Recomendações para Manejo. Boa leitura!

## INTRODUÇÃO

A organização dos dados e informações oriundos de investigação científica em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é condição *sine qua non* para gerar análises espaciais que contribuam com o planejamento e tomada de decisões sobre ações em áreas prioritárias para conservação e nas já institucionalizadas. Nesse sentido, este projeto de pesquisa analisa a dinâmica da paisagem do estuário do rio Paraíba, entre os anos 2001 e 2020, para subsidiar a construção de um SIG que auxilie o planejamento das ações de manejo, pesquisa e de educação ambiental na Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo (Flona) e na região de entorno, onde se estuda a possibilidade de criação de novas Unidades de Conservação (UC). Para tanto, foi identificado um conjunto de temas e atributos considerados prioritários e relevantes para a gestão da Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo (Flona) e região de entorno, no baixo rio Paraíba (PB), compreendendo os municípios de João Pessoa, Cabedelo, Lucena, Santa Rita e Bayeux. Esse conjunto orientou a arquitetura do projeto cartográfico e banco de dados que foi concebida a partir das orientações contidas no “Roteiro Metodológico de Planejamento: parque nacional, reserva biológica e estação biológica” (MMA, 2011), no “Roteiro Metodológico para Elaboração e Revisão de Planos de Manejo das Unidades de Conservação Federais” (ICMBIO, 2018) e de necessidades específicas dessa UC.

O estuário do rio Paraíba faz parte do sistema de florestas pluviais tropicais, que se estende desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul, ocupando uma área de, aproximadamente, 1.200.000 km<sup>2</sup> (MMA, 2007). Muito embora, o Atlas dos Manguezais do Brasil assinala que essa extensão ocorre desde 04°20’N (Oiapoque, AP) até 28°30’S (Laguna, SC) (ICMBIO, 2018). Nesse contexto, o litoral paraibano e a área de interesse do projeto circunscreve diversos ecossistemas tropicais em zona de domínio do Bioma Mata Atlântica, dentre os quais priorizamos na análise os manguezais, restingas, apicuns e a floresta ombrófila.

O estudo publicado em 2003 pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), intitulado “*Status and Trends in Mangrove Area Extent Worldwide*”, quantificou área de manguezal na superfície terrestre no ano 2000 e avaliou os impactos recentes. De acordo com esse estudo, países como Indonésia, Brasil, Nigéria e Austrália têm juntos mais de 6,5 milhões de hectares, representando 41% da área do ecossistema em todo o globo. O Brasil tem uma importância espacial significativa e ainda que o manguezal esteja severamente ameaçado, esse total é bastante representativo para ações de proteção e manejo.

O “Atlas dos Manguezais do Brasil” estima uma cobertura de 13.925 km<sup>2</sup> do ecossistema no país. Embora não se saiba a área original do período pré-colonização, o referido estudo estima que 25% de sua extensão tenha sido desflorestada no século XX. Sendo essa perda causada, principalmente, pela ocupação histórica territorial do país, que se caracteriza pela instalação dos primeiros núcleos urbanos na linha de costa e práticas de agricultura comerciais extensivas, como o exemplo da carcinicultura, que se constitui da criação de camarões em grandes tanques abastecidos pelas águas dos estuários.

O Nordeste e Sudeste do Brasil são as regiões que mais perderam a cobertura original estimada, sendo quantificado 40% de desflorestamento desse ecossistema (ICMBIO, 2018). Essas regiões receberam os primeiros núcleos urbanos do país e o crescimento do tecido urbano deles, hoje, caracterizam regiões metropolitanas que exercem pressão no manguezal seja através da instalação de equipamentos urbanos, edificações diversas, poluição e/ou demanda para consumo alimentício.

De acordo com Alongi (2009), o manguezal é um dos ecossistemas contido no Bioma Mata Atlântica, caracteriza-se como um sistema de transição, isto é, traz em si características tanto do ambiente oceânico quanto de águas de rios. Nas zonas entre estuários e o ambiente marinho de zonas tropicais e subtropicais do globo, ocorrem correntes marinhas quentes que propiciam águas com temperaturas superiores a 20°C durante o inverno. Embora possua setenta espécies arbóreas conhecidas e adaptadas, o manguezal se caracteriza por uma relativa baixa concentração de biodiversidade local, em zonas equatoriais sua biomassa rivaliza com a de florestas equatoriais. Todavia, essa biodiversidade é de fundamental importância na captura de carbono em sua biomassa e no solo, pois, segundo o “Atlas dos Manguezais do Brasil”, a quantidade de carbono capturado proporcional à área, quando somada a biomassa acima do solo e abaixo dele, é consideravelmente maior que as da Floresta Amazônica (ICMBIO, 2018).

Outros dois aspectos importantes para manutenção da biodiversidade do ecossistema de manguezal é o índice pluviométrico anual acima dos 1.500 mm/ano, sem grandes períodos de estiagem (CORREIA, 2005) e o sistema de marés que tem particular influência nesse

ecossistema por diversas razões, dentre elas a circulação de ovos, larvas e vegetação de incontáveis espécies micro e macroscópicas pela subida e descida do nível das águas, o que proporciona oportunidade para alcançarem áreas mais internas dos estuários (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995). Ademais, a área de abrangência do manguezal é diretamente influenciada pelo movimento diário das marés e sua amplitude, que cria gradientes de salinidade no solo e na água. Além da alta salinidade, essas áreas passam longos períodos cobertos por água, criando condições de baixa disponibilidade de oxigênio, o que exigiu adaptações evolutivas das poucas espécies vegetais capazes de colonizar esse ambiente, além de fauna específica e de grande importância socioeconômica (WALTER, 1986).

O sistema de marés e a saúde do ecossistema de manguezal são importantes indicadores na preservação da fauna e da flora locais e migratórias, pois, além de ser fonte de alimentação de aves, crustáceos, dentre outros seres vivos nativos, também é fundamental para estágios de desenvolvimento de espécies marinhas como peixes e tubarões (Elasmobrânquios), que transitam entre o oceano e o estuário. No reino biogeográfico, os manguezais são divididos em duas classes: Indo Oeste Pacífico e Atlântico Pacífico Leste (YESSOUFOU; STOFFEBERG, 2016). Sua baixa diversidade florística é composta no manguezal analisado por três espécies arbóreas que se destacam a saber: mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*), mangue-preto (*Avicennia schaueriana*) e mangue-branco (*Laguncularia racemosa*). Já os Apicuns são áreas compostas por gramíneas e topografia um pouco mais alta, atingidas sazonalmente em marés mais elevadas (marés de sizígia), o que torna suas terras hipersalinas, menos úmidas e mais expostas à insolação. Nos apicuns, identifica-se espécies vegetais de porte herbáceo, adaptadas a essas condições, como *Sesuvium portulacastrum*, *Eleocharis mutata*, *Sporobolus virginicus* e *Salicornia virginica*. Encontra-se prolífico número de microrganismos, algas cianofíceas e diatomáceas, como também caranguejos no local, a exemplo de *Sesarma* sp., *Chasmagnatus* sp., *Uca* spp. e *Ucides cordatus* (MMA, 2018).

O Manguezal recorte espacial desta pesquisa tem uma história de ocupação antiga, que remete ao Período Colonial. João Pessoa é o centro urbano da região metropolitana que o mesmo está inserido, teve um processo de urbanização lento quando comparada com outras capitais do país, mas por ter se constituído como cidade ainda no Período Colonial fez um uso intensivo dos recursos do manguezal em função da estratégia militar portuguesa de ocupação (SALES, 2009). Para fins de investigação dos atuais aspectos socioeconômicos do manguezal analisado, ainda no primeiro ciclo do projeto, foram identificadas doze comunidades ribeirinhas vinculadas ao local de estudo e que ali estão pelo menos desde o início do século XX, a saber, são elas: Nossa Senhora do Livramento (Santa Rita), Baralho (Bayeux), Ribeira

(Santa Rita), Forte Velho (Santa Rita), Camalaú (Cabedelo), Costinha (Lucena), Jacaré (Cabedelo), Jardim Manguinhos (Cabedelo), Oceania VI (Cabedelo), Renascer III (Cabedelo), Porto da Oficina (Bayeux) e Porto do Cacete (Bayeux). Todas essas comunidades estão diretamente conectadas às paisagens que compõem o estuário. Muitos dos seus residentes vivem do rio e do mangue, utilizam transportes aquáticos como canoas e têm a organização dos seus modos de vida e trabalho a partir da extração dos recursos naturais ali existentes. O impacto ambiental no estuário do rio Paraíba os afeta diretamente, pois são eles os primeiros a sentirem as consequências da poluição difusa, do lançamento de esgoto não tratado e do desflorestamento.

No relatório “Projeto Mangue Vivo: Aspectos socioeconômicos e ambientais do estuário do rio Paraíba e cenários para criação de Unidades de Conservação”, os autores confirmaram que os ribeirinhos já percebem o desgaste dos ecossistemas, especialmente, quando fazem referência a redução dos estoques de recursos pesqueiros. Em síntese, para todas as comunidades entrevistadas, 86% dos pescadores informaram perceber a redução dos estoques (n=331). As principais explicações dadas pelos autores foram: poluição por esgoto no rio e manguezal (27,3%); sobre-exploração (17,5%) e despejo de resíduos sólidos no rio e manguezal (10,6%) (GUMIER-COSTA; NATIVIDADE; CAMARGO-ZORRO, p. 198-200, 2021). No relatório constam que foram entrevistadas 376 pessoas de 8 comunidades espalhadas nas margens dos rios estuarinos, das quais 53% eram homens e 47% mulheres, com idade média e tempo de permanência no trabalho de, respectivamente, 46 e 31 anos. No total, 55% dos entrevistados afirmaram ter a pesca como principal fonte de renda, sendo os programas governamentais importantes complementos para o sustento.

As condições de infraestrutura e qualidade de vida podem ser percebidas em números que apontam uma realidade dura, pois além de pouco ou nenhum acesso a saneamento básico ou estruturas do estado, 26% moram em residências alugadas, 22% em terrenos da união e 20% em propriedade privada. Como reflexo da geografia em que vivem, 86% dos que responderam ao questionário afirmaram ter embarcações para fazer deslocamento e em 87% deste número não eram próprias. Dos que se identificaram como pescadores, 29% pescam diariamente, 19% três vezes por semana e 14% por dois dias. Entre as espécies da fauna local são pescadas tainhas, ostras, camarões, siris, caranguejos, dentre outros, destinando 37% para consumo próprio e da família, 30% em vendas para a própria comunidade, 25% vai para intermediários e apenas 7% chega às feiras livres das cidades do entorno (GUMIER-COSTA; NATIVIDADE; CAMARGO-ZORRO, 2021). O relatório destaca os problemas mais apontados pelos moradores das comunidades e percebe-se que morar às margens dos rios também os coloca às

margens da sociedade, desconectados de quaisquer serviços públicos básicos, como saneamento básico, tratamento de lixo e segurança pública.

“os temas com maior frequência foram: assistência médica ruim (e/ou falta de posto de saúde) (20,5%); falta de infraestrutura (drenagem, calçamento, iluminação pública...) (10,9%); insegurança e violência (10,5%); falta saneamento básico e despejo de esgoto no rio (8,9%) e destinação inadequada de lixo em quintais e rio (7,4%).” (Idem, p. 223).

Afinal, no Brasil, as condições de desigualdade no acesso à moradia têm empurrado populações de baixo ou sem nenhum poder aquisitivo para áreas de proteção ambiental por não serem essas incorporadas, legalmente, à dinâmica do mercado imobiliário (PEREZ e SALES, 2020).

Isso posto, o presente trabalho utilizou ferramentas de geoprocessamento para mapear e caracterizar aspectos físicos que proporcionam a presença do ecossistema de mangue, bem como quantificar a área com cobertura vegetal em 2000 e o desflorestamento entre os anos de 2001 e 2020, para construção de banco de dados que será disponibilizado ao público.



## OBJETIVOS

### Objetivo geral:

Analisar a dinâmica da paisagem, uso e ocupação do solo por meio de classificação de feições e cobertura vegetal na região do estuário do rio Paraíba, entre 2001 e 2020 (recortes em intervalos de cinco anos), criando um SIG que incorpore dados de campo do Projeto Mangue Vivo.

### Objetivos Específicos:

1. Classificar a cobertura e uso do solo com ferramentas de geoprocessamento, espacializando pontos de degradação e poluição ambiental (efluentes industriais e domésticos), atividades antrópicas (carcinicultura, ocupação de mangue, plantio de cana-de-açúcar, extração de areia, etc.), bem como áreas de conflitos e locais de coletas de recursos naturais pelas comunidades;
2. Organizar um projeto cartográfico em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) contendo camadas vetoriais, *raster* e metadados associados, coletados pelo Projeto Mangue Vivo, relativos às comunidades humanas situadas no estuário do Rio Paraíba (Municípios de Bayeux, Cabedelo, João Pessoa, Lucena e Santa Rita), mais especificamente aquelas situadas nas proximidades de áreas de manguezal e restinga, e que exerçam atividades relacionadas à exploração e/ou manejo de recursos naturais, organizado em *storymap* e acessado pelo site <<https://arcg.is/0H5nLX>>;
3. Organizar um banco de dados (modelo geo-relacional) em plataformas de domínio público que contribua com a eficiência do gerenciamento da Flona e compatibilize base de dados governamentais com dados oriundos de projetos de pesquisa, que possuem informações sobre a área recorte espacial de estudo e que será disponibilizado no final deste segundo ciclo;

4. Identificar a distribuição da cobertura vegetal com classificações por meio de geoprocessamento e visualizar as diferentes paisagens, além de delimitar áreas de degradação e desflorestamento do ecossistema de manguezal entre os anos de 2001 e 2020.

## MATERIAL E MÉTODOS

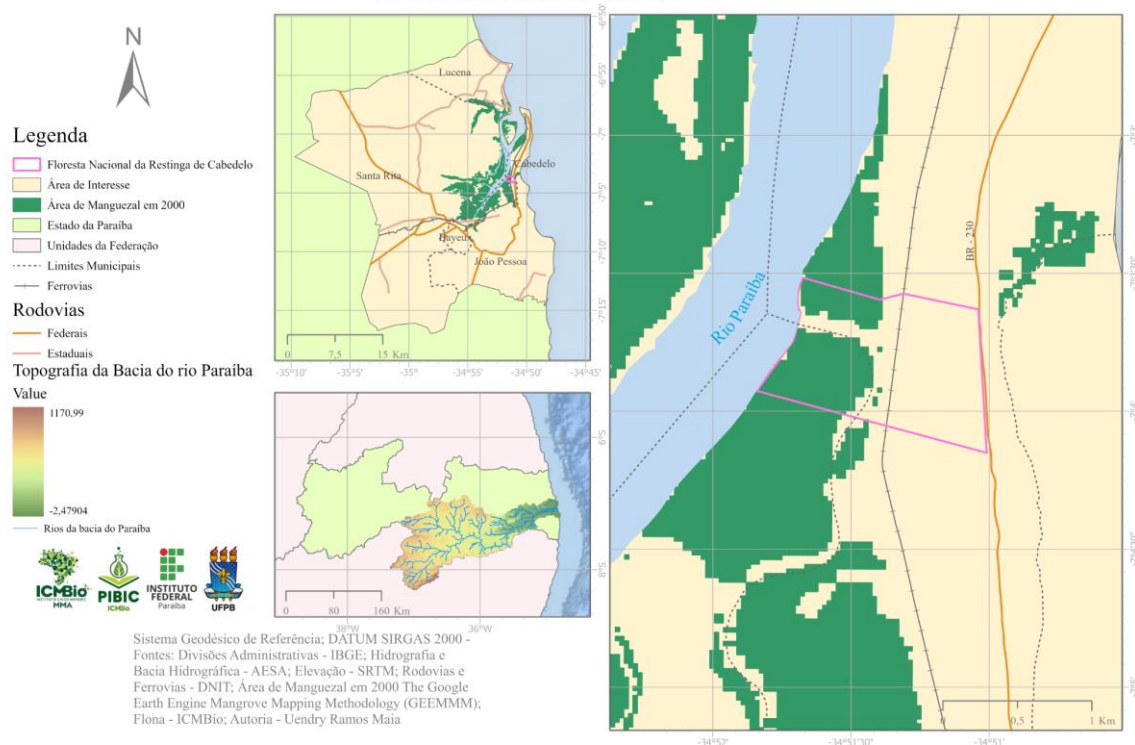
### 3.1 Área de Estudo

O estuário do rio Paraíba - área de interesse desta pesquisa - compreende o polígono delimitado pelas coordenadas:  $-35,385768530^{\circ}$  O;  $-34,569200628^{\circ}$  L;  $-7,292971660^{\circ}$  S e  $-6,854834689^{\circ}$  N, representado na **figura 01**. A área compreende o território dos municípios de João Pessoa, Bayeux, Cabedelo, Santa Rita e Lucena por entender que as políticas com determinação territorial desses municípios - zoneamentos, plano diretor, etc -, em conjunto e sinergia com as políticas estaduais e federal, exercem influência no uso e ocupação do manguezal e área circunvizinha, cujo equilíbrio ou desequilíbrio ecológico afeta diretamente a saúde do manguezal.

A bacia do rio Paraíba tem uma área de 20.197,999 km<sup>2</sup>, ou 2.019.799,921 ha, dos quais 766,091 km<sup>2</sup>, ou 76.609,176 ha, estão contidas apenas na Área de Interesse, que responde a 40,72% da mesma e corresponde ao baixo curso do rio Paraíba. A Flona por sua vez tem uma área 1,143 km<sup>2</sup>, ou 114,34 ha, e está localizada na margem direita desse rio.

**Figura 01** - Localização da Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo (Flona), Área de Interesse e Bacia do rio Paraíba.

## Localização da Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo (Flona), Área de Interesse do Estudo e Bacia do rio Paraíba



Fontes: Divisões Adm. - IBGE (2020); Área de Manguezal em 2000 - The Google Earth Engine Mangrove Mapping Methodology; Flona - ICMBio

### 3.2 Obtenção de dados

A configuração do banco de dados e do projeto cartográfico foi realizada com o sistema de projeção SRC SIRGAS2000, por ser o *datum* oficializado como o novo referencial para o Sistema Geodésico Brasileiro (IBGE, 2005) e obrigatório para produção de dados abertos do governo brasileiro. Como algumas ferramentas de geoprocessamento necessitam de um SRC em UTM para cálculo de áreas, utilizou-se o SIRGAS 2000 UTM zone 25S.

As estatísticas, cálculos de áreas e análises de imagens de satélite, foram realizadas no software QGIS, em sua versão 3.24.1, e depois transportado para o ArcGIS Pro, na versão 3.0.0, para confeccionar *layouts* com fins de divulgação científica. As escalas padrão do projeto são exibidas nas proporções da área de interesse, Flona e manguezais, respectivamente em: 1:250000, 1:26000 e 1:120000.

Os estudos topográficos foram realizados para dar subsídio à elaboração de análises espaciais futuras, e que necessitam da coleta de outros dados, como a distribuição de espécies arbóreas e contaminação do solo e água do mangue. Por ora, a altimetria nos permite entender a interferência do sistema de marés no represamento de água na ocasião da maré baixa. Essas representações foram criadas com base nos “Modelos Digitais de Elevação (MDE)”

disponíveis no SRTM - Missão Topográfica Radar Shuttle ou Missão Topográfica de Radar Embarcado (acrônimo em inglês SRTM - Shuttle Radar Topography Mission), com resolução espacial de 30 metros. A partir desses dados, foram criados os modelos de topografia, declividade e curvas de nível. Para a medição de altitude, agrupamos os valores do *raster* dos MDE, em intervalos de 5 metros, e aplicamos as simbologias padrão para representar graficamente sua variação. No cartograma de declividade, foi utilizado comando do próprio QGIS, contidos no menu “Raster -> Análise -> Declividade”, usando a classificação da EMBRAPA (EMBRAPA, 2018). Já para a elaboração do cartograma de curvas de nível, também no QGIS, foi seguido o caminho “Raster -> Extrair -> Contorno”, com espaçamento de 10 metros entre as isolinhas.

Para a análise climática, a técnica escolhida foi a de isoietas. Na confecção de pluviometria média, utilizamos os dados coletados da AESA. Os índices encontrados também corroboram com os aspectos necessários para a presença do manguezal na área. O uso de isoietas, de acordo com Tucci (1993), serve para representar a diferença em termos de precipitação por área, ao utilizar dados de pontos para interpolar os valores da média pluviométrica anual criando isolinhas de 30 metros.

A análise de cobertura vegetal foi realizada a partir do Google Earth Engine, extraindo conteúdos via *console* da aplicação com o uso de programação em linguagem Javascript. Com essa ferramenta, sob orientação do estudo e banco de dados contidos em “High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change” (HANSEN *et al*, 2013), foi possível coletar um *raster* contendo a cobertura vegetal detectada no ano de 2000 e as perdas ocorridas entre os anos de 2001 e 2020. Cada *pixel* obtido tem resolução de 30 metros e apresenta um valor. No caso do estudo supracitado, por buscarmos extrair duas informações do mesmo banco de dados, optou-se por fazer as classificações da seguinte forma: os dados de cobertura vegetal do ano de 2000, para qual cada *pixel* tem o valor entre 0% e 100%, detectado via índice de reflectância, foram divididas em cinco classes para facilitar a leitura de concentração de área verde. Uma de valor 0%, mostrando desflorestamento total, e as demais em intervalos de 25%, perfazendo o total de cinco classes. Já os dados de desflorestamento entre os anos de 2001 e 2020, foram classificados em intervalos de cinco anos, totalizando quatro classes, para possibilitar no futuro a compreensão dos fatores que incidiram sobre a derrubada de florestas.

Já a área de abrangência do ecossistema de manguezal, também utilizamos o GEE como ferramenta para obtenção de dados *raster* de manguezais no ano 2000, uma vez que o estudo “The Google Earth Engine Mangrove Mapping Methodology (GEEMMM)” (YANCHO *et al*, 2013), fez as medições baseadas em índice de reflectância observados em mosaicos de imagens

de satélites que o pesquisador utilizou para construir o banco de dados. A imagem resultado também apresenta resolução de 30 metros.

E todas as representações estão presentes na parte 4 deste relatório. Aquelas que possuem dados espaciais de outra natureza, tiveram os dados extraídos de banco de dados públicos de instituições governamentais.

### **3.3 Classificação supervisionada das imagens de satélite**

Como o manguezal do estuário do rio Paraíba é extenso e possui pressões antrópicas de diferentes atividades - agricultura e urbana - optamos como primeiro procedimento identificar e classificar a área, com foco em obter a localização exata de áreas “problemáticas”. Desta forma, foram executadas duas Classificações Supervisionadas e duas divisões de classes. Na área restrita ao manguezal estudado, a classificação tipificou a área em oito classes, são elas: Nuvem, Sombra, Mangue degradado, Apicum sem vegetação, Corpos hídricos, Mangues preto e vermelho, Mangue branco e Áreas Urbanizadas. Tal classificação, é também um procedimento importante para detectar com precisão áreas do mangue que são consideradas doente ou morta. Já a Classificação Supervisionada da área do entorno do estuário estudado foi dividida em nove classes: Manguezal, Mangue degradado, Florestas, Áreas Antropizadas, Monoculturas e solos expostos, Croas, Corpos hídricos, Sombras e Nuvens. Ambas foram utilizadas para espacializar e contabilizar os diferentes tipos de áreas descritas nesta investigação.

É importante destacar que as imagens de satélite em *raster* utilizadas neste trabalho foram obtidas junto ao Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS - na sigla em inglês), em específico aquelas obtidas através dos satélites da família Landsat 8, identificador LC82140652020037LGN00, sensor OLI, com resolução de 30 metros por pixel. Na coleta dos dados, priorizou-se a correção atmosférica integrada para facilitar o futuro uso das bandas de cores que serão exploradas mais à frente (USGS, 2020). Para realizar a classificação das áreas de mangue e ecossistemas, utilizou-se a técnica estatística de verossimilhança aplicada à espacialização por meio de amostras conhecidas coletadas e do uso da aplicação de geoprocessamento “*Semi Automatic Classification*” (SCP) do QGIS, em sua versão 7.10.6 (DUTRA *et al*, 2020). Estudos dessa natureza se baseiam em análises de reflectância, medindo a quantidade de luz que retorna aos sensores satelitais - medição de seus espectros - e, assim, classificam as imagens usando tais parâmetros.

Uma composição de cores das imagens de satélite nas bandas 6, 5 e 7 foi realizada e está representada na **figura 02**, em ordem RGB, do sensor OLI, delimitando 25 amostras de feições conhecidas, referentes às diferentes classes de paisagens observadas no local. A aplicação classifica conforme regras de nomenclatura pré-estabelecidas. Para extração de dados espaciais, utilizamos as ferramentas *r.reclass* para *rasters* sem classificação e *r.report* para camadas já classificadas. Para a utilização delas, segue-se por “Caixa de Ferramenta -> Buscar -> *r.reclass* ou *r.recode*”. Na formação de tabelas, utilizou-se o Windows Excel online, que também auxiliou na organização e cálculos estatísticos como porcentagens e afins.

**Figura 02** - Imagem de satélite utilizada em composição das bandas 6, 5 e 7.

### **Composição das bandas 6, 5 e 7 do sensor OLI - Landsat 8**



Fonte: Landsat 8 - USGS

### 3. 4 Análise de densidade - Estimativa de Kernel

Verificamos que as áreas desmatadas entre os anos de 2001 e 2020 estão distribuídas de modo disforme na área de interesse do projeto. Para identificar as áreas de concentração de desflorestamento optou-se por utilizar a técnica de estimativa de Kernel, que classifica áreas de acordo com a ocorrência de pontos. Para utilizá-la, transformamos o *raster* que continha os dados do período em vetor pelo menu geoprocessamento do citado programa (*raster* -> converter -> converter *raster* em vetor). E criamos duas camadas de pontos, uma contendo o valor da área referente a cada polígono e outra contendo os pontos com raio estimado para a interpolação no valor de 1200 metros. Obtém-se o resultado pela “Caixa de Ferramentas -> Interpolar -> Mapa de calor (estimativa de densidade Kernel)”. Essa técnica pode ser melhor explicada por Sant’ana et al. (2014) , quando sintetiza:

“A Densidade de Kernel é uma técnica de interpolação exploratória que gera uma superfície de densidade para a identificação visual de “áreas quentes”. Entende-se a ocorrência de uma área quente como uma concentração de eventos que indica de alguma forma a aglomeração em uma distribuição espacial. (SANT’ANA et al., p. 5, 2014).”

Os polígonos de concentração gerados permitem visualizar com nitidez onde ocorre com maior frequência e densidade o desflorestamento.

### 3.5 Normalized Difference Vegetation Index

No processamento das imagens para a produção do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada - (NDVI, na sigla em inglês), foi utilizada a equação:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{Vermelho}) / (\text{NIR} + \text{Vermelho})$$

onde:

NDVI = índice resultado;

NIR = banda de infravermelho próximo;

Vermelho = banda vermelha. (ROUSE *et al.*, 1973)

Esse índice é importante para monitorar os estágios de cultivo de monoculturas que se justapõe ao manguezal. Para a confecção do cartograma, foram utilizadas imagens de satélite

Landsat 8, do qual as bandas referentes foram, respectivamente, 5 e 4. A primeira é referente ao NIR e a segunda é ao espectro de cor vermelha. Com o uso da calculadora de *raster*, “menu Raster -> Calculadora Raster”, e usando a expressão acima, criou-se uma composição. Essa técnica mede o nível de luz refletido pela vegetação, com valores entre o intervalo de -1 e +1. Quanto mais próximo do um positivo, melhor a saúde e densidade apresentada pela vegetação, sendo o inverso também aplicado. Para a simbologia, foi utilizado o modo “quartil” em cinco classes. Como a imagem possui nuvens, as áreas calculadas excluíram, pelo método de diferença de vetores (“Vetor -> Geoprocessamento -> Diferença”), as áreas classificadas pelo *plugin* SCP como sendo Nuvens e Sombra de Nuvens, obtidos em passos anteriores.

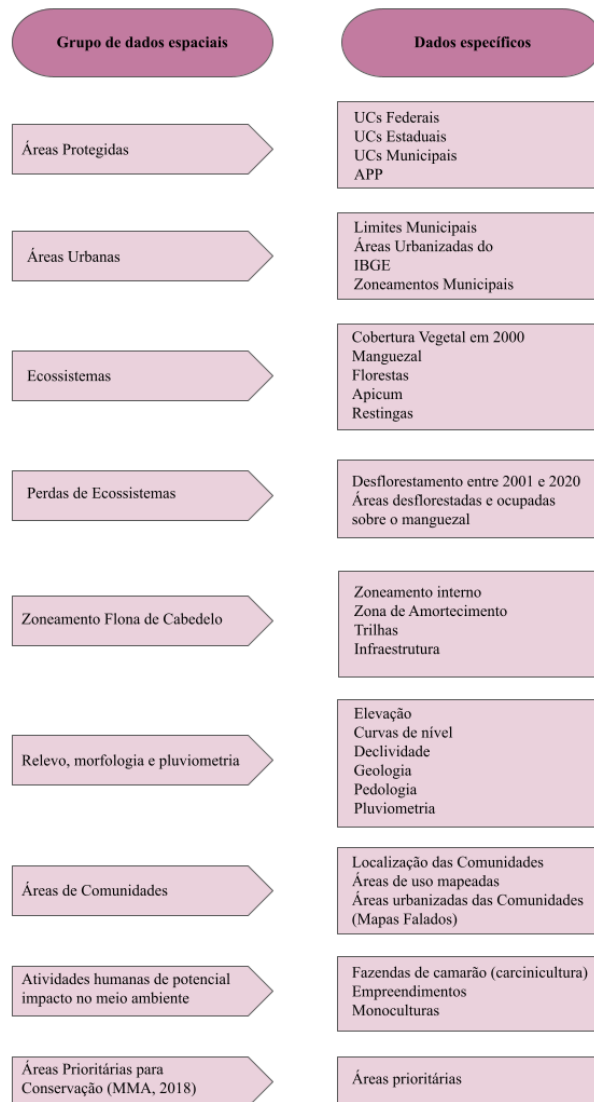
Para efeito de comparação com a Classificação Supervisionada, foram criados polígonos classificados manualmente sobre imagem do Google Earth da área de interesse do ano de 2000 (Google Earth, 2000), com base na imagem e em conhecimento prévio da área, gerando polígonos referentes aos canais e canavieira. A diferença é relatada na parte 4 deste relatório.

### **3.6 - Fluxograma metodológico e organização das informações em banco de dados**

O compartilhamento das informações coletadas neste estudo se dará por meio de um arquivo em nuvem que poderá ser acessado pelo público com a conclusão do projeto Mangue Vivo. A arquitetura do mesmo foi idealizada para organizar os dados de maneira descritiva, conforme mostrado na **figura 03**. Para reprodução das técnicas aqui utilizadas, também com o objetivo de facilitar o entendimento do leitor, a **figura 04** mostra um fluxograma com o passo a passo dos dados no uso do SIG para obtenção dos dados aqui expostos.

**Figura 03** - Fluxograma dos arquivos em nuvem.





**Figura 04** - Fluxograma da metodologia utilizada no presente relatório.



## 4 - RESULTADOS

#### 4.1 - Localização e Comunidades

No intuito de conhecer a situação socioespacial dos ribeirinhos, o estudo realizou três visitas guiadas onde foram encontrados alguns aspectos ambientais que precisam ser destacados: primeiro a falta de estrutura de saneamento básico, como água potável, esgotamento sanitário e falta de coleta de resíduos sólidos, fatores que contribuem para a poluição das águas do estuário; segundo o aterramento de parte do manguezal por restos de mariscos e entulhos de construção civil, que acabam servindo para expansão do terreno e são utilizados para construções de edificações, e por último porém sem esgotar a presença de grandes fazendas de carcinicultura e plantações de monoculturas como a de cana-de-açúcar.

Na primeira visita, foi verificado que a caiçara dos mariscos resulta de um aterramento, **figura 05**, próximo ao lançamento de esgoto in natura no rio Mandacaru, que faz parte do sistema do estuário do rio Paraíba. Essa é uma situação problema que se repete em outras comunidades como a do Porto e Caiçara do Rabo da Gata, que são situados na fronteira com a Flona.

**Figura 05** - Família beneficiando mariscos na Caiçara dos Mariscos e imagem do aterramento do solo.



Fonte e autoria: Carlos Alberto Cavalcanti Soares, 2020

Foram também indicados pelos ribeirinhos pontos de acesso aos rios e comunidades e pontos utilizados pelos ribeirinhos para pesca e coleta de caranguejo e mariscos, como a Área de Sururu, que encontra-se no interior da Flona, no rio Mandacaru, onde é encontrado o mexilhão; a Croa da Boca do Rio, também encontra-se no rio supracitado e dentro da UC, é utilizada por pescadores da comunidade do Renascer para coleta de mariscos; já nas proximidades da foz do rio Mandacaru, onde este deságua no rio Paraíba, é encontrado um ponto onde se pratica a pesca por cerco da espécie de peixe tainha (da família *Mugilidae*); na Camboa dos ferros e na Camboa do atalho foram indicados pelos moradores pontos de pesca, coleta de ostras, siris, caranguejos e mariscos; Ainda nesta primeira visita, foram identificadas fazendas de camarão que abastecem seus grandes tanques com a água dos rios, como no Viveiro da Aquamares, no bairro do Alto do Céu em João Pessoa.

Na segunda visita, foram identificados pontos onde há uso indevido da área de manguezal, como a presença de *piers* particulares e resíduos sólidos às margens do rio Paraíba. Também identificou-se o uso da pesca de tomada pelos ribeirinhos, técnica que utiliza grandes redes que aprisionam uma maior quantidade de peixes que a pesca manual. Na margem esquerda do rio da Guia, no município de Lucena, foram localizadas muitas construções antrópicas, a maioria casas de veraneio e finais de semana dirigidos às classes mais altas, mostrado na **figura 06**.

**Figura 06** - Exemplo de construção de píer particular em Área de Preservação Permanente.



Fonte e autoria: Carlos Alberto Cavalcanti Soares, 2020

Na terceira visita, foram percebidos os mesmos problemas das anteriores, contudo também identificou-se locais de lançamento de esgoto por empresas e casas imediatamente às margens dos rios da bacia do rio Paraíba, como nas ruas São José e Idalina Leite, e Porto São José, no município de Bayeux, como pode ser visto na **figura 07**.

**Figura 07** - Exemplo de construções antrópicas diretamente às margens dos rios da bacia do rio Paraíba.



Fonte e autoria: Carlos Alberto Cavalcanti Soares, 2020

Ainda nesta visita, foi relatado pelos ribeirinhos o despejo de esgotamento industrial nos rios, causando mortandade das espécies locais, de empresas como a fábrica Cisol (Companhia Industrial do Sisal) no município de Bayeux, que já fora multado pelo IBAMA em decorrência desses lançamentos clandestinos; e um ponto que pode ser de origem da cimenteira CIMPOR ou da Companhia de Águas da Paraíba, a Cagepa. Essa mesma indústria, localizada no bairro da Ilha do Bispo no município de João Pessoa, segundo os ribeirinhos, mesmo com filtros nas chaminés, o pó fino resultado da queima dos produtos que resultam no cimento acabam poluindo o ar das comunidades do entorno. Na **figura 08** vê-se a CIMPOR em contraste com a paisagem do bioma de manguezal que encontra-se vizinha à instalação industrial.

**Figura 08** - Complexo cimenteiro da fábrica CIMPOR contrastando com a vegetação local.





Fonte e autoria: Carlos Alberto Cavalcanti Soares, 2020

Também foi apontado pelos moradores locais o rio Tambiá, que margeia o município de João Pessoa no bairro do Roger, local do antigo “lixão” da cidade, que encontra-se desativado mas ainda lança poluentes no rio supracitado. Além disso, o rio também recebe efluentes da estação de tratamento da CAGEPA, sendo batizado pelos locais de “rio da Merda”, devido ao forte mau cheiro que as águas apresentam. A **figura 09** dá uma amostra do que está presente no curso hídrico. A poluição ocasiona, além do cheiro pútrido, a presença de matéria orgânica em grandes quantidades, ocasionando placas de lodo e fezes por todo o rio, que provoca pouca oxigenação das águas e mortandade das espécies do local.

O problema de lançamento de esgoto e de resíduos sólidos não está concentrado apenas no “rio da Merda”, tendo sido constatada na terceira visita guiada o lançamento de esgoto doméstico diretamente nos rios Sanhauá e Paraíba vindas do município de Bayeux, confirmando o descaso do poder público com as comunidades e a pouca importância dada ao combate da poluição, desflorestamento e ocupação humana que, por falta de moradias populares próximas às suas áreas de pesca e coleta, acabam contribuindo com a mortandade de áreas do ecossistema de manguezal, que será mostrado à posteriori neste trabalho.

**Figura 09** - Foco no rio Tambiá (apelidado por muitos de “rio da merda”), com exemplos de placas de lodo e fezes.

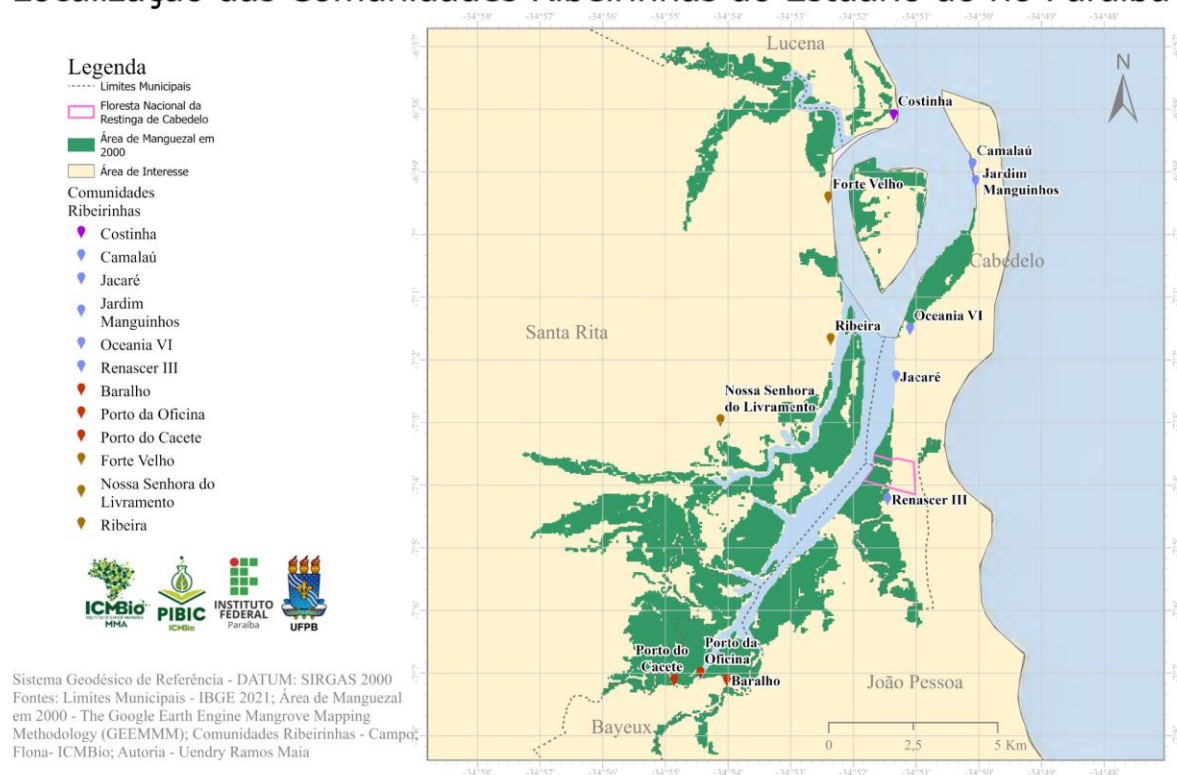


Fonte e autoria: Carlos Alberto Cavalcanti Soares, 2020

Na **figura 10** é mostrada a espacialização da ocupação humana no estuário do rio Paraíba das comunidades ribeirinhas. Nele, podemos ver que o município que mais possui mais comunidades é Cabedelo, tendo em seu território as comunidades de Camalaú, Jacaré, Jardim Manguinhos, Oceania VI e Renascer III. Bayeux possui três, sendo elas as comunidades do Baralho, do Porto do Cacete e do Porto da Oficina. O mesmo número é encontrado na cidade de Santa Rita, com as comunidades de Forte Velho, Nossa Senhora do Livramento e Ribeira. No município de Lucena, encontra-se Costinha. Sua distribuição é notadamente às margens da área de manguezal, como mostrado no cartograma citado. Localização esta que, devido à fragilidade do ecossistema, deveria ter atenção prioritária do poder público em todas as esferas. Além disso, constata-se a fragilidade econômica dos ribeirinhos que dependem quase exclusivamente da pesca e da coleta das espécies presentes na área. Porém, devido à poluição de resíduos sólidos e esgotamento não tratado de cunho residencial e industrial, os moradores locais já relatam diminuição do pescado e das espécies coletadas, como caranguejos, mariscos e afins.

**Figura 10** – Mapa de localização de comunidades ribeirinhas.

## Localização das Comunidades Ribeirinhas do Estuário do rio Paraíba



Fontes: Comunidades - Campo; Área de Manguezal em 2000 - The Google Earth Engine Mangrove Mapping Methodology; Flona - ICMBio

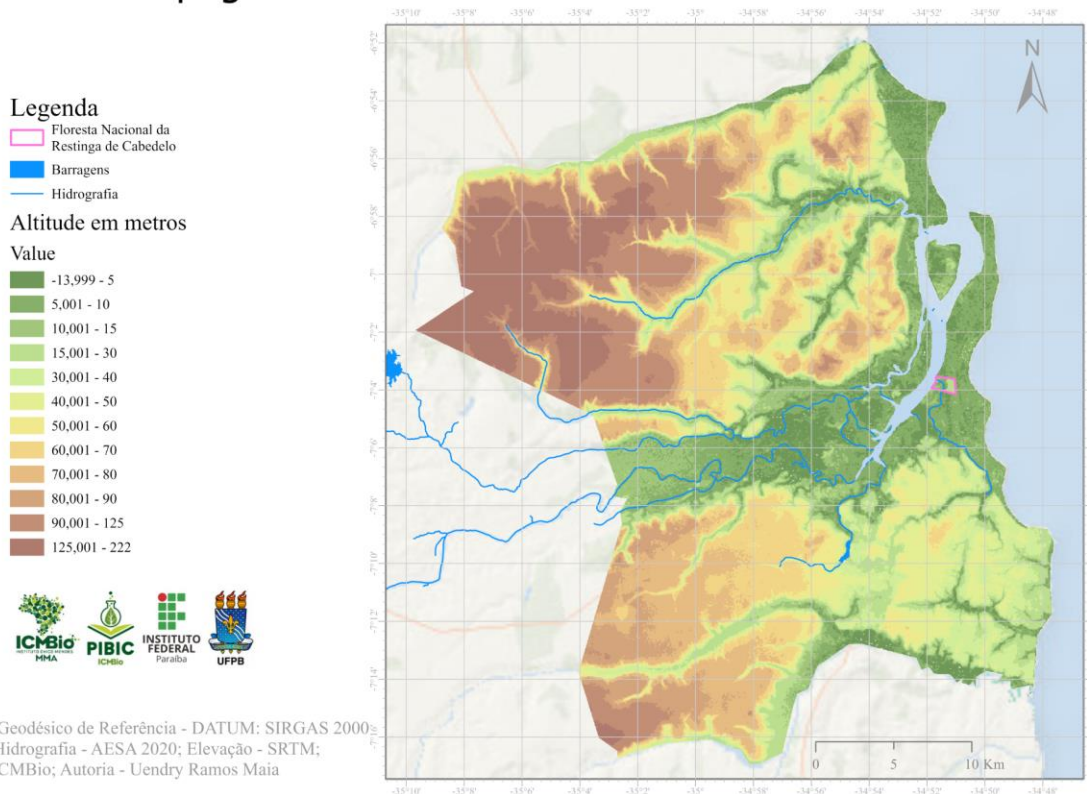
### 4.2 - Aspectos físicos e pluviométricos da área de interesse - estuário do rio Paraíba

Os dados topográficos e de pluviometria auxiliam a compreensão da dinâmica da distribuição espacial do ecossistema de manguezal e os problemas que os mesmos podem ocasionar. A topografia da Área de Interesse encontra-se no intervalo de altitude entre 0 metros e 222 metros de altitude, com distribuição espacial caracterizada por terrenos de baixo perfil em seu setor Central, acompanhando o traçado do rio Paraíba e de seus tributários, e a Leste, sob a influência oceânica. Em sua parte Sul observa-se a presença de platôs de baixa altitude, entre 30 metros e 50 metros acima do nível do mar, sobretudo nas cidades de João Pessoa e ao Sul de Santa Rita, sendo estes pontuados por vales criados por cursos d'água. À Noroeste e Sudoeste encontramos as áreas com maiores elevações, concentrando-se no município de Santa Rita, onde se apresenta a maior elevação (222 metros) da Área de Interesse, conforme observado na **figura 11**.

**Figura 11** – Topografia da Área de Interesse.



## Topografia da Área de Interesse do Estudo



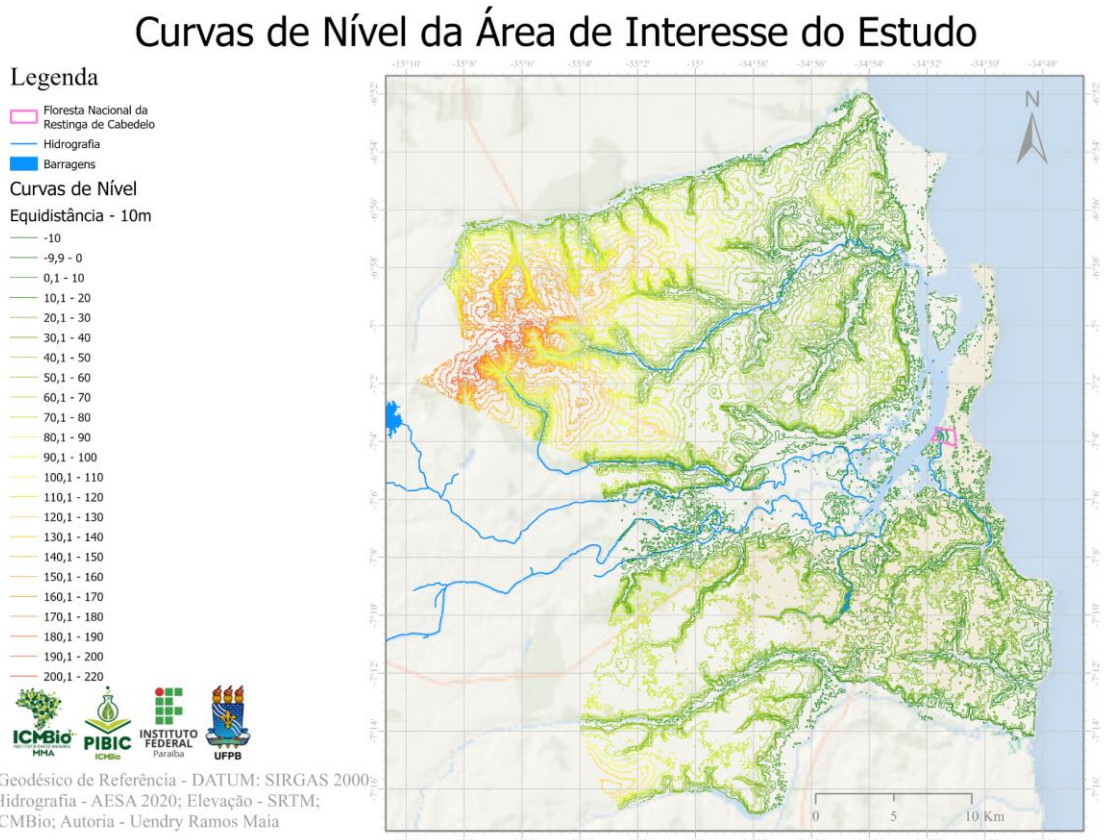
Fonte: Modelo Digital de Elevação - SRTM; Hidrografia - AESA (2020)

Na **figura 12**, apresentamos um mapa de curvas de nível de equidistância de 10 metros entre as medições. Confirma-se que a área de interesse possui baixo perfil topográfico. No detalhe da Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo (FLONA), percebemos a característica do terreno que permite à UC ter tanto paisagens de mangue em terrenos mais baixos quanto trechos de Floresta de Restinga (uma variação de tipologias de Mata Atlântica) em sua porção Leste, que atinge altitudes maiores que outros terrenos na vizinhança.

A ocorrência desse manguezal está restrita às baixas altitudes, com máxima de 33 metros nos bancos de sedimentos mais altos do estuário, que estão a Sudoeste da Área de Interesse no município de Santa Rita. No total, a área de manguezal foi mensurada em 41,556 km<sup>2</sup> ou 4.155,618 ha, cerca de 66,16% dessa área está entre o intervalo de 5 metros a 10 metros. Tais características geográficas criam o terreno ideal para a colonização por espécies vegetais que compõem os manguezais, pois, como já citado, as marés têm fundamental importância para a sobrevivência da fauna e da flora nesses locais e a baixa topografia possibilita a entrada do fluxo regular das marés e a deposição de sedimentos e nutrientes. A baixa topografia também ocasiona fenômeno de poluição dos rios que compõem o estuário estudado, já que águas não tratadas acabam sendo despejadas nos rios tributários e danificando sua vegetação, que também

sofre com poluição de resíduos sólidos pela ineficiência tanto na drenagem de esgotamento sanitário quanto de coleta de resíduos sólidos. Os impactos serão discutidos mais à frente no texto.

**Figura 12** - Curvas de nível da Área de Interesse.

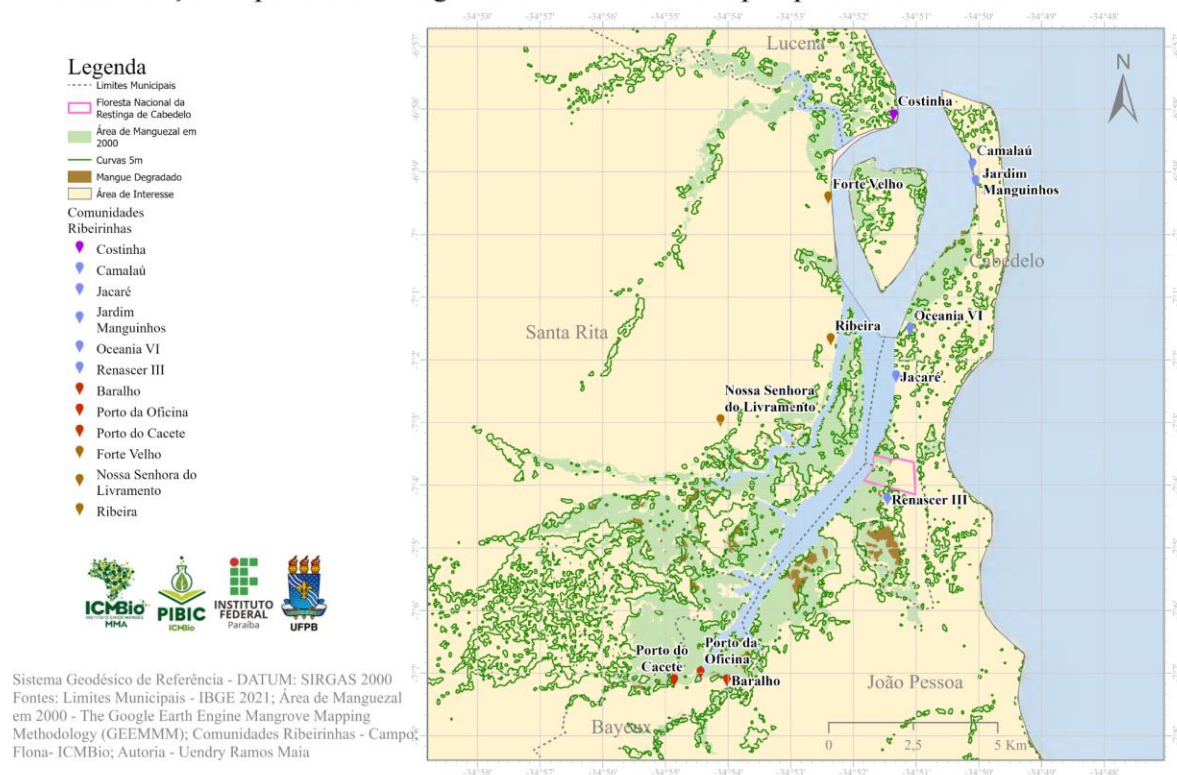


Fonte: Modelo Digital de Elevação - SRTM; Hidrografia - AESA (2020)

Com os dados de curvas de nível, localização das comunidades e com um dado da Classificação Supervisionada, que será aprofundada mais à frente, contidas na **figura 13**, observa-se a concentração de áreas de mangue degradado em locais de perfis baixos, onde há concentração de poluentes vindo das comunidades vizinhas e de esgotamento sanitário doméstico e industrial despejados nos rios da bacia do rio Paraíba. A maior mancha encontra-se em área vizinha à comunidade do Renascer III, no município de Cabedelo, a menos de um quilômetro de distância da UC da Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo. Outros destaques são a área ao Norte das três comunidades que se encontram na cidade de Bayeux e a Oeste de João Pessoa, próximo ao Porto do Capim.

**Figura 13** - Relação entre altitude (curvas de nível), presença de comunidades e áreas de mangue degradado.

## Distribuição Espacial de Mangue Morto em 2020 sob perspectiva de Curva de Nível



Fonte: Modelo Digital de Elevação - SRTM; Hidrografia - AESA (2020); Comunidades - Campo; Mangue Degradado - Classificação Imagem Landsat 8; Área de Manguezal em 2000 - The Google Earth Engine Mangrove Mapping Methodology

A topografia é considerada plana de acordo com a classificação de declividade da EMBRAPA, quando não ultrapassa os 3%, e suave ondulada no intervalo de 3% a 6% (EMBRAPA, 2018). A área de interesse toda possui, respectivamente, 39,8% e 16,25% das classes, somando mais da metade do território, ou 56,05%, atingindo uma área total de 1.054,34 km<sup>2</sup>, ou 105.434 ha. Na área do estuário, mais uma vez, vemos um terreno mais plano, escavado e recebendo sedimentos do rio Paraíba por tempos geológicos, o que permite a entrada das marés para porções mais interiores, criando a geografia ideal para o surgimento dos manguezais. As áreas que apresentam maior declividade obedecem aos formatos dos cursos d'água que os criaram, sendo mais escarpadas a Oeste da Área de Interesse, conforme atenta-se na **figura 14**.

**Figura 14** - Declividade da Área de Interesse.



## Declividade em Porcentagem da Área de Interesse do Estudo

### Legenda

- Limites Municipais
- ▭ Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo
- Hidrografia
- Barragens
- Declividade - Classificação Embrapa
- Porcentagem
- 0 - 3 (Plano)
- 3 - 8 (Suave Ondulado)
- 8 - 20 (Ondulado)
- 20 - 45 (Forte Ondulado)
- 45 - 75 (Montanhoso)
- > 75 (Forte Montanhoso)



Sistema Geodésico de Referência - DATUM: SIRGAS 2000;  
Fontes: Hidrografia - AESA 2020; Elevação - SRTM;  
Flona - ICMBio; Autoria - Uendry Ramos Maia

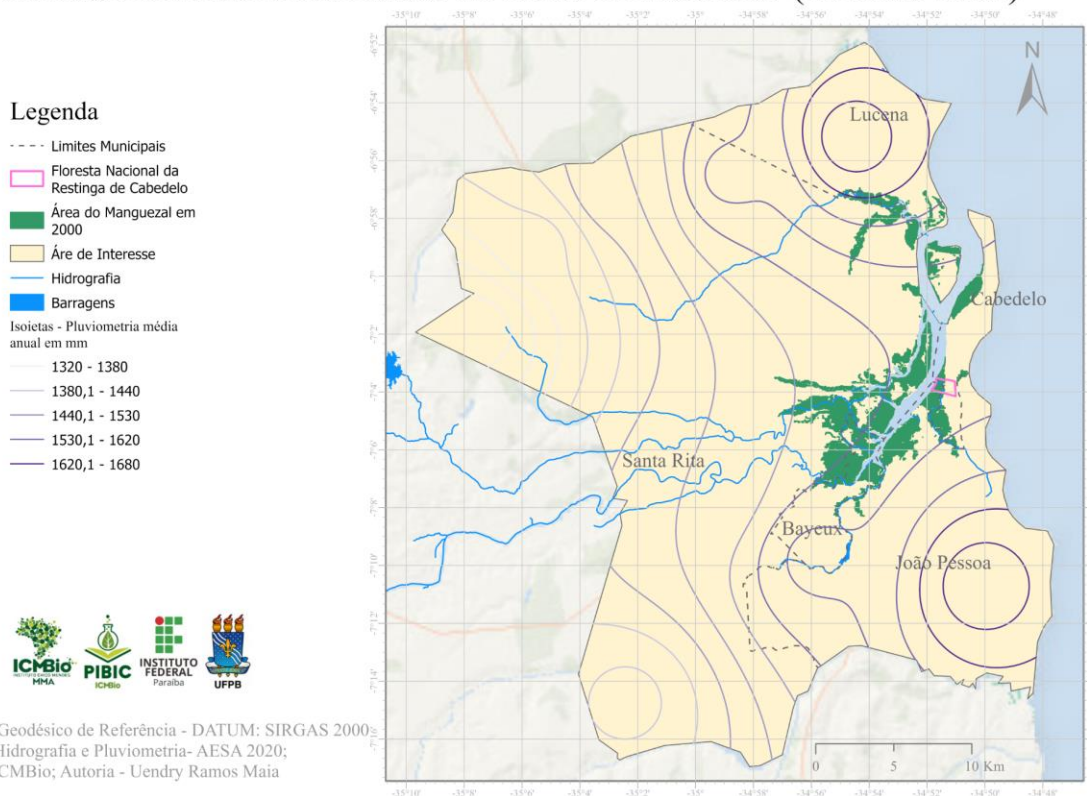


Fonte: Modelo Digital de Elevação - SRTM; Hidrografia - AESA (2020)

Os índices pluviométricos da região combinam-se à topografia para garantir a existência do manguezal. Com base em dados da AESA, obteve-se um cartograma com dados de média de chuvas anuais, organizado em isoietas. Com tais informações, percebe-se a concentração dos maiores volumes de chuvas no setor Leste, sobretudo a Nordeste e a Sudeste, imediato ao Oceano Atlântico, atingindo até 1.680 mm por ano. Na área do estuário, a Centro-Leste, onde encontra-se o ecossistema de manguezal, a média anual atinge entre 1.460 mm e 1.620 mm, conforme mostrado na **figura 15**. A análise desta dinâmica de chuvas é importante não só para, conforme já citado, sustentar o ecossistema, mas também auxilia, junto com dados de topografia, investigar o caminho que a água percorre até desaguar nos rios do estuário do rio Paraíba, que muitas vezes leva aos cursos hídricos esgotamento sanitário sem tratamento e arrastar resíduos sólidos para suas águas.

**Figura 15** - Pluviometria média anual da Área de Interesse.

## Média Pluviométrica Anual da Área de Interesse (Isoietas 30m)



Fonte: Hidrografia e Pluviometria- AESA (2020); Área de Manguezal em 2000 - The Google Earth Engine Mangrove Mapping Methodology

### 4.3 - Áreas de Preservação Permanente (APP) no estuário do rio Paraíba

Áreas de Preservação Permanente (APP) são locais, determinados por lei, que obrigam o poder público a impedir o desflorestamento ou exploração comercial danosa ao ambiente, sendo sua preservação uma obrigação de todos os entes federativos, como versa o artigo 1º da Lei 12.651/2012, o Código Florestal, em seu inciso IV:

“IV - responsabilidade comum da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, em colaboração com a sociedade civil, na criação de políticas para a preservação e restauração da vegetação nativa e de suas funções ecológicas e sociais nas áreas urbanas e rurais;” (BRASIL, 2012)

Para fins de análise, criou-se um *buffer* (**figura 16**) que engloba o rio Paraíba e seus afluentes imediatos contidos na área de interesse, obedecendo os termos e limites estimados no Código Florestal, sendo obrigatória a manutenção e preservação de sua fauna e flora, como afirma o artigo 4º da já mencionada lei:

“Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

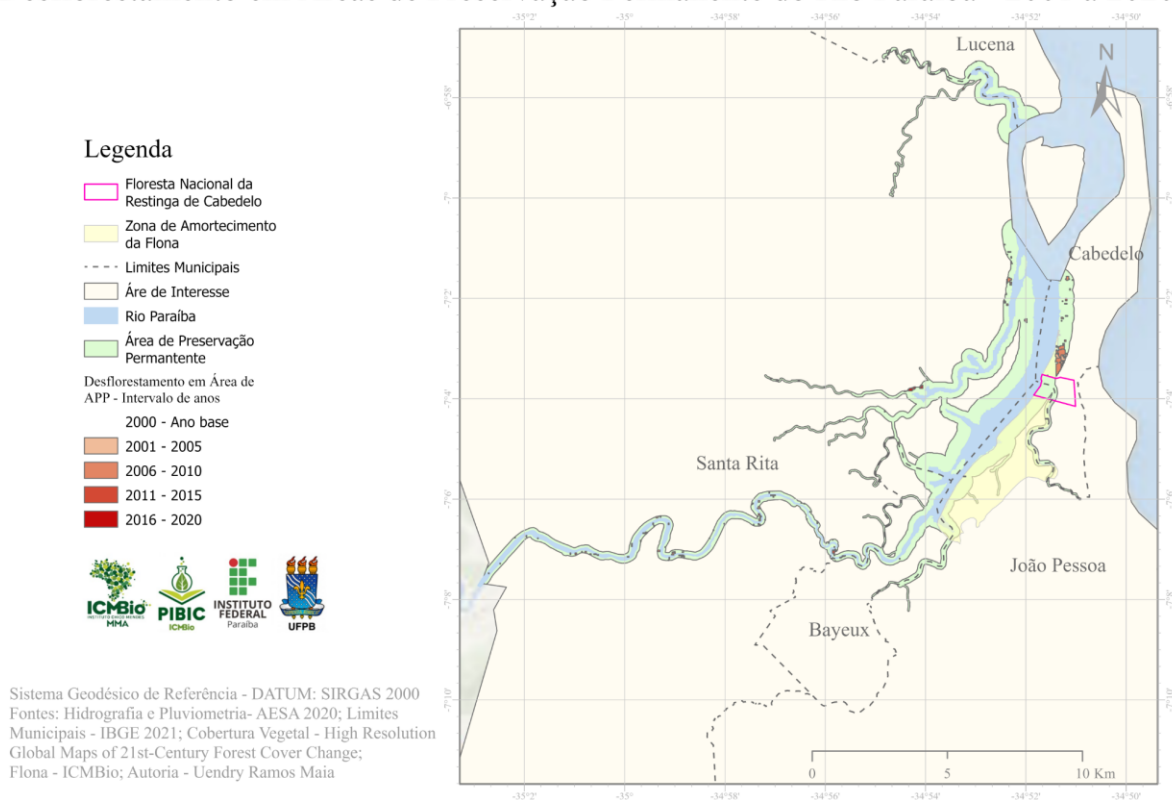
I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 m, para os cursos d'água de menos de 10 m de largura;
- b) 50 m, para os cursos d'água que tenham de 10 a 50 m de largura;
- c) 100 m, para os cursos d'água que tenham de 50 a 200 m de largura;
- d) 200 m, para os cursos d'água que tenham de 200 a 600 m de largura;
- e) 500 m, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 m;” (BRASIL, 2012)

Na confecção do mapa, percebeu-se que há grande interferência sobre as APPs, com perdas de 25.332 m<sup>2</sup> (2,53 hectares) de vegetação entre os anos de 2001 e 2020. Na própria imagem destaca-se uma área próxima à Flona Cabedelo de urbanização recente, no qual foi implantado um condomínio residencial de alto padrão, resultando em autuações do IBAMA e ICMBio e ações judiciais (**figuras 17**).

**Figura 16** - Áreas de Preservação Permanente do rio Paraíba e tributários.

### Desflorestamento em Áreas de Preservação Permanente do Rio Paraíba - 2001 a 2020



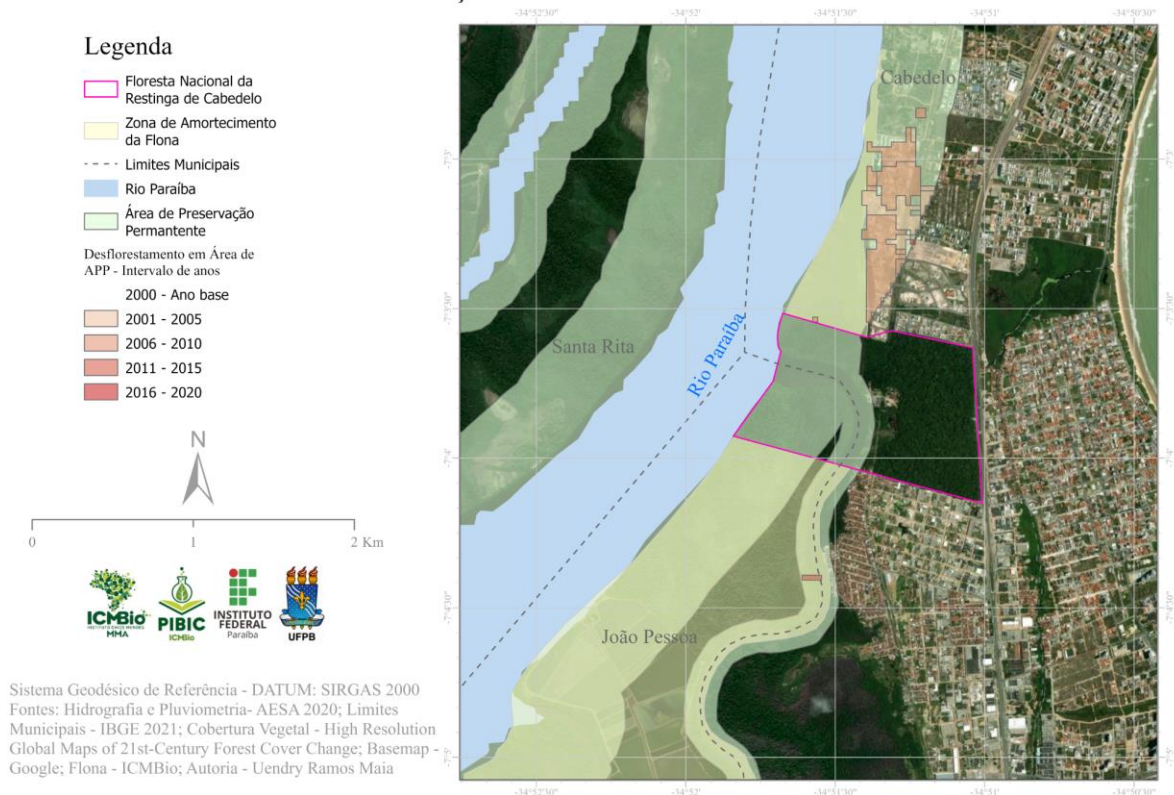
Fonte: Flona - ICMBio; Desflorestamento - High Resolution Global Maps of 21-st Century Forest Cover; APP - Código Florestal

Observa-se juntamente à zona de amortecimento da Flona na figura uma grande área que, embora não a toque diretamente, infringe a distância mínima da faixa marginal do rio Paraíba, já que o rio àquela altura tem a largura de 642,531 m, devendo ser impedido desflorestamento e/ou construções por 500 m desde suas margens. Vê-se pelos dados que a

invasão e posterior construção de condomínios de alto padrão ocorreu entre nos anos de 2005 e, principalmente, 2006.

**Figuras 17**– Buffer e perdas florestais detectadas - Detalhe da área próxima à Flona.

Desflorestamento em Áreas de Preservação Permanente do Rio Paraíba Vizinhas à Flona - 2001 a 2020



Fonte: Flona - ICMBio; Desflorestamento - High Resolution Global Maps of 21-st Century Forest Cover; APP - Código Florestal; Basemap - Google Earth Pro (2020)

#### 4.4 - Cobertura vegetal (2000) e Deslorestamento (2001 – 2020)

Com uma área territorial que abrange 1.881,08 km<sup>2</sup>, ou 188.108 hectares - englobando os municípios de João Pessoa, Cabedelo, Bayeux, Santa Rita e Lucena - as cidades da Área de Interesse passaram por um período de forte expansão populacional e urbana após a virada do século XXI. A área de interesse passou dos 853.666 habitantes em 2000 para 1.013.238 habitantes em 2010 (IBGE, 2002; 2012), um incremento de 18,7% em apenas 10 anos. Lamenta-se a falta de dados do CENSO que deveria ter acontecido em 2020, mas utilizando a estimativa de 2021 do IBGE, chegamos ao número de 1.144.525 moradores dos municípios em questão (IBGE CIDADES, 2021), o que responderia a um aumento de 13% em relação à medição de 2010. O crescimento populacional demanda ações de ordenamento territorial para que a degradação ambiental da área fosse evitada, entretanto, há uma explícita falta de

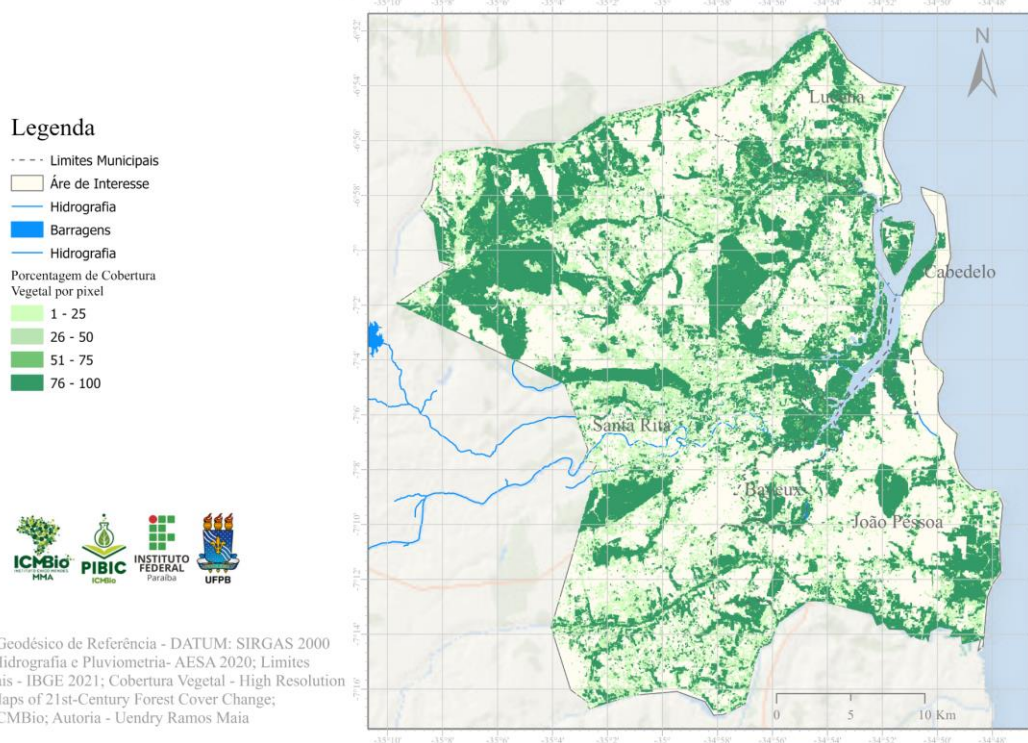


articulação entre o planejamento ambiental, regional e urbano que está materializada na intensidade da perda de vegetação nos últimos anos e no aumento de áreas com vegetação de mangue morta. Conforme classificação explanada na metodologia, construiu-se um cartograma que mostra a distribuição espacial e a porcentagem de cobertura vegetal detectada (**figura 18**), de onde também obtiveram-se dados quantitativos relatados na (**tabela 01**). A partir dela, vemos que o desflorestamento total (onde os valores são e 0% de cobertura vegetal), uma área de 1.399,08 km<sup>2</sup> (139.908 ha), responde por praticamente 2/3 da Área de Interesse. Cabe reforçar que tais dados referem-se ao ano de 2000 e esse valor já encontra-se defasado.

Algumas das principais características são as grandes manchas vazias e as concentrações quase geométricas em tons mais escuros de verde. Tais áreas remanescentes de vegetação mais densa representam Unidades de Conservação, áreas de Reserva Legal, Áreas de Preservação Permanente e Área de Proteção Ambiental dos municípios, como será mostrado mais à frente.

**Figura 18** - Cobertura Vegetal em 2000.

**Cobertura Vegetal na Área de Interesse (2000)**



Fonte: Flona - ICMBio; Cobertura Vegetal - High Resolution Global Maps of 21-st Century Forest Cover;

**Tabela 01** - Área por níveis de cobertura em km<sup>2</sup> e porcentagem total em 2000.

Porcentagem de cobertura vegetal	Área em km <sup>2</sup>	Área em hectares	Porcentagem da área de interesse
0%	1.399,08 km <sup>2</sup>	139.908 ha	74,29%



1% a 25%	77,67 km <sup>2</sup>	7.767 ha	4,12%
26% a 50%	64,46 km <sup>2</sup>	6.446 ha	3,53%
51% a 75%	60,72 km <sup>2</sup>	6.072 ha	3,22%
Maior que 75%	279,55 km <sup>2</sup>	27.955 ha	14,84%
Área total do polígono	1.881,08 km <sup>2</sup>	188.108 ha	100%

#### 4.5 - Importância das Unidades de Conservação na proteção da cobertura vegetal da Área de Interesse

A área de interesse tem em si, de acordo com levantamentos deste estudo, dezenove Unidades de Conservação que totalizam 33,798 km<sup>2</sup>, ou 3.380,813 hectares. Divididas entre municipais, estaduais e federais, elas respondem por apenas 1,796% da área estudada. A esfera estadual é a maior responsável pela área de UCs, valendo citar como exemplos o Parque Estadual das Trilhas, com 5,783 km<sup>2</sup> (578,366 ha) e o Refúgio de Vida Silvestre da Mata do Buraquinho (RVS Mata do do Buraquinho) com 5,129 km<sup>2</sup> (512,932 ha), com demais dados contidos na **tabela 02** a seguir. Embora sejam ainda pouco representativas em relação à área de interesse total, como mostrado na tabela e espacializado na **figura 19**. Percebe-se a presença de UCs até pelo formato geométrico apresentado em muitas das áreas ainda com cobertura vegetal. Embora quantitativamente pouco expressivo, essas áreas de conservação servem como refúgio para espécies silvestres e limite para a expansão urbana sem planejamento por parte do poder público.

O percentual de áreas sob regime especial de conservação ambiental, na forma de Unidades de Conservação, em cada município, relativo à área total, pode ser considerado baixo: Lucena, com 1,58%; Santa Rita com 2,04%; Cabedelo com 4,14% (onde a Flona Cabedelo sozinha responde por 2,55%); Bayeux, com 6,8%; e João Pessoa, com 6,13%.

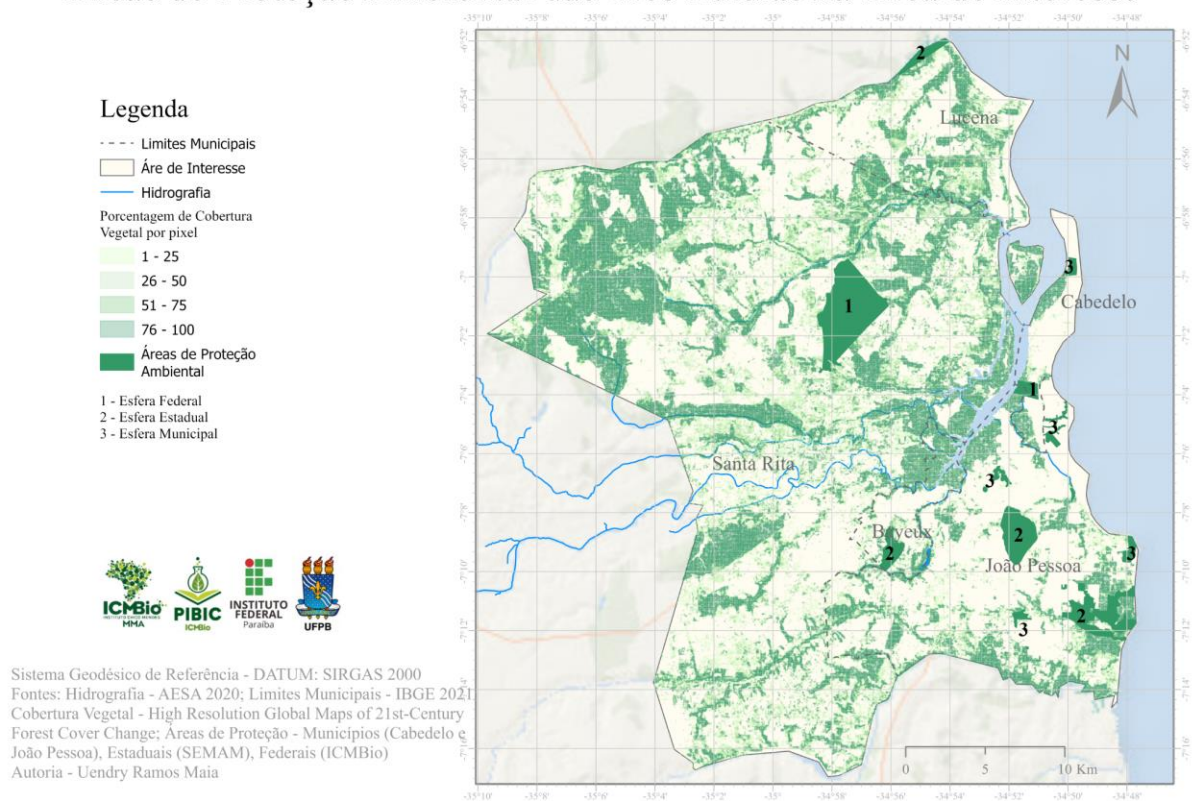
**Tabela 02** - Unidades de Conservação presentes na Área de Interesse, suas áreas e esferas constituintes.

Unidade de Conservação	Esfera Responsável	Localização (Município)	Área em km <sup>2</sup>	Área em ha
------------------------	--------------------	-------------------------	-------------------------	------------

APA Barra de Mamanguape	Estadual	Lucena	1,428	142,834
APA de Jacarapé	Estadual	João Pessoa	0,079	7,995
Parque Estadual das Trilhas	Estadual	João Pessoa	5,783	578,366
Parque Estadual do Xém-Xém	Estadual	Bayeux	1,899	189,967
Refúgio de Vida Silvestre da Mata do Buraquinho	Estadual	João Pessoa	5,129	512,932
Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo	Federal	Cabedelo / João Pessoa	1,159	115,942
RPPN Engenho Gargaú	Federal	Santa Rita	15,107	1.510,742
Parque Municipal de Cabedelo	Municipal	Cabedelo	0,512	51,205
Bosque das Águas	Municipal	João Pessoa	0,042	4,280
Horto Municipal	Municipal	João Pessoa	0,147	14,776
Parque Augusto dos Anjos	Municipal	João Pessoa	0,014	1,419
Parque Ecológico Jaguaribe	Municipal	João Pessoa	0,075	7,542
Parque Arruda Câmara	Municipal	João Pessoa	0,223	22,398
Parque Cabo Branco	Municipal	João Pessoa	0,730	73,086
Parque Cuiá - Área 01	Municipal	João Pessoa	0,420	42,070
Parque Cuiá - Área 02	Municipal	João Pessoa	0,011	1,101
Parque Lauro Xavier	Municipal	João Pessoa	0,248	24,846
Parque Linear Urbano	Municipal	João Pessoa	0,736	73,661
Parque Solón de Lucena	Municipal	João Pessoa	0,056	5,651
Total	—	—	33,798	3.380,813

**Figura 19** - Unidades de Conservação na Área de Interesse.

## Áreas de Proteção Ambiental das Três Esferas na Área de Interesse



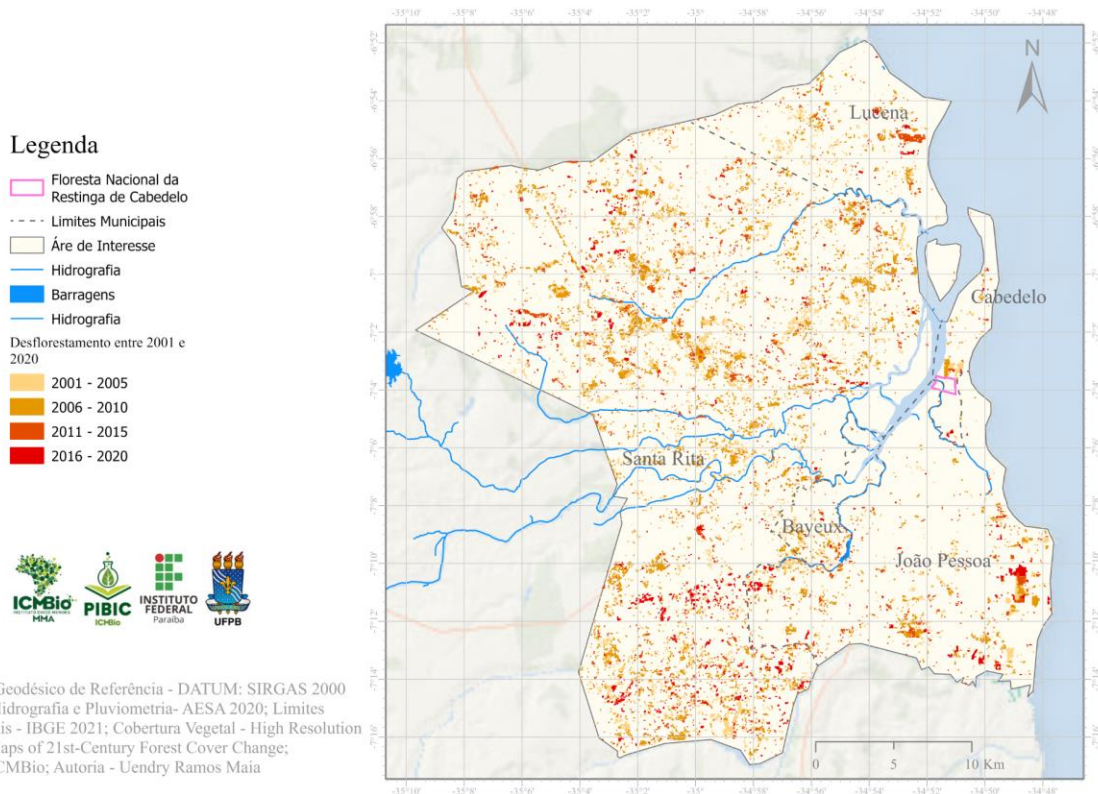
Fonte: Cobertura Vegetal - High Resolution Global Maps of 21-st Century Forest Cover; APP - Código Florestal; Basemap - Google Earth Pro (2020); Áreas de Proteção Ambiental - ICMBio; Sudema; Secretarias Municipais de Meio Ambiente

Na área de interesse do projeto foi identificado o desflorestamento de 50,2 km<sup>2</sup>, ou 5.020 ha, entre os anos 2001 a 2020. Os dados anuais foram divididos em classes de cinco anos, utilizando como base o ano de 2000. Percebe-se que o desflorestamento mais recente está a Sul e Noroeste dessa área. Ao Noroeste identifica-se a presença de áreas de cultivos variados, com predomínio da Cana-de-Açúcar e ao Sul. Na **figura 20** podemos observar os resultados cartográficos.

A divisão dos dados nos indica um forte desflorestamento entre os anos de 2001 e 2010, respondendo por pouco mais de 70% do período analisado, ou 35,9 km<sup>2</sup>. Salienta-se que este foi um momento econômico de forte crescimento, o que poderia implicar numa participação maior da expansão urbana desordenada e interesses imobiliários. A tendência segue com os anos seguintes, que experimentou uma série de crises que desaqueceram a economia, diminuindo o passo do avanço antrópico na natureza, conforme pode ser visto na **tabela 03**.

**Figura 20** - Desflorestamento da área de interesse entre 2001 e 2020.

## Desflorestamento da Área de Interesse entre 2001 e 2020



Fonte: Desflorestamento - High Resolution Global Maps of 21-st Century Forest Cover; Flona - ICMBio

**Tabela 03** - Área de desflorestamento entre 2001 e 2020 da Área de Interesse.

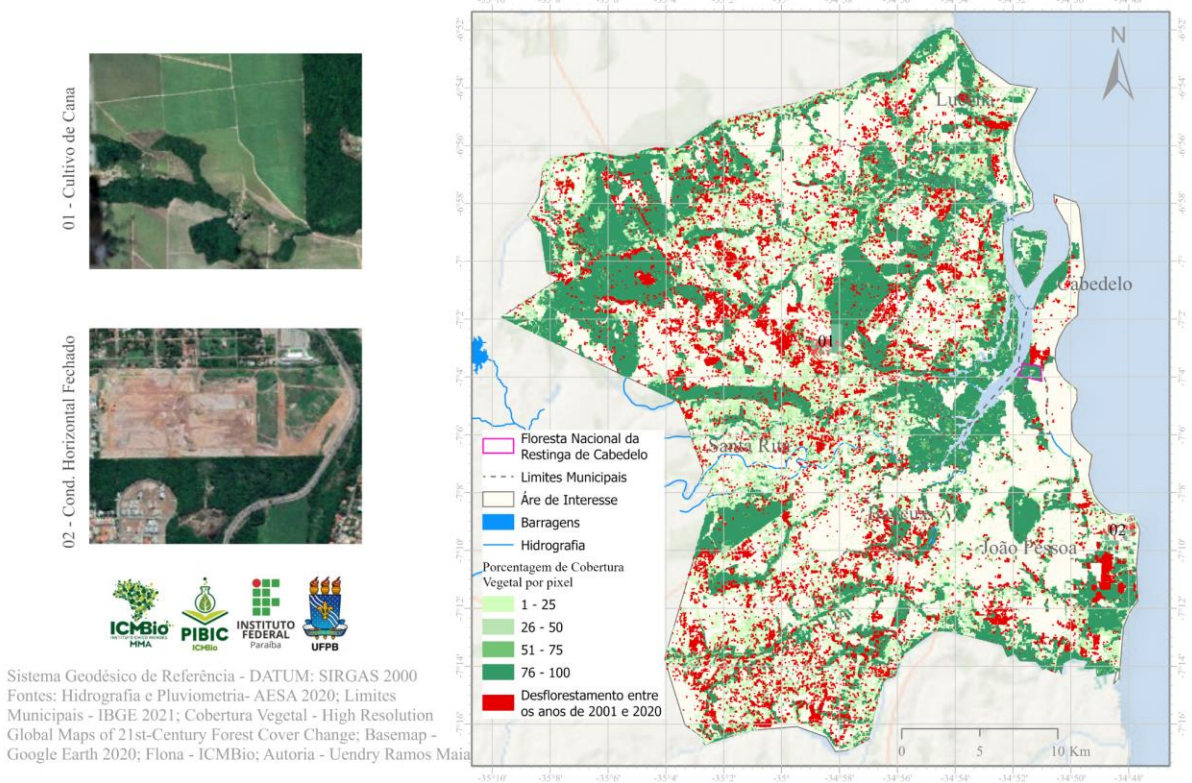
Intervalo de tempo	Área em km <sup>2</sup>	Área em hectare
2001 - 2005	12,78 km <sup>2</sup>	1.278 ha
2006 - 2010	19,74 km <sup>2</sup>	1.974 ha
2011 - 2015	8,51 km <sup>2</sup>	851 ha
2016 - 2020	5,8 km <sup>2</sup>	580 ha
Soma dos intervalos	46,83 km <sup>2</sup>	4.683 ha

A **figura 21** sobrepõe a cobertura medida no ano de 2000 e as perdas nos anos sequenciais até 2020, ajudando a compreender melhor os padrões de desflorestamento e determinar quais áreas estão sofrendo com a ação antrópica de desflorestamento recente

**Figura 21** - Cobertura em 2000 e desflorestamento entre 2001 e 2020 da Área de Interesse.



## Cobertura Vegetal em 2000 e Desflorestamento entre os anos de 2001 e 2020 da Área de Interesse



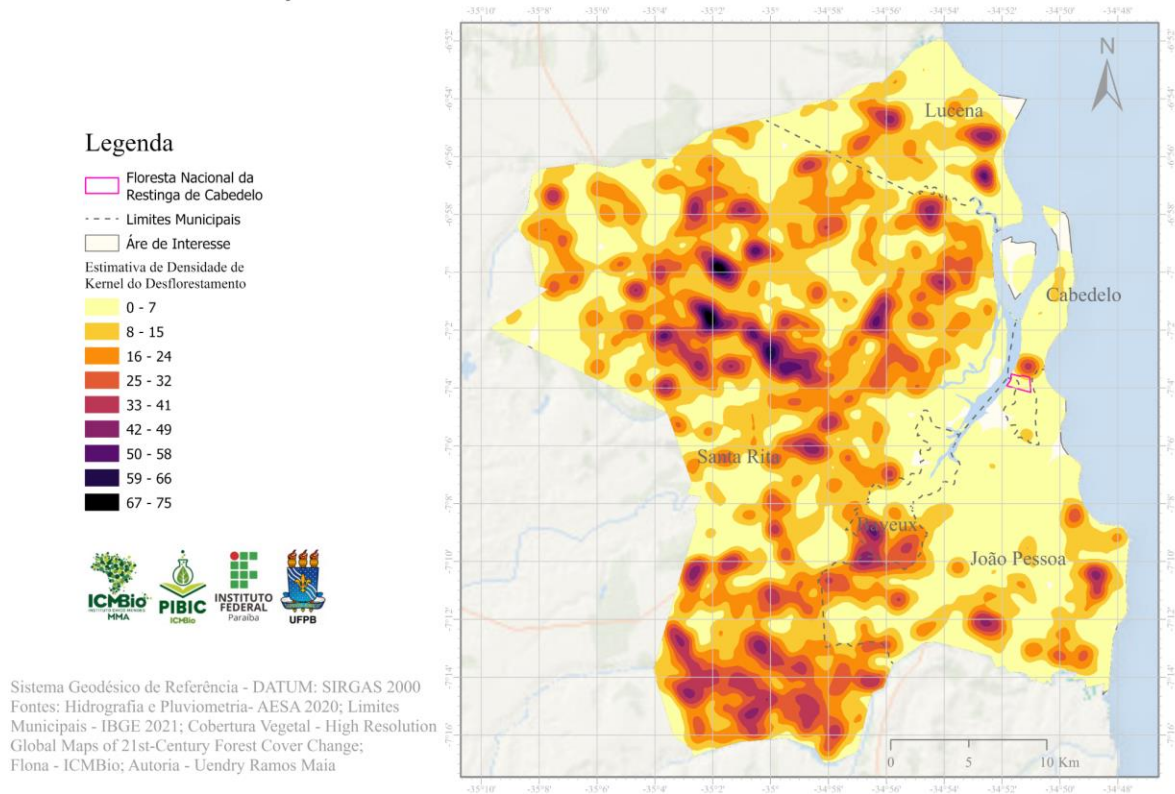
Fonte: Desflorestamento e Cobertura Vegetal - High Resolution Global Maps of 21-st Century Forest Cover; Flona - ICMBio

### 4.6 - Estimativa de Densidade de Kernel

Na **figura 22** foi aplicada a técnica de estimativa de densidade de Kernel, com o objetivo de identificar as áreas de concentração do desflorestamento no período de 2001 a 2020. Para melhor visualização dos dados espaciais gerados pela técnica, foram utilizadas duas quantificações dos pontos de desflorestamento, sendo este primeiro sem valor atribuído além dos 1.200m de raio que produziram o cartograma. Como resultado, percebem-se as grandes concentrações de desflorestamento do período, sendo o município de Santa Rita que mais apresenta esses focos. produzir duas visualizações que permitam interpretar melhor as tendências na perda de cobertura vegetal nativa.

**Figura 22** - Estimativa de densidade de Kernel das perdas entre 2001 e 2020 da Área de Interesse - Concentração por ponto de desflorestamento.

## Áreas de Concentração de Desflorestamento entre 2001 e 2020 da Área de Interesse

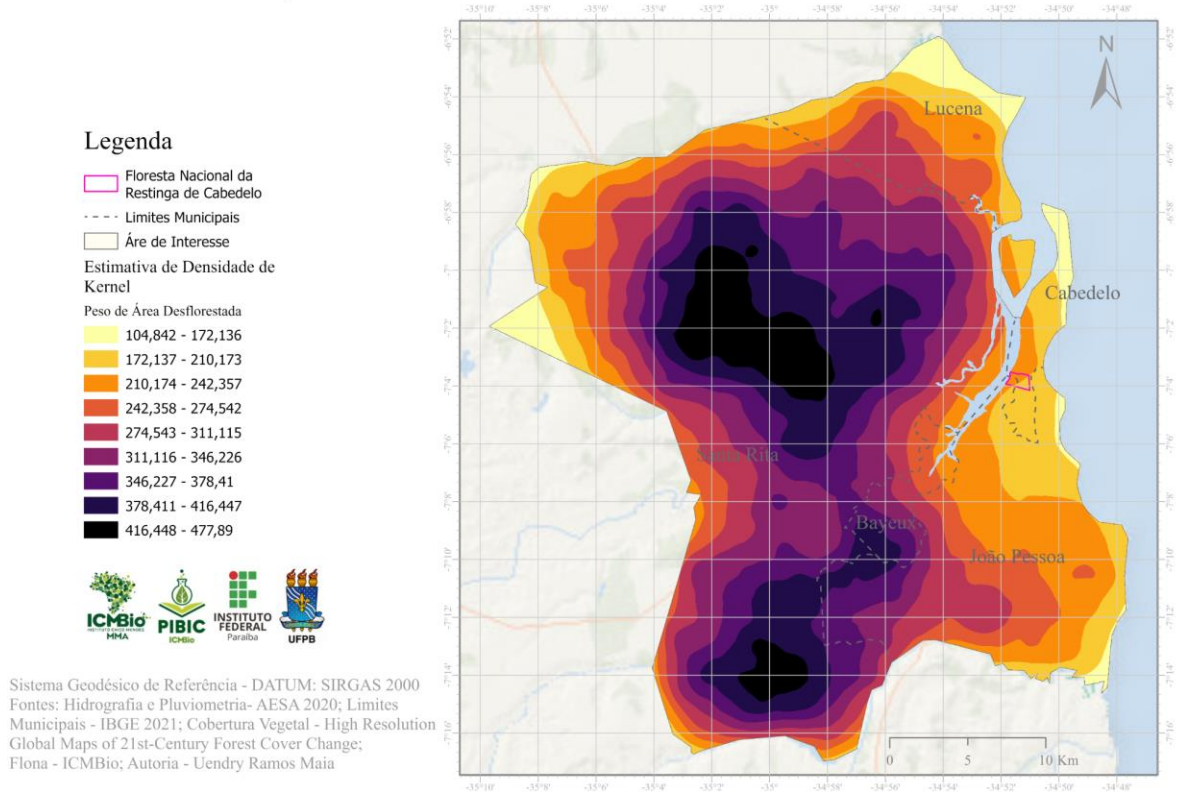


Fonte: Desflorestamento - High Resolution Global Maps of 21-st Century Forest Cover; Flona - ICMBio

Já a **figura 23** mostra a mesma técnica aplicada anteriormente, mas com o uso dos “parâmetros avançados”, pode-se atribuir o valor do raio à área equivalente ao ponto, formando um cartograma que confirma a concentração mais recente em Santa Rita, com causas que serão debatidas com maior profundidade mais adiante neste estudo.

**Figura 23** - Estimativa de densidade de Kernel das perdas entre 2001 e 2020 da área de interesse - Concentração área desflorestada.

## Áreas de Concentração de Desflorestamento entre 2001 e 2020 da Área de Interesse



Fonte: Desflorestamento - High Resolution Global Maps of 21-st Century Forest Cover; Flona - ICMBio

### 4.7 - Área de manguezais em 2000 e impactos atuais

Partindo do trabalho de Yancho. *et al.* (2013), que coletou 1,3 milhões de cenas para produzir um mapa global de áreas de mangue no ano base 2000, extraiu-se o polígono referente aos manguezais, na foz do rio Paraíba, já mostrado na **figura 10**. Sua área total é de 41,4 km<sup>2</sup> (4.140 hectares), estendendo-se na direção Sul-Norte devido à zona de influência da maré, condicionada também pela baixa topografia, que permite a entrada de água oceânica no continente para agir em confluência à água doce estuarina. Devido a este traço, sua porção Sul apresenta maior área, abrangendo de forma significativa os municípios de Santa Rita e João Pessoa, conforme mostra a **tabela 04**.

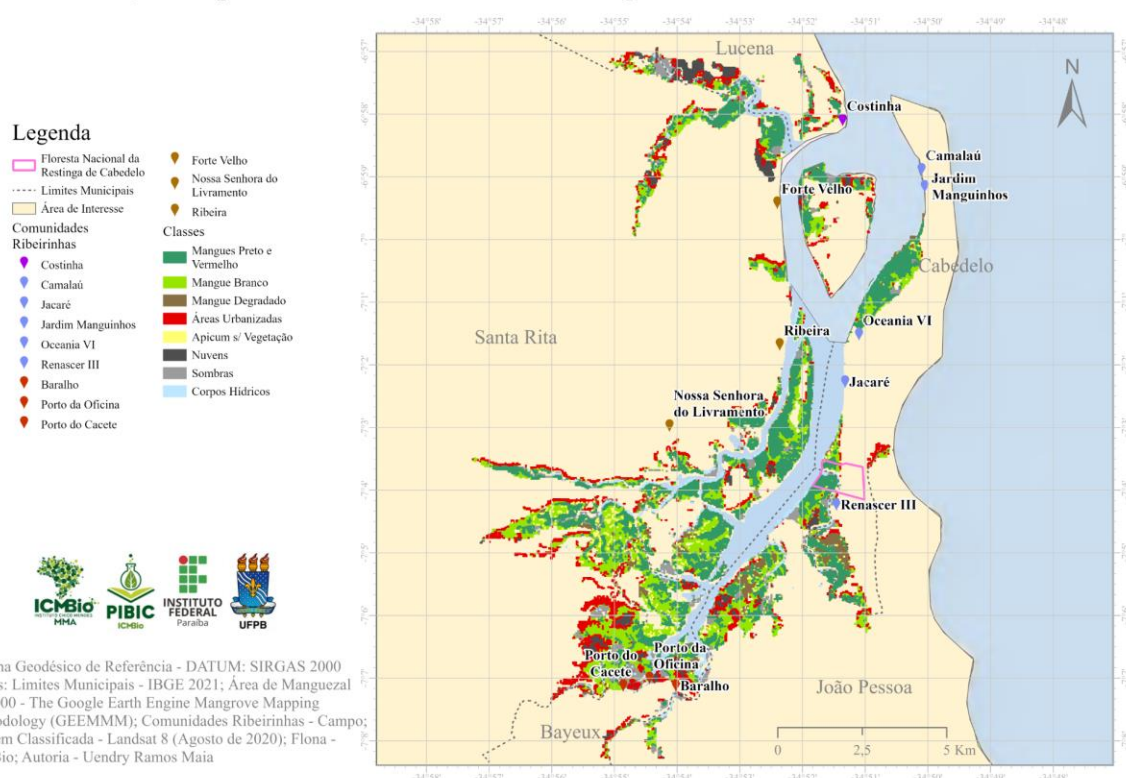


**Tabela 04** - Distribuição espacial por município do manguezal na Área de Interesse no ano 2000.

Município	Área em km <sup>2</sup>	Área em hectares	Porcentagem
Santa Rita	22,55 km <sup>2</sup>	2.255 ha	54,47%
Bayeux	5,49 km <sup>2</sup>	549 ha	13,26%
João Pessoa	5,91 km <sup>2</sup>	591 ha	14,27%
Cabedelo	5,71 km <sup>2</sup>	571 ha	13,80%
Lucena	1,74 km <sup>2</sup>	174 ha	4,20%
Área total do polígono	41,4 km <sup>2</sup>	4.140 ha	100%

**Figura 24** – Classificação Supervisionada e uso e ocupação do manguezal em 2020.

### Classificação Supervisionada da Área de Manguezal do Estuário do Rio Paraíba



Fonte: Área de Manguezal em 2000 - The Google Earth Engine Mangrove Mapping Methodology; Comunidades - Campo; Imagem Classificada - Landsat 8 (2020); Flona - ICMBio

Tomando como base o polígono anterior, juntamente de uma imagem de satélite do Landsat 8 de agosto de 2020 e o *plugin SCP* do QGIS, foi possível classificar a área delimitada de acordo com as características de reflectância por semelhança com áreas conhecidas. Com a



confeção do mapa acima (**figura 24**), podemos contabilizar a área de diferentes paisagens que a compõem, inclusive das que apresentam degradação do ecossistema, representando sozinho 3,46%, ou 1.436.400 m<sup>2</sup> (143,64 ha), de mangue doente, morrendo. Mais 4.803.200 m<sup>2</sup> (480,32 ha), ou 11,6% da área perdida vêm de apicuns já sem vegetação, devastado, e de construções antrópicas, com demais valores mostrados na **tabela 05**.

Podemos perceber que, mesmo sendo integralmente APP segundo o Código Florestal, os manguezais estão sofrendo perdas dramáticas em seu território desde o ano de 2000. Na porção leste em especial, detectamos áreas em que o ecossistema do manguezal está secando e morrendo, como verificado na **figura 25**. As causas ainda precisam ser melhor exploradas e hipóteses de pesquisa estão sendo elaboradas, sendo urgente o aprofundamento dessa questão. Já a Oeste da área de estudo, e ao Sul do município de Santa Rita, há uma grande mancha acompanhando as suas margens do polígono da área de mangue, denotando uma vez mais a expansão desordenada de canais, que serão mostrados mais adiante.

**Figura 25** - Exemplo de mangue morto/degradado.



Fonte e autoria: Carlos Alberto Cavalcanti Soares, 2020

Na classificação supervisionada foi possível distinguir as aglomerações de mangue-branco (*Laguncularia racemosa*) das demais espécies dominantes do ecossistema (mangue-vermelho e mangue-preto) devido ao padrão de zonação (distribuição das espécies ao longo do gradiente de inundação da maré). Desse modo, foi detectado que cerca de 62% da área estudada, ou 25.816.500 m<sup>2</sup> (2.581,65 ha), respondem pela presença dessas espécies arbóreas. A

tabela 04 mostra com maior clareza a quantificação das áreas classificadas. Na **figura 26** é mostrado um exemplo de “Área urbanizada”, onde mostra claramente a precariedade das ocupações na comunidade do Baralho, que é situado no município de Bayeux. Comunidade esta que não tem acesso ao esgotamento sanitário e coleta de resíduos sólidos, aumentando a poluição das águas locais.

**Tabela 05** - Áreas da Classificação Supervisionada do manguezal em 2020.

<b>Classe</b>	<b>Área em m<sup>2</sup></b>	<b>Área em hectares</b>	<b>Porcentagem</b>
Mangues preto e vermelho	10.695.600 m <sup>2</sup>	1.069,56 ha	25,76%
Mangue branco	15.120.900 m <sup>2</sup>	1.521,09 ha	36,42%
Mangue degradado	1.436.400 m <sup>2</sup>	143,64 ha	3,47%
Área urbanizada	4.221.000 m <sup>2</sup>	422,1 ha	10,17%
Apicum sem vegetação	592.200 m <sup>2</sup>	5,92 ha	1,42%
Corpos hídricos	968.400 m <sup>2</sup>	96,84 ha	2,33%
Sombras	5.803.200 m <sup>2</sup>	580,32 ha	13,98
Nuvens	2.680.200 m <sup>2</sup>	268,02 ha	6,45%
Área total do polígono	41.517.900 m <sup>2</sup>	4.151,79 ha	100%

**Figura 26** - Comunidade do Baralho e sua precariedade.



Fonte e autoria: Carlos Alberto Cavalcanti Soares, 2020

#### **4.8 - Classificação supervisionada das áreas vizinhas ao manguezal do estuário do rio Paraíba**

Para analisar as regiões diretamente circunvizinhas ao estuário do rio Paraíba, a classificação supervisionada foi repetida com classes que pudessem abranger mais paisagens, já que na imagem ampliada há uma gama maior de feições que precisam ser classificadas corretamente. As paisagens foram observadas por imagens de satélite e por conhecimento prévio de campo dos terrenos, além de voos complementares com Drone DJI Mavic Pro 2, para aferição de verdades de campo em áreas de difícil acesso. Desta forma, dividiu-se os ambientes em nove classes, em uma imagem que compreende 350,82 km<sup>2</sup> (35.082 ha). As classes/feições analisadas foram: nuvens, sombras, corpos hídricos, áreas verdes florestadas (demais zonas de domínio do Bioma Mata Atlântica), culturas agrícolas e solos expostos, intervenção antrópica, croas (bancos de sedimento), manguezais e manguezais degradados. Cada feição teve 25 amostras (ou ROI) para fornecer uma estatística consistente da ferramenta SCP no QGis.

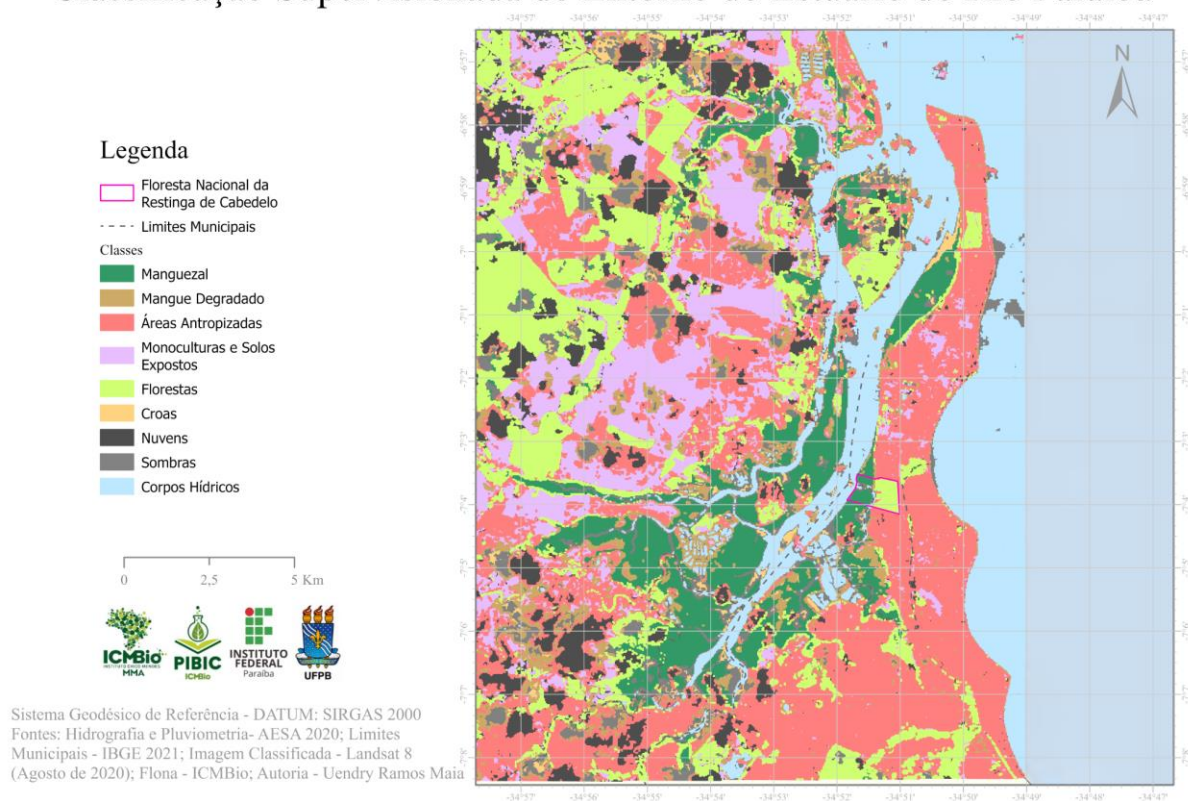
As aglomerações humanas neste espaço somam 84,37 km<sup>2</sup> (8.437 ha), ou 24,1% da área total da região estudada, mostrando grande pressão da urbanização sofrida nesta área. A porção



litorânea/leste encontra-se totalmente ocupada, em especial a cidade de João Pessoa, que possui poucas áreas para expansão, com poucas manchas verdes oriundas de áreas já protegidas, como ao sul da imagem, onde observamos o Refúgio de Vida Silvestre Mata Buraquinho (RVS Mata do Buraquinho). As áreas verdes, por sua vez, somadas aos ecossistemas de mangue e demais zonas de domínio do Bioma Mata Atlântica, chegam a apenas 22,81% na mesma medição, compreendendo 80,06 km<sup>2</sup> (8.006 ha), consideravelmente menor que os aglomerados humanos. Tanto no estuário quanto mais ao interior do continente, em direção Noroeste, nota-se a grande influência das terras agricultáveis, em especial monoculturas de cana-de-açúcar e coco, responsáveis maiores pela supressão dos ecossistemas nativos. Na **figura 27**, pode-se observar a distribuição espacial da ocupação territorial e classes de feições analisadas.

**Figura 27** - Classificação Supervisionada do entorno do estuário do rio Paraíba.

### Classificação Supervisionada do Entorno do Estuário do Rio Paraíba



Fonte: Imagem Classificada - Landsat 8 (2020); Flona - ICMBio

A presença de nuvens e suas sombras, somando 17% da área total ou 60,22 km<sup>2</sup> (6.022 ha) impossibilitou medições com maior acurácia, escondendo em especial porções a Oeste, que respondem por grandes áreas de monocultura e de vegetação preservada. Para uma melhor análise futura, necessita-se de melhores equipamentos ou aquisição de imagens de satélite

pagas, inalcançáveis neste estudo. Na **tabela 06** é possível observar as áreas classificadas e suas respectivas porcentagens relativas ao espaço do polígono estudado, que tem aproximadamente 22.000 m de extensão em direção norte-sul e 46.250 m de leste a oeste.

**Tabela 06** - Áreas da Classificação Supervisionada dos entornos do estuário do rio Paraíba em 2020.

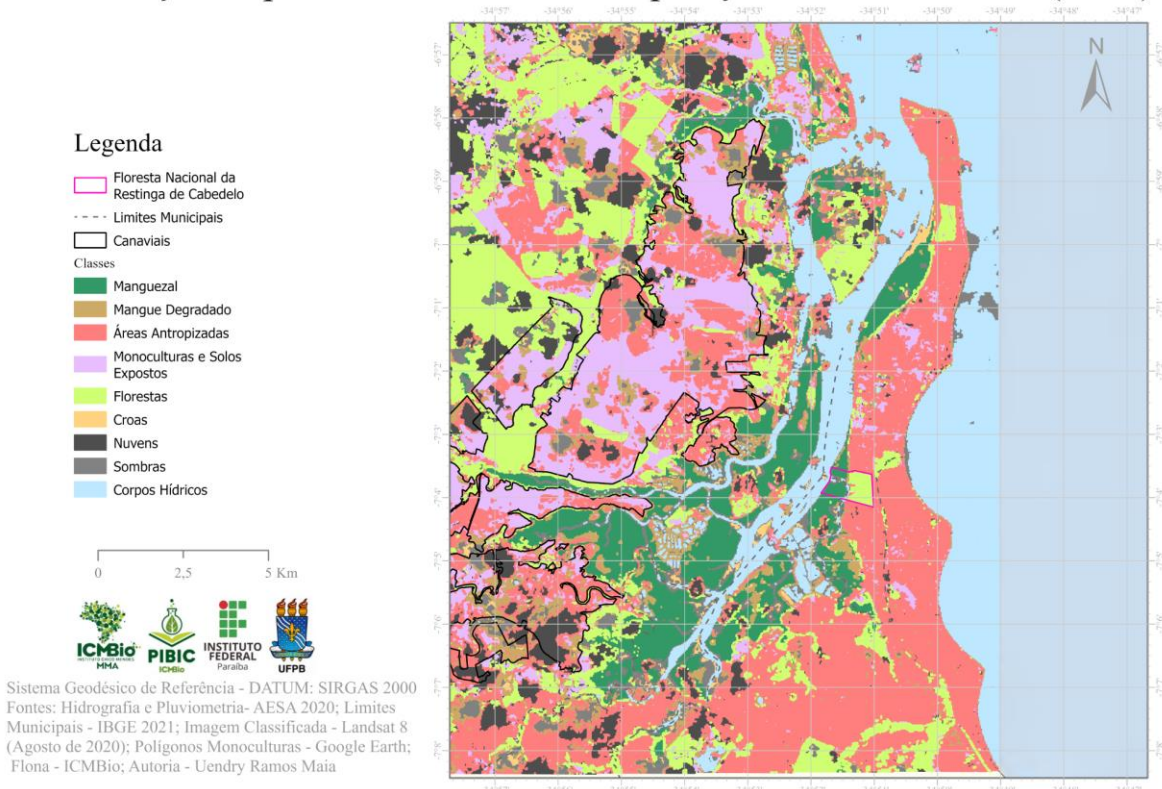
Classe	Área em km <sup>2</sup>	Área em hectares	Porcentagem
Área de mangue	35,173 km <sup>2</sup>	3.517,3 ha	10,025%
Mangue degradado	9,724 km <sup>2</sup>	972,4 ha	2,271%
Áreas verdes florestadas	44,893 km <sup>2</sup>	4.489,3 ha	12,796%
Áreas urbanizadas	84,367 km <sup>2</sup>	8.436,7 ha	24,048%
Culturas agrícolas e solos expostos	52,893 km <sup>2</sup>	5.289,3 ha	15,076%
Bancos de sedimento	8,445 km <sup>2</sup>	844,5 ha	2,407%
Corpos hídricos	55,106 km <sup>2</sup>	5.510,6 ha	15,707%
Sombras	20,938 km <sup>2</sup>	2.093,8 ha	5,698%
Nuvens	39,173 km <sup>2</sup>	3.917,3 ha	11,195%
Área total do polígono	350,712 km <sup>2</sup>	35.071,2 ha	100%

Alguns resultados da classificação supervisionada, quando vistos de forma crítica, e comparando com outras fontes de dados anteriores do projeto (*shapefiles* de uso do solo, conhecimento de campo e visitas guiadas), mostram divergências importantes. Principalmente, quando comparadas aos polígonos de áreas de canaviais na margem esquerda do estuário do rio Paraíba (a Leste), percebemos áreas classificadas pelo *plugin* SCP como “áreas urbanizadas” circunscritas por polígonos desses cultivos. Isso é explicado pelas intervenções de manejo dos campos e diferentes estágios de crescimento das plantações. No processo de plantio da monocultura a área passa por diversas fases, como a de preparação do solo, onde o mesmo fica exposto, o plantio e o crescimento do cultivo, fazendo a Classificação Supervisionada interpretar a reflectância dos *pixels* de acordo com a imagem obtida de satélite. A classificação interpretou áreas de solos expostos nos canaviais como áreas urbanizadas dada a similaridade de reflectância, conforme observado na **figura 28**. Já na **figura 30**, observamos

uma imagem retirada do Google Earth que exemplifica o uso do solo em monoculturas ao lado da RPPN do Engenho do Gargaú. Na área demarcada manualmente como área de plantio de cana-de-açúcar, que perfaz o total de 58,681 km<sup>2</sup> (5.866,424 ha), a distribuição espacial deu-se de acordo com os dados mostrados na **tabela 07** a seguir.

**Figura 28** - Presença de canaviais e comparação com a Classificação Supervisionada.

### Classificação Supervisionada com Sobreposição de Monocultura (2020)



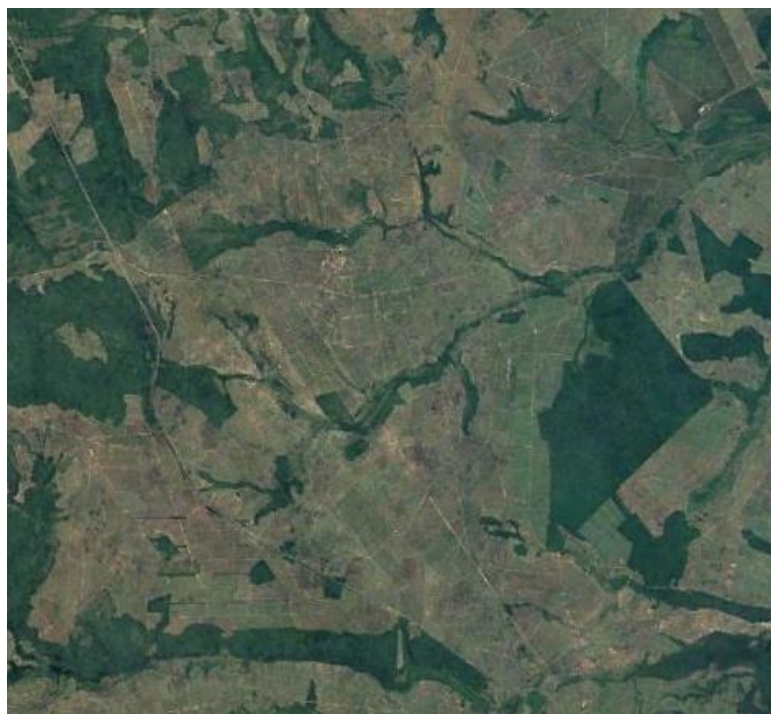
Fonte: Imagem Classificada - Landsat 8 (2020); Polígonos - Google Earth Pro (2020); Flona - ICMBio

**Tabela 07** - Distribuição espacial da Classificação Supervisionada em áreas anteriormente identificadas como plantios.

Classe	Área em km <sup>2</sup>	Área em hectares
Área de mangue	0,103 km <sup>2</sup>	10,343 ha
Mangue degradado	2,877 km <sup>2</sup>	287,732 ha

Áreas verdes florestadas	1,350 km <sup>2</sup>	135,006 ha
Áreas urbanizadas	15,843 km <sup>2</sup>	1.584,392 ha
Culturas agrícolas e solos expostos	28,189 km <sup>2</sup>	2.818,980 ha
Bancos de sedimento	0,605 km <sup>2</sup>	60,532 ha
Corpos hídricos	0,014 km <sup>2</sup>	1,439 ha
Sombras	2,690 km <sup>2</sup>	269,027 ha
Nuvens	6,965 km <sup>2</sup>	696,526 ha
Área total do polígono	58,681 km <sup>2</sup>	5.863,977 ha

**Figura 29** - Monocultura e seus vários estágios de desenvolvimento.



Fonte e autoria: Google Earth Pro (2020)

#### **4.9 - Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)**

Na área de estudo, também aplicou-se a técnica de NDVI, ou Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, baseada nos níveis de reflectância, a assinatura digital da vegetação e de demais componentes de uma paisagem. As nomenclaturas utilizadas neste cartograma, para fins de discretização dos resultados, foram: Água, com valores menores do que 0,06;

Intervenção direta antrópica, entre 0,061 e 0,196; Campos abertos/solo exposto, entre 0,197 e 0,327; vegetação esparsa, entre 0,328 e 0,659; e Vegetação densa com valores maiores que 0,323. Os valores de área para cada classe/feição foram: Água (59,627 km<sup>2</sup> e 5.962,7 ha); Intervenção direta antrópica (54,989 km<sup>2</sup> e 5.498,9 ha); Campos abertos/solo exposto (60,998 km<sup>2</sup> e 6.099,8 ha); Vegetação esparsa (52,997 km<sup>2</sup> e 5.299,7 ha) e Vegetação densa (62,056 km<sup>2</sup> e 6.205,6 ha).







Reafirmando as classificações anteriores e fornecendo interpretações complementares sobre o vigor da vegetação remanescente, observamos na imagem da **figura 30** grandes áreas com vegetação esparsa e de baixa densidade. No caso do manguezal, as áreas em processo de deterioração são claramente demonstradas no item anterior. As áreas delimitadas anteriormente como de mangue tem vários pontos onde a reflectância da vegetação é mais baixa que os arredores, com índices entre 0,06 e 0,2, o que reafirma a situação de baixo vigor da vegetação. O setor Leste da imagem com intensa ocupação urbana, sobretudo as cidades de João Pessoa e Cabedelo, com valores de NDVI, predominantemente no intervalo de valores menores que 0,061 . Já em seu setor Oeste, a maior ameaça para o manguezal vem da expansão das áreas para plantio de cana-de-açúcar, notadamente no município de Santa Rita, conforme discutido no item anterior.

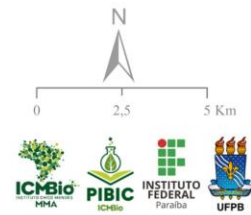
**Figura 30** - NDVI do entorno do estuário do rio Paraíba em 2020.



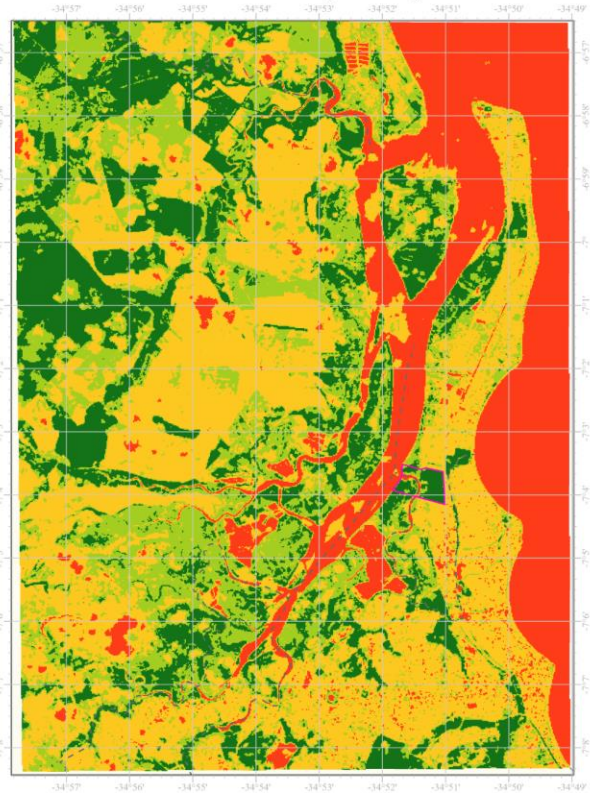
## NDVI do Entorno do Estuário do Rio Paraíba (2020)

### Legenda

-  Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo
-  Limites Municipais
- Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI)
- Classes
-  -0,194 - 0,06
-  0,061 - 0,196
-  0,197 - 0,327
-  0,328 - 0,659



Sistema Geodésico de Referência - DATUM: SIRGAS 2000  
Fontes: Hidrografia e Pluviometria- AESA 2020; Limites Municipais - IBGE 2021; Imagem Classificada - Landsat 8 (Agosto de 2020); Polígonos Monoculturas - Google Earth; Flona - ICMBio; Autoria - Uendry Ramos Maia



Fonte: Imagem Classificada - Landsat 8 (2020); Flona - ICMBio

## 5 - DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

O presente estudo aprofundou discussões iniciadas pelo Projeto Mangue Vivo no aspecto da ocupação do território do baixo rio Paraíba e seu entorno, espacializou dados e contabilizou áreas e possibilitou a leitura de vasta bibliografia para subsidiar a aprendizagem de metodologias e técnicas para organização e análise de dados. Foi possível criar uma base cartográfica, coletar e manipular materiais digitais e ampliar o conhecimento sobre a dinâmica do território.

A partir da análise da cobertura de vegetação no ano de 2000 e suas perdas entre 2001 e 2020, o trabalho localizou desflorestamentos distribuídos por toda a área de interesse, chegando à área total de 50,2 km<sup>2</sup> (5020 ha). Isso representa o equivalente a quase 25% da área total do município de João Pessoa desmatada no intervalo de vinte anos, atingindo vários ecossistemas presentes em nosso litoral.

Especialmente, identifica-se também o avanço desse desflorestamento em direção ao manguezal, ecossistema de grande importância biológica e socioeconômica e que, mesmo protegido legalmente, sofre perdas devido à ocupação humana, degradação ambiental e superexploração dos recursos naturais locais. Cerca de 4,2 km<sup>2</sup> (420 ha) de sua área já foram tomados por ocupação antrópica, que impacta outras áreas indiretamente, como as áreas de mangue deteriorado (ou mangue já morto). Explicações para a deterioração dessas áreas de manguezal precisam ser testadas envolvendo aspectos relacionados à qualidade dos corpos hídricos e dos solos, invasão de organismos fitopatogênicos e dinâmica de circulação das marés, áreas de inundação de efluentes e zoneamento municipais que determinam o uso e ocupação de atividades poluentes próxima ao manguezal. Percebe-se pelos dados, a falta de fiscalização e articulação dos entes municipais que compõem o estuário da bacia do rio Paraíba e seu ecossistema de manguezal. Ações conjuntas no intuito de frear e reverter o desflorestamento e degradação do mangue, como esforços de saneamento básico e zoneamento adequados, é o mínimo que o Estado pode oferecer aos moradores locais.

O estuário também sofre com o descumprimento de normas legais na proximidade da Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo. A construção de um condomínio horizontal fechado desmatou um terreno às margens do rio Paraíba em APP entre 2005 e 2006, totalizando 0,27 km<sup>2</sup> (27 ha) de perda de áreas. Além desse caso, que se encontra judicializado, após sanções do Ibama e ICMBio contra o empreendimento, detectamos aumentos das áreas de carcinicultura (1,354 km<sup>2</sup> ou 135,476 ha) e de monocultura de cana-de-açúcar em APP (0,513 km<sup>2</sup> ou 51,311 ha).

De maneira a compartilhar os produtos criados no âmbito da pesquisa, foi elaborado um *story map* do Projeto Mangue Vivo, disponível no link:<https://arcg.is/0H5nLX>. Esse é um primeiro passo para a montagem de uma plataforma de informações do estuário e da Flona de grande importância para futuros estudos, possibilitando a soma de esforços pela gestão e manejo sustentável do estuário do rio Paraíba..

A pesquisa atual, realizada em área com grande histórico de intervenções desde a ocupação portuguesa no litoral brasileiro, demonstra a importância da atuação urgente na conservação das áreas de uso da pesca artesanal, em especial dos manguezais, sujeitos a pressões e danos diversos. Ao pesquisar o assunto, foi possível constatar a dura realidade das pessoas que dependem do ambiente equilibrado na região como pescadores e marisqueiras, nas comunidades ribeirinhas. Para além da análise do espaço geográfico, esse estudo associado à publicação de Gumier-Costa; Natividade; Camargo-Zorro (2021), irão compor um arcabouço robusto para o planejamento de intervenções na área, em especial para o desenho e proposição de novas UCs.

O conjunto de produtos elaborados nesse projeto carece ainda de organização mais sistemática, na forma de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), conforme previsto no plano de trabalho inicial. Como a bolsista anterior deixou o projeto no meio do ciclo 2021-2022, os desafios de aprendizagem de técnicas e nivelamento para o novo bolsista impuseram a realidade de montagem do SIG para o próximo ciclo PIBIC (2022-2023), bem como o refinamento de protocolos e produtos aqui apresentados.

## 6 - RECOMENDAÇÕES PARA O MANEJO

A área estudada, em especial o manguezal, sofre diretamente com a ação humana que acarreta em sua total ou parcial degradação. Como forma de mitigar e, num futuro, reverter a tendência de perda florestal demonstrada neste estudo, propõem-se algumas ações de curto, médio e longo prazo.

De curto e médio prazos, é fundamental investigar a causa da morte e/ou degradação de 1.436.400 m<sup>2</sup> (143,64 ha) de manguezais por meio de estudos específicos. É necessário investigar *in loco* as áreas com concentração desse fenômeno, documentadas de forma sistemática pela primeira vez nessa pesquisa, compondo time com profissionais das áreas da geografia, microbiologia e associadas para perceber ações de poluição de solo ou hídrica, mudança de composição e qualidade pedológica e biota da área para que, em um grau maior de acurácia, consiga-se explicar e conter o fenômeno..

As áreas recentemente urbanizadas já desmataram 4.221.000 m<sup>2</sup>, ou 422,1 ha, de área do mangue entre os anos de 2001 e 2020. Os locais a Sudoeste e Sul do manguezal são os que mais mostraram intervenção humana, sendo necessário um aumento imediato nas ações de fiscalização, para evitar que mais construções sejam feitas às margens da área delimitada como manguezal.

Como medidas de longo prazo, para a real proteção do manguezal estudado é necessário prosseguir com os estudos para criação de Unidade(s) de Conservação que contemple prioritariamente esse ecossistema, assim como os ecossistemas que integram a mesma paisagem (como apicum e restinga). Considerando a realidade de uso intenso da área e a documentação de áreas de uso tradicional da pesca artesanal, registrados pelo próprio Projeto Mangue Vivo, é necessário avaliar a adequação das categorias de UCs do Grupo de Uso Sustentável (Lei Fed. 9985/2000), especialmente a de Reservas Extrativistas por se tratarem de áreas de domínio da União (manguezal e áreas sob influência regular das marés). No presente trabalho, apresentamos as delimitações desses ecossistemas e outras áreas de interesse que servirão como base para posteriores discussões técnicas e consultas públicas a fim de avançarmos nessa agenda, caso seja de interesse das comunidades ribeirinhas do baixo rio Paraíba.

## **7 - AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao ICMBio, Ministério do Meio Ambiente e CNPq pela oportunidade de aprofundar um assunto tão importante quanto a conservação da natureza e através disso edificar o futuro profissional que serei. Agradeço pelo apoio financeiro dado no período, pois, sem ele, a pesquisa não seria viável. Agradeço à UFPB e ao Departamento de Geociências DGEOC que, com seu corpo docente, em especial menção ao Prof. Dr. Eduardo Viana, abriram caminhos e me ajudaram a construir os conhecimentos necessários para consolidação documental de uma pesquisa de iniciação científica.

Agradeço aos meus pais, Sr. Severino Maia (*in memoriam*) e Uilma Ramos, meu padrasto Luzier Firmino e meu irmão Lawdson Firmino por terem me apoiado desde o começo na escolha desse desafio que é a dedicação ao estudo acadêmico. Meus grandes amigos Felipe Gonçalves e Jardhel Lacerda, confidentes e encorajadores, que sempre me colocam pra cima, me fazendo querer alçar voos cada vez mais altos com palavras, atitudes e o caráter que têm. Meu grande amigo Anderson Santos, a quem dedico grande parte do meu aprendizado em geoprocessamento e que me ajudou nos momentos de maiores dúvidas com os programas de SIG. Ao amigo Raphael Gomes, que me proporcionou momentos de discussões relevantes acerca do tema e da confecção deste trabalho, além de sempre me tranquilizar nos momentos de nervosismo. À Fernanda Araújo, a quem sempre busquei quando nos momentos de dúvidas sobre este trabalho, que se desdobrou para sempre ajudar, sendo solícita o tempo inteiro.

Agradeço ao meu orientador, Dr. Fabiano Gumier-Costa, um servidor-educador que além de ser um grande homem, mostra humildade e está sempre disponível a debater sobre o tema. Minha co orientadora Andréa L. Porto Sales, mulher forte, exigente como eu precisava que fosse, a quem agradeço pelo incentivo para obter resultados, sempre disposta a ajudar, a ouvir, compreender e, acima de tudo, ensinar e que acabou tornando-se mais do que uma orientadora, mas uma amiga. Sou muito grato por essa experiência marcante e espero continuar e aprofundar os estudos no ciclo 2022-2023.

## **8 - CITAÇÕES E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALONGI, Daniel. **The Energetics of Mangrove Forests**. Queensland, Australia: SPRING, 2009

AMBIENTE, Ministério do Meio. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Portaria nº9, de 23 de janeiro de 2007**. Brasília: MMA, 2007

\_\_\_\_\_, Ministério do Meio. **Atlas dos Manguezais do Brasil / Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa - **Código Florestal**. Brasília: Presidência da República [2012]. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)>. Acesso: junho. 2022

CORREIA, Mônica Dorigo; SOVIERZOSKI, Hilda Helena.. **Ecosistemas marinhos : recifes, praias e manguezais**. Maceió : EDUFAL, 2005. 55p. Disponível em <[https://daffy.ufs.br/uploads/page\\_attach/path/9358/ciencias2.pdf](https://daffy.ufs.br/uploads/page_attach/path/9358/ciencias2.pdf)>. Acesso: agosto. 2022

D'AMICO, Ana Rafaela; COUTINHO, Erica de Oliveira; MORAES, Luiz Felipe Pimenta de Moraes. **Roteiro metodológico para elaboração e revisão de planos de manejo das unidades de conservação federais**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade: ICMBio, 2018

DUTRA, Débora Joana; TIMBÓ, Marcos Antônio; GARCIA, Ricardo Alexandrino. **Comparative analysis of methods applied in vegetation cover delimitation using Landsat 8 images**. 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-56139>>. Acesso: junho. 2022

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018. 356 p.

FERNANDES, Carlos Henrique Velasquez; HANGAE, Lilian Letícia Mitiko; MOTA, Luciana Costa. **Roteiro Metodológico de Planejamento: parque nacional, reserva biológica e estação biológica**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011

GASS, S. L. B.; SILVA, D. M. **QGIS aplicado ao ordenamento territorial municipal**. Torres, RS: Editora Illuminare, 2018

GUMIER-COSTA, Fabiano; NATIVIDADE, Cláudio Dybas da; CAMARGO-ZORRO, Mauricio. **Projeto Mangue Vivo: Aspectos socioeconômicos e ambientais do estuário do**



**rio Paraíba e cenários para criação de unidades de Conservação.** João Pessoa: ICMBio, 2021

HANSEN, M. C. *et al.* High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. **Revista Science**, n. 342, 2013. DOI: 10.1126/science.1244693. Disponível em: <<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1244693>>. Acesso em: maio. 2022

IBGE. Resolução da Presidência R.PR – 1/2005, de 25 de fevereiro de 2005. **Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro.** IBGE: Brasília, 2005

\_\_\_\_\_. **Documentação do Censo 2000.** Rio de Janeiro: IBGE, 2002

\_\_\_\_\_. **Censo Brasileiro de 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, 2012

\_\_\_\_\_. **IBGE CIDADES.** Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>>. Acesso: junho. 2022

PEREZ, Leticia Palazzi; SALES, Andréa Leandra Porto; SILVEIRA, José Augusto Ribeiro. Mudanças Climáticas e o Urbanismo Insustentável no Município de João Pessoa, Paraíba, Brasil. **Sustainability in Debate.** Doi:10.18472/SustDeb.v11n2.2020.32330. Páginas 304-340. Brasília, 2020

ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3, 1973. **Annals...** Washington, 1973. p. 309-317

SALES, Andréa Leandra Porto. **O centro principal de João Pessoa: espacialidade, historicidade e centralidades.** 2009. 147 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009

SANT'ANA, R. M. S.; CARVALHO, S. S.; JESUS, A. B. Espacialização das ocorrências da companhia de polícia de proteção ambiental – COPPA, através do uso de geotecnologias. **Revista Eletrônica: tempo, técnica e território**, v. 5, p.62-71, 2014. Disponível em <<https://periodicos.unb.br/index.php/ciga/article/view/22151>>. Acesso: julho, 2022

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar.** São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995. 64p.

TUCCI, C. E. M. (1993). Hidrologia: Ciência e Aplicação. UFRGS, Porto Alegre-RS, 943p

USGS: United States Geological Service. 2020. (Acervo público de imagens de satélites). Disponível em <<https://earthexplorer.usgs.gov/>> . Acesso: junho. 2022

WILKIE, M. L.; FORTUNA, S. **Status and trends in mangrove area extent worldwide**. Roma, FAO: 2003. Disponível em <<https://www.fao.org/3/j1533e/j1533e00.htm>>. Acesso: junho. 2022

WALTER, F. **Vegetação e zonas climáticas: tratado de ecologia global**. São Paulo: EPU, 1986. 325p

YANCHO, J. Maxuell M. *et al.* **The Google Earth Engine Mangrove Mapping Methodology (GEEMMM)**. 2020. Disponível em <https://blueventures.org/wp-content/uploads/2021/09/GEEMMM.pdf>. Acesso: maio. 2022

YESSOUFOU K.;STOFFBERG G. H. Biogeography, threats and phylogenetic structure of mangrove forest globally and in South Africa: A review. **South African Journal of Botany**. v. 107, Novembro, 2016. South Africa, 2016. p. 114-120