



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM E PROCESSOS DE EROÇÃO COSTEIRA
NA ILHA DE ATALAIA, SALINÓPOLIS, PARÁ.

Belém-PA
2024

EWERTON MÜLLER DA SILVA SOUZA

ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM E PROCESSOS DE EROÇÃO COSTEIRA
NA ILHA DE ATALAIA, SALINÓPOLIS, PARÁ.

Dissertação apresentada como requisito
parcial para obtenção de título de Mestre
em Geografia pela Universidade Federal
do Pará.

Orientadora: Prof.^aDr.^a. Milena Marília
Nogueira de Andrade

Belém-PA

2024

EWERTON MÜLLER DA SILVA SOUZA

ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM E PROCESSOS DE EROÇÃO COSTEIRA
NA ILHA DE ATALAIA, SALINÓPOLIS, PARÁ

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Pará.

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 MILENA MARILIA NOGUEIRA DE ANDRADE
Data: 22/05/2024 08:26:07-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dr^ª. Milena Marília Nogueira de Andrade (Orientadora – PPGeo/UFPA)

Documento assinado digitalmente
 MARIA RITA VIDAL
Data: 28/05/2024 15:14:30-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dr^ª. Maria Rita Vidal (Examinador Interno – PPGeo/UFPA)

Documento assinado digitalmente
 LEILANHE ALMEIDA RANIERI
Data: 22/05/2024 16:33:17-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dr^ª. Leilanche Almeida Ranieri (Examinadora externa – IGEOG/UFPA)

Documento assinado digitalmente
 WILSON DA ROCHA NASCIMENTO JUNIOR
Data: 31/05/2024 11:38:23-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dr. Wilson Da Rocha Nascimento Junior (Examinador Externo – Instituto Tecnológico Vale)

DATA: 27/03/2024

Belém-PA
2024

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela vida e pela oportunidade de estudar ciência geográfica, que me proporcionou diversas gratificações na vida, entre elas, a chance de chegar ao mestrado. A jornada até aqui não foi fácil: desde a graduação, estudando à noite e fazendo o traslado de 20 km até a universidade, trabalhando durante o dia, mas, com esforço e dedicação, novos horizontes se abriram. Embora nesta luta eu tenha perdido algumas batalhas, principalmente comigo mesmo, mergulhado em uma crise de saúde mental, a força para concluir o ciclo foi maior.

Agradeço a Universidade Federal do Pará pelas oportunidades e estrutura oferecidas para a realização deste mestrado, bem como da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo a qual subsidiou todas as etapas desta pesquisa e, ao Observatório da Gestão Costeira (OGC) ao qual este trabalho está vinculado.

Neste ponto, agradeço enormemente à minha orientadora, que me auxiliou neste caminho e deixou um legado de respeito e carinho em meu coração, que levarei pelo resto da vida. Também não poderia deixar de agradecer à minha família: minha mãe, Elis Regina, que nunca me deixou na mão e é, definitivamente, minha melhor amiga; bem como meu pai, Mileno, que fez o impossível para me ajudar a chegar até aqui; e à minha namorada, Thaís, que sempre me incentivou e nunca permitiu que os males da vida tomassem conta de mim. Este trabalho não é apenas do orientando e do orientador, mas de todos aqueles que, direta ou indiretamente, fizeram parte dessa trajetória. Gratidão.

Resumo

O estudo visa analisar a paisagem e os processos de susceptibilidade à erosão na ilha de Atalaia, Salinópolis, Pará, como base para políticas de gerenciamento costeiro. O objetivo se desdobra em examinar a posição da linha de costa entre 2002 e 2022, identificar a dinâmica costeira através de geoindicadores, analisar as unidades de paisagem e o grau de susceptibilidade à erosão na ilha. Para alcançar os objetivos, a área de estudo foi dividida em três setores: Espadarte, Atalaia e Sofia. Os materiais e métodos utilizados incluem imagens de satélite para análise multitemporal de vinte anos, com técnicas de análise de mudança de polígonos, taxas areolares e lineares. Para esta avaliação das mudanças costeiras foi utilizado o *plugin Digital Shoreline Analysis System (DSAS)* no ambiente de Sistema de Informação Geográfica do ArcMap 10.5. O uso de geoindicadores fora deferido por intermédio fichas de campo com a identificação de elementos naturais ou antrópicos que apontassem para a movimentação da linha de costa. Para a análise da paisagem foi utilizada a base teórica da geoecologia da paisagem e uso de geoprocessamento para gerar um mapa de unidades de paisagem. O estudo revelou as áreas de alta susceptibilidade com 47.798m², principalmente, no setor A, nesse setor, destaca-se geoindicadores como a faixa frontal de vegetação modificada pela erosão (44) e presença de muros de arrimo e outras construções no contato com o arco praial ou sobre a superfície de estirâncio (64). As áreas de moderada susceptibilidade estiveram presentes, proeminentemente no Setor B, com área de 66.950m², neste setor, destaca-se os geoindicadores tubulação de água/esgoto ou postes de energia, situada sobre o arco praial em situação de destruição por agentes físicos (54) e presença de muros de arrimo e outras construções no contato com o arco praial ou sobre a superfície de estirâncio (62). As áreas de baixa susceptibilidade à erosão estiveram presentes, em maior evidência, no Setor C, com área de 341.274,1m², neste setor, destaca-se o geoindicador relacionado largura da superfície de pós praia (70). Os resultados da análise de paisagem permitiram a compreensão da estrutura e funcionamento da planície fluviomarinha, áreas urbanas, áreas descampadas, dunas móveis e praia e pós-praia. A investigação oferece uma perspectiva dinâmica sobre os processos de erosão da ilha de Atalaia a partir da metodologia empregada, com isso, os resultados indicam a necessidade de estratégias de gestão costeira mais efetivas, sublinhando a importância de uma abordagem integrada que considere tanto os aspectos físicos quanto socioeconômicos para mitigar os impactos adversos sobre as comunidades locais e o ecossistema.

Palavras-chave: Erosão. Linha de Costa. Paisagem. Geoprocessamento. Salinópolis.

Abstract

The study aims to analyze the landscape and erosion susceptibility processes on Atalaia Island, Salinópolis, Pará, as a basis for coastal management policies. The objective unfolds in examining the coastline position between 2002 and 2022, identifying coastal dynamics through geoindicators, analyzing landscape units, and the degree of susceptibility to erosion on the island. To achieve the objectives, the study area was divided into three sectors: Espadarte, Atalaia, and Sofia. The materials and methods used include satellite images for a twenty-year multi-temporal analysis, with polygon change analysis techniques, areal and linear rates. For this assessment of coastal changes, the Digital Shoreline Analysis System (DSAS) plugin was used in the Geographic Information System environment of ArcMap 10.5. The use of geoindicators was granted through field sheets with the identification of natural or anthropogenic elements that pointed to the movement of the coastline. For the landscape analysis, the theoretical basis of landscape geocology and the use of geoprocessing to generate a map of landscape units were used. The study revealed areas of high susceptibility with 47,798m², mainly in sector A, in this sector, geoindicators such as the front strip of vegetation modified by erosion (44) and the presence of retaining walls and other constructions in contact with the beach arch or on the surface of estirance (64) stand out. The areas of moderate susceptibility were present, prominently in Sector B, with an area of 66,950m², in this sector, the geoindicators of water/sewage piping or energy poles, located on the beach arch in a situation of destruction by physical agents (54) and the presence of retaining walls and other constructions in contact with the beach arch or on the surface of estirance (62) stand out. The areas of low susceptibility to erosion were present, most evidently, in Sector C, with an area of 341,274.1m², in this sector, the geoindicator related to the width of the post-beach/sandy berm surface (70) stands out. The results of the landscape analysis allowed the understanding of the structure and functioning of the fluvio-marine plain, urban areas, open areas, moving dunes, and beach and post-beach. The investigation offers a dynamic perspective on the erosion processes of Atalaia Island from the employed methodology, thereby, the results indicate the need for more effective coastal management strategies, underlining the importance of an integrated approach that considers both physical and socioeconomic aspects to mitigate adverse impacts on local communities and the ecosystem.

Keywords: Erosion. Coastline. Landscape. Geoprocessing. Salinópolis.

Lista de Figuras

Figura 1- Mapa delimitação da zona costeira paraense, 2020	6
Figura 2 - Mapa de localização da ilha de Atalaia, Salinópolis, PA.....	21
Figura 3 - Mapa morfométrico da ilha de Atalaia, Salinópolis, PA.....	22
Figura 4 - Células de deriva litorânea proposta para as praias da ZCP	24
Figura 5 - Mapa de vegetações predominantes na ilha de Atalaia, Salinópolis, PA.....	25
Figura 6 - Mapa geológico-geomorfológico da ilha de Atalaia, Salinópolis, PA.....	26
Figura 7 - Fluxograma de pesquisa para análise da paisagem e susceptibilidade à erosão da linha de costa	33
Figura 8 - Funcionamento do índice NSM.....	39
Figura 9 - Ilustração de estatísticas das linhas costeiras com as índices NSM, EPR e SCE.....	40
Figura 10 - Distância de medição da linha de base a cada ponto de interseção.....	41
Figura 11 - Localização dos pontos de coleta dos geoindicadores na ilha de Atalaia, Salinópolis.....	46
Figura 12 - Medição da zona de estirâncio na praia de Atalaia em baixa-mar.....	47
Figura 13 - Levantamento de fotografia aéreas do ARP	48
Figura 14 - Localização dos pontos de voo com ARP, ilha de Atalaia, Salinópolis.....	48
Figura 15 – Cobertura do solo, ilha de Atalaia, Salinópolis, 2023.:.....	51
Figura 16 - Formas e contornos da paisagem da ilha de Atalaia, Salinópolis, Pará.....	52
Figura 17 - Formas e contornos da paisagem da ilha de Atalaia, Salinópolis, Pará.....	56
Figura 18 - Ações antrópicas sob o pós-praia, ilha de Atalaia, Salinópolis, PA.....	56
Figura 19 - Dunas móveis, ilha de Atalaia, Salinópolis, PA.....	58
Figura 20 - Ilha de Atalaia (A) contato da planície fluviomarinha com o sistema de praia; (B) planície fluviomarinha com manguezais.....	59
Figura 21 - (A) área urbanizada sobre pós-praia; (B) acesso principal a faixa praial do Atalaia, Salinópolis, PA.....	61
Figura 22 - Modelo de funcionamento do sistema litorâneo da ilha de Atalaia, Salinópolis, Pará.....	62
Figura 23 - Índícios de erosão nos setores da ilha de Atalaia. A) Área central do setor A (Praia do Farol) com construções danificadas pela erosão presente na área. B) Setor B (Praia do Atalaia) com presença de estruturas de contenção à erosão. C) Setor C (Praia da Sofia) com presença de “Paleomangue”, feição essa condizente com as características erosivas desta área específica.....	67

Figura 24 - Mapa de áreas de progradação e retrogradação de 2002 a 2022, Ilha de Atalaia, Salinópolis, PA.....	67
Figura 25 - Distribuição das taxas lineares entre 2002 e 2022 (A) – Net Shoreline Moviment; (B) – End of Point Rate; (C) Shoreline Change Envelope, analisadas no DSAS, ilha de Atalaia, Salinópolis.....	69
Figura 26 - Movimento Líquido na Linha Costeira (NSM), Taxa do Ponto Final (EPR) e Taxa de (SCE) na ilha de Atalaia, Salinópolis-PA entre 2002 e 2022	70
Figura 27 - Mapa da Variação da posição da linha de costa entre os anos de 2002, 2013 e 2022, da Ilha de Atalaia, Salinópolis-PA	72
Figura 28 - Pontos de coleta de geoindicadores, Setor A, ilha de Atalaia, Salinópolis, PA	73
Figura 29 - Fotografia aérea da porção mesial do Setor A	81
Figura 30: –(A) Fotografia aérea da ponta do Espadarte; (B) Visada NE-SO da porção densamente urbanizada da praia do farol, Setor A.	82
Figura 31 - Plataforma de abrasão situadas na porção abrigada em relação ao oceano, ponta do Espadarte, Setor A.	83
Figura 32 - Estruturas de contenção como um indicador de dinâmica costeira, praia do Farol, Setor A.....	84
Figura 33 - Postes da rede elétrica localizados sobre a praia, Setor A	85
Figura 34 - Localização dos pontos de coleta de indicadores, Setor B	86
Figura 35 - (A) Filetes de água subsuperficial localizados a margem esquerda da rampa de acesso à praia do Atalaia; (B) Despejo de dejetos líquidos e formação de filetes na rampa de acesso à praia, Setor B.	96
Figura 36 - Sistemas barra calha, Setor B, Atalaia.	97
Figura 37: Localização dos pontos de coleta de indicadores, Setor C	98
Figura 38 - Paleomangue, Setor C, praia da Sofia.....	103
Figura 39 - Canal de maré, Setor C, praia da Sofia.	104
Figura 40 - Síntese analítica dos geoindicadores em erosão e acumulação, ilha de Atalaia, Salinópolis.....	105
Figura 41 - Grau de susceptibilidade à erosão, ilha de Atalaia, 2023.....	106
Figura 42 - Movimento líquido da linha costa, ilha de Atalaia, 2002 a 2022.	107

Lista de Quadros

Quadro 1 - Enfoques da estrutura vertical e horizontal da paisagem	19
Quadro 2 - Destaques teórico-conceitual da pesquisa.	34
Quadro 3 - Dados do processamento para cobertura da terra.....	35
Quadro 4 - Dados das imagens LANDSAT utilizadas na pesquisa.....	37
Quadro 5 - Erros geométricos das imagens LANDSAT.	38
Quadro 6 - Geoindicadores de erosão.	43
Quadro 7: Geoindicadores de acumulação.	45
Quadro 8 - Dados de maré nos dias de trabalho de campo	45
Quadro 9 - Resultados quantitativos referentes à mobilidade da linha de costa e às áreas progradacionais e retrogradacionais da ilha de Atalaia, no intervalo de 2002 a 2022. ..	65
Quadro 10 - Geoindicadores de erosão por ponto de coleta, Setor A, Atalaia, Salinópolis, PA.	74
Quadro 11 - Geoindicadores de acumulação por ponto de coleta, Setor A, Atalaia, Salinópolis, PA.	75
Quadro 12 - Amostra de geoindicadores aferidos em campo, Setor A, Ilha de Atalaia, Salinópolis, PA.	76
Quadro 13: Geoindicadores de erosão por ponto de coleta, Setor B, Atalaia, Salinópolis, PA	87
Quadro 14:Geoindicadores de acumulação por ponto de coleta, Setor B, Atalaia, Salinópolis, PA	88
Quadro 15 - Amostra de geoindicadores aferidos em campo, Setor B, Ilha de Atalaia, Salinópolis, PA.	90
Quadro 16: Geoindicadores de erosão e acumulação por ponto de coleta, Setor C, Atalaia, Salinópolis, PA.....	99
Quadro 17: Amostra de geoindicadores aferidos em campo, Setor C, Ilha de Atalaia, Salinópolis, PA.	100

Lista de Siglas e Abreviaturas

ALOS	Advanced Land Observing Satellite
APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
ARP	Aeronave Remotamente Pilotada
ASF	Alaska Satellite Facility
CIRM	Comissão Interministerial para Recursos do Mar
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
DSAS	Digital Shoreline Analysis System
EPR	End Point Rate
ETM	Enhanced Thematic Mapper
GPS	Global Positioning System
IDESP	Instituto de Desenvolvimento Socioeconômico do Estado do Pará
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LC	Linha de Costa
LMA	Linha de Maré Alta
MONA	Monumento Natural Atalaia
NSM	Net Shoreline Movement
OLI	Operational Land Imager
PEGC	Política Estadual de Gerenciamento Costeiro
PNGC	Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro
RGB	Red -Green-Blue
SCE	Shoreline Change Envelope
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SPU	Secretaria de Patrimônio da União
TGS	Teoria Geral dos Sistemas
USGS	United States Geological Survey
ZC	Zona Costeira
ZCP	Zona Costeira Paraense

Sumário

Introdução.....	1
1. CAPÍTULO 1 –ABORDAGEM TEÓRICA E CONCEITUAL.....	5
1.1 Zona Costeira Paraense	5
1.2 Orla	7
1.3 Linha de costa e Dinâmica costeira	7
1.3.1 Geoindicadores	9
1.4 Erosão e Susceptibilidade	11
1.5 Estrutura da paisagem	15
1.5.1 Geossistema	15
1.5.2 Geoecologia das paisagens	17
2. CAPÍTULO 2 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
2.1 Caracterização geográfica da área de estudo	21
2.2 Histórico da ocupação na Ilha do Atalaia	27
2.3 Processos metodológicos	33
2.3.1 Revisão e atualização bibliográfica	34
2.3.2 Análise da Paisagem	35
2.3.3 Laboratório para aquisição de imagens e análises da LC	37
2.3.4 Geoindicadores	41
2.3.5 Trabalho de Campo	45
2.3.6 Análise integrada: geoindicadores e linha de costa.	49
3. CAPÍTULO 3: ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DA PAISAGEM DA ILHA DE ATALAIA, SALINÓPOLIS, PA	50
4. CAPÍTULO 4 - DINÂMICA DA LINHA DE COSTA DA ILHA DE ATALIA, SALINÓPOLIS, PA.....	65
5. CAPÍTULO 5 – GEOINDICADORES DE DINÂMICA COSTEIRA DA ILHA DE ATALAIA, SALINÓPOLIS, PA.....	73
5.1 Setor A (praia do Farol Velho)	73
85	
5.2 Setor B (praia do Atalaia)	86
5.3 Setor C (praia da Sofia)	98
5.4 Análise integrada da susceptibilidade a erosão a partir de geoindicadores e movimento da linha de costa.	105
5.5 Proposições para estudos futuros	107
Considerações finais	110
Referências	113

Introdução

A paisagem costeira é um espaço caracterizado por diversas interações físicas e humanas. Nesse contexto, a paisagem é entendida como um mosaico dinâmico de ecossistemas interligados, onde processos físicos, biológicos e antrópicos se entrelaçam para formar unidades funcionais complexas (Rodriguez et al., 2022). Esta concepção destaca a importância de considerar as interações multidimensionais e escalas temporais e espaciais variáveis na análise ambiental, promovendo uma compreensão integrada que transcende a observação superficial do território para revelar as forças estruturais e funcionais que moldam a configuração e evolução das paisagens. Compreender as paisagens, bem como a dinâmica desses espaços possibilitam o entendimento dos processos de erosão costeira, assim como das funções geocológicas que precisam ter seus espaços geridos (Lima et al., 2023).

Recentes estudos sobre a zona costeira brasileira, têm demonstrado como as atividades humanas, juntamente com os processos naturais, moldam a paisagem, alterando sua composição e funcionamento. Pesquisas como de Filgueras et al., (2023); Oliveira (2023) e Galera (2023), alinhadas com a teoria da Geoecologia das Paisagens e os princípios da Teoria Geral dos Sistemas (TGS), enfatizam a importância de considerar a paisagem como um sistema dinâmico de interação sistema natural- humano. A aplicação destas teorias fornece uma base sólida para uma gestão sustentável dos recursos costeiros, enfocando não apenas na conservação da biodiversidade e dos habitats naturais, mas também na promoção de práticas de desenvolvimento que respeitem os limites e capacidades dos geossistemas locais.

As ações de gestão costeira são de extrema importância no Brasil e estão orientadas a partir do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) (Brasil, 1988). A lei nº. 7.661/1988, institui o PNGC com os detalhes e operacionalização dispostos na Resolução nº 01/90 da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), de 21/11/90 (MMA, 2018). Tal planejamento e orientação do uso dos recursos costeiros visa contribuir para elevar a qualidade da vida de sua população, e garantir a proteção do seu patrimônio histórico e natural na escala nacional, refletindo nas legislações estaduais.

No estado do Pará a Política Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC) foi sancionada em 2020 com a Lei Estadual nº 9.064. A Zona Costeira Paraense (ZCP)

apresenta um ambiente de alta energia, influenciado por macromarés semidiurnas, ondas geradas pelos ventos alísios de NE e correntes de maré de vazante de SE-NW e de enchente de NW-SE ao longo de 47 municípios divididos em cinco setores (Brasil, 2018). A dinâmica costeira de cada setor pode ser analisada a partir da linha de costa (LC), que demarca a interface entre o oceano e o continente, onde as ondas e marés alcançam sua máxima influência.

Esses processos oceanográficos moldam a LC ao longo do tempo, resultando em momentos de erosão, ou retrogradação, e outros de acreção, ou progradação, em várias partes do litoral. Portanto, a linha de costa é vista como um limite em constante movimento, e sua posição pode flutuar em diversas escalas passível de ser calculado (Lins-de-Barros, 2020; Silva et al., 2004; Boak & Turner, 2005). Quando a linha de costa é ocupada, essa movimentação causa uma problemática de risco de erosão em áreas urbanizadas, o que resulta frequentemente em respostas de contenção como a construção de muros, espigões, barreiras de sacos de areia, entulho, pedras, plantação de árvores, entre outras medidas.

O risco à erosão é entendido como a possibilidade potencial de danos a uma área urbanizada vulnerável (Lins-de-Barros, 2005). Diante disso, a erosão identificada em estruturas construídas atua como geoindicadores de eventos erosivos mais intensos, causados pela influência energética dos agentes físicos que moldam e transformam a costa (Muehe 2005; Souza 2009; Rudorff e Bonetti, 2010; Ranieri e El-Robrini, 2016). Os geoindicadores são definidos como medidas, elementos físicos ou sinais específicos que refletem as condições e as mudanças no ambiente geológico e ecológico (Martins et al., 2016). Geoindicadores são usados para descrever situações de referência e medir mudanças e tendências no ambiente físico ao longo do tempo (Carapuço et al., 2016).

A erosão afeta toda a ZCP, sendo mais pronunciada na região defronte ao oceano Atlântico, e nas áreas centrais das ilhas ou municípios, devido à forma arqueada da costa, às marés equinociais de sizígia e à intensidade do processo hidrodinâmico causado por ondas e marés robustas (Ranieri e El-Robrini, 2016). Não obstante, pesquisas relacionadas ao estudo da dinâmica costeira têm ganhado relevância nos últimos anos e, em especial no Pará, principalmente atrelados à compreensão dos processos oceanográficos e morfológicos que ocasionam a erosão e da vulnerabilidade à erosão (Ranieri e El-Robrini, 2016; Braga et al., 2019, De Souza Negrão et al., 2022).

Os estudos costeiros anteriores realizados na costa amazônica relacionados a dinâmica costeira apresentam avanços significativos na produção de mapeamentos detalhados e informações pertinentes para gestão e gerenciamento costeiro (Rosa et al., 2021; Silva et al., 2021; Costa et al., 2019; Hayashi et al., 2019). Sabe-se que as unidades de relevo são caracterizadas por planícies lamosas, canais de maré, praias, bancos de areia, dunas e falésias (Muehe e Nicolodi, 2008). Os manguezais colonizam parte da planície lamosa e as outras unidades de relevo são palco para uma diversidade de atividades e atividades e pressões antrópicas, tais como recreação, transporte, moradia, indústria e geração de energia (Hayashi et al., 2019). Todo esse sistema físico compõem uma paisagem de relação entre os fatores antrópicos e físicos precisam ser mais bem conhecidos.

A paisagem, como um elemento fundamental na interação entre o homem e o meio ambiente, evoluiu de uma simples descrição física para um conceito integrador que abrange tanto os aspectos naturais quanto os humanizados. Esta evolução teórica é crucial para entender as complexas relações que definem as zonas costeiras, especialmente em áreas de significativa interação humana e natural, como é o caso da ilha de Atalaia, no município de Salinópolis, estado do Pará. A ilha, conhecida por suas praias de ecossistemas sensíveis, serve como um caso exemplar para estudar as interações entre geossistemas e a ação antrópica, refletindo a crescente necessidade de abordagens holísticas e sistêmicas na gestão costeira e compreensão da susceptibilidade à erosão.

A Ilha do Atalaia é um polo de turismo no estado do Pará que possui uma dinâmica de natural com ecossistemas como manguezais, restingas, praias e ilhas, que são habitats (Braga, 2019) e uma constante mudança na ocupação da LC com áreas susceptíveis à erosão (Silva et al., 2023). Os ecossistemas são fundamentais para o equilíbrio ambiental da região, desempenhando serviços ecossistêmicos importantes na proteção da costa contra a erosão, na regulação do clima e na preservação da biodiversidade (Pereira e Andrade, 2023; Hayashi et al., 2023).

No contexto de aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, a tendência é de aceleração do processo de erosão costeira, comprometendo a estabilidade das faixas litorâneas e ameaçando comunidades costeiras. Diante desse cenário, é importante desenvolver estratégias de gestão costeira integradas e sustentáveis que considerem a dinâmica da paisagem diante dos aspectos físicos e naturais, e as

demandas socioeconômicas das comunidades locais, bem como a susceptibilidade à erosão da LC. Este trabalho busca, portanto, contribuir com uma análise de paisagens costeiras e das áreas de susceptibilidade à erosão, na ilha de Atalaia (município de Salinópolis, Pará) para contribuir com as práticas de gestão costeira.

Objetivo Geral

Analisar a paisagem e a susceptibilidade à erosão na ilha de Atalaia, município de Salinópolis, Pará, como subsídio para ações de gerenciamento costeiro.

Objetivos específicos

- Mapear processos de erosão e acreção da linha de costa da Ilha do Atalaia no intervalo temporal de 2002 a 2022.
- Avaliar o grau de susceptibilidade à erosão através de geoindicadores na Ilha do Atalaia.
- Analisar unidades de paisagem da Ilha de Atalaia como ferramenta de análise da planície costeira.

1. CAPÍTULO 1 –ABORDAGEM TEÓRICA E CONCEITUAL

1.1 Zona Costeira Paraense

O Brasil possui uma das mais extensas zonas costeiras do mundo, com mais de 8.500 km de extensão, estando compreendida entre as latitudes 4° norte e 34° sul. Isso faz com que a extensão da fronteira marítima brasileira, localizada no Atlântico Sul, represente 32% das fronteiras nacionais. Grande variedade de feições geomorfológicas, climas e ecossistemas são identificados nas diferentes regiões costeiras do Brasil, incluindo: planícies fluviais e planícies lamosas de maré (com extensos manguezais) ; falésias arenosas; campos de dunas; estuários e deltas fluviomarinho; cordões ou barreiras arenosas (com lagunas associadas) ; enseadas com presença de costões rochosos; ilhas, atóis e baías (Muehe, 2006).

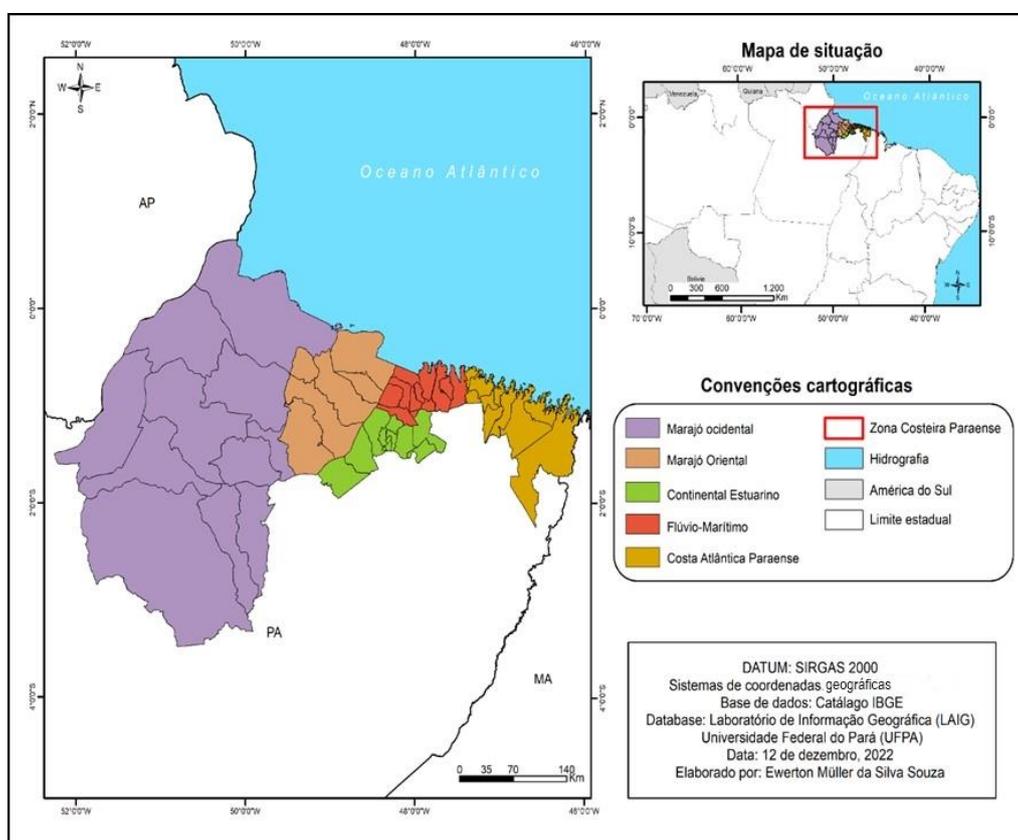
A costa atlântica paraense é recortada por reentrâncias (falsas rias) formadas por baías fluviomarinhas-estuarinas, com vales afogados. Esta região possui uma diversidade biológica abundante, onde é destacado o sistema de manguezais, bordejando as baías e os canais flúvio-estuarinos (Souza Filho, 2001).

O Estado do Pará estabeleceu, por meio da Lei Estadual n.º 5587/95, uma política ambiental para preservar e proteger o meio ambiente e melhorar a qualidade de vida da população de maneira equilibrada. Seus objetivos incluem identificar áreas prioritárias para ações governamentais, preservar o patrimônio natural e a biodiversidade, e criar instrumentos ambientais. Um desses instrumentos é o Programa de Gerenciamento da Zona Costeira do Estado do Pará (GERCO/PA), que planeja e gerencia as atividades econômicas que controlam, conservam e recuperam os recursos naturais, e monitora fontes de poluição e degradação ambiental na zona costeira. O Instituto de Desenvolvimento Socioeconômico do Estado do Pará (IDESP) foi o responsável pela coordenação do GERCO/PA, mas após a extinção do IDESP, as atividades foram transferidas para a Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTAM) pela Lei Estadual n.º 6211/99 (Szlafsztein, 2009).

Até 2018, a Zona Costeira Paraense (ZCP) é caracterizada por uma divisão político-administrativa em três partes: (1) Costa Atlântica do Salgado Paraense; (2) Insular Estuarino e (3) Continental Estuarino. A Costa Atlântica do Salgado Paraense também se encaixa como um litoral de “falsas rias”, submersas, bastante ativas. A plataforma continental interna adjacente é coberta por campos de depósitos arenosos alinhados na direção das correntes de maré (NE-SW) (El-Robrini et al. 2018). Entretanto,

a Lei nº 9.064 de 25 de maio de 2020, estabeleceu uma reorganização político-administrativa da Zona Costeira (ZC) da Amazônia paraense (Figura 1). Desta maneira, esse vetor indica que a ZCP é o espaço geográfico delimitado: a) em terra, pelos municípios adjacentes que fazem fronteira com o mar em sua interface, abrangendo o complexo insular estuarino da Ilha do Marajó e a Costa Atlântica paraense, que engloba a diversidade dos ecossistemas costeiros, estuarinos e insulares fundamentais, bem como as atividades socioeconômicas características da ZC; b) no mar, pelas 12 (doze) milhas marítimas de largura que constituem o mar territorial, conforme estipulado no art. 20, inciso VI, da Constituição Federal de 1988 (Pará 2020).

Figura 1- Mapa delimitação da zona costeira paraense, 2020



Fonte: Organizado pelo autor

A gestão dos espaços costeiros no estado do Pará é fundamental, pois possui uma faixa de 1200 km de extensão com a superfície com aproximadamente 130.000km² e, representa cerca de 10,42% da área total do estado e possui 47% da população vivendo nessa porção geográfica (Souza Filho, 2001). Desse modo, é uma área a qual necessita de estudos para subsidiar planejamento e criação de políticas públicas.

1.2 Orla

A orla costeira é uma unidade geográfica inserida na zona costeira e dividida em porção aquática e porção terrestre (Brasil, 2006). O Projeto Orla, realizado pelo Ministério do Meio Ambiente, teve por objetivos delimitar e regular o uso da orla costeira através das seguintes metas: 1) estabelecer a delimitação da orla através de critérios morfodinâmicos; 2) conscientizar e disciplinar o uso e ocupação da orla; 3) conservar os recursos costeiros. Dessa maneira, entende-se a razão da orla ser considerada faixa de proteção da zona costeira, diante dos fatores naturais e antropogênicos.

É concebida como uma faixa destinada à proteção diante dos processos de erosão ou de sedimentação, onde o poder público deve implementar ações preventivas ou corretivas para controle e planejamento da ocupação humana. Este conceito está diretamente ligado à conservação paisagística e à garantia de manutenção dos recursos renováveis. Desse modo, a orla atende à necessidade de planejamento do uso e ocupação tendo em vista a dinâmica peculiar da zona costeira, considerando-se, sobretudo, a previsão da subida do nível do mar (Muehe, 2001; Brasil, 2002).

No sentido de delimitar a faixa de proteção, são estabelecidos critérios que definem onde começa e termina a orla na costa. A orla deve iniciar-se no mar com profundidade entre 5 e 10 m. Este é o limite externo da orla (limite oceânico), definido pelo local onde as ondas que se aproximam do litoral podem mobilizar os sedimentos do fundo marinho. Este local é denominado de ponto de fechamento do perfil praiial que, na costa brasileira, se encontra no intervalo de profundidade citado acima (Muehe, 2001).

1.3 Linha de costa e Dinâmica costeira

A linha de costa pode ser definida com base em vários elementos, sendo os mais utilizados os seguintes: (a) a linha d'água durante a baixa-mar ou no instante do levantamento de campo; (b) a linha de preamar de sizígia; (c) a linha de espraiamento máximo das ondas durante a maré alta; (d) a linha limítrofe entre a vegetação das dunas ou dos mangues e os cordões arenosos praiiais; (e) o limite dos leques de lavagem que se estendem para o interior de lagunas e estuários; (f) a base ou topo de falésias (Forbes; Liverman, 1996).

A posição da linha de costa (LC) varia conforme as alterações morfodinâmicas, como a ação das ondas, ventos, marés, correntes, a descarga fluvial, as chuvas, assim como a interferência antrópica, modelam o relevo costeiro ao longo do tempo, através da

erosão e da acumulação, provocando mobilidade na posição da LC (França & Souza Filho, 2003).

Ao longo dos anos, a linha de costa pode mudar de localização em decorrência de alterações nos processos de erosão, transporte e acúmulo de sedimentos. Sendo assim, a variação da posição da linha de costa é um dos mais importantes indicadores geomorfológicos de dinâmica costeira. É o reflexo da ação erosiva ou deposicional dos agentes costeiros, tais como as marés, ondas, correntes e ventos. Isso resulta em mudança nas formas de relevo, na cobertura vegetal, nos solos e na ocupação (França; Souza Filho, 2003)

O monitoramento e o mapeamento da linha de costa têm sido de essencial importância nos trabalhos acadêmicos voltados para a análise da dinâmica costeira e para subsidiar as políticas de gerenciamento costeiro. De acordo com França (2003), a dinâmica costeira é entendida como o conjunto de mudanças morfológicas que ocorrem na zona costeira, devido a atuação de fenômenos dinâmicos (erosão e acumulação sedimentar). Tais mudanças podem ocorrer em três escalas temporais: 1) curto período, que se refere à análise atual de indicadores de dinâmica costeira, que indicam mudanças sazonais na orla em um período de dias, semanas ou poucos meses; 2) médio período, que se refere ao estudo da variação da linha de costa em algumas décadas; 3) longo período, traduzido por mudanças morfológicas durante centenas a milhares de anos (Nordstrom, 1980).

Nesse bojo, delinea-se a LC como geoindicador ou indicador geomorfológico de mudanças costeiras. Esses indicadores são evidências deixadas pelos fenômenos físicos atuantes nos ambientes costeiros/estuarinos, pois acarretam o desenvolvimento de feições morfológicas e são diretamente proporcionais ao tipo de dinâmica atuante. Se a dinâmica for erosiva, formas de relevo erosivas sucedem: plataformas de abrasão, bancos de cascalho, afloramentos rochosos, falésias, promontórios (França & Souza Filho, 2003). No entanto, se a dinâmica for do tipo acumulativa, as feições correspondentes serão: barras arenosas, restingas, larga zona de pós-praia, largo arco praiial, planícies de maré, dentre outros. Portanto, a linha de costa é um dos principais indicadores dinâmicos costeiros, tendo em vista a variabilidade de sua posição durante determinado intervalo temporal, resultado de processos acrecionais ou de recuo (Souza, 2021).

1.3.1 Geoindicadores

Os geoindicadores apontam padrões que podem ser valiosos para compreender os fenômenos em operação na costa e, por conseguinte, os riscos aos quais ela está exposta. A facilidade na coleta de dados torna os geoindicadores uma ferramenta de gestão crucial para avaliações rápidas de vulnerabilidade a ameaças, ou para o monitoramento ambiental de longo prazo (Bush et al., 1999).

Para Reis et al. (2017), os indicadores como ferramentas formadas por uma ou mais variáveis que, quando associadas de várias maneiras, revelam significados mais abrangentes sobre os fenômenos aos quais se referem. Além disso, são cruciais para orientar a ação, subsidiar o acompanhamento e avaliar o progresso rumo ao desenvolvimento sustentável. Este é um processo em construção, sendo a formulação de indicadores também um trabalho em aberto.

Percebe-se, dessa forma, que há uma utilização do aparato teórico-metodológico dos geoindicadores em diversas segmentações de análise, seja socioambiental, urbana, ou na zona costeira. Este último, é de suma importância em pesquisas relacionadas a erosão nos últimos anos. Martins et al., (2016) delinea um estudo sobre processos erosivos por meio de geoindicadores no litoral de Pernambuco, no nordeste do Brasil. Os geoindicadores foram classificados em quatro classes de intensidade, sendo nula, baixa, moderada e alta, relacionadas à presença de indicadores de erosão.

Salienta-se, ainda, que o termo indicadores ou geoindicadores manifestam fins semelhantes em alguns trabalhos. Ao trabalhar os indicadores de dinâmica costeira na porção continental estuarina da zona costeira paraense, Blanco et al., (2023) aborda a dinâmica costeira nas orlas do Murubira e Ariramba, Ilha de Mosqueiro, Belém/PA, por meio de análises multitemporal e espacial de geoindicadores. O trabalho registrou 40 geoindicadores, permitindo a divisão da orla em 6 setores. Destacam-se três graus dinâmicos: alta erosão, média erosão e baixa erosão. Os resultados, com potencial para orientar planos de gerenciamento costeiro, ressaltam a importância dos geoindicadores na compreensão da dinâmica costeira.

Pinheiro (2020) focaliza a análise de indicadores como parte essencial da pesquisa, ao avaliar quatro praias em Salinópolis/PA, a metodologia incluiu pesquisa bibliográfica, registros fotográficos e checagem de impactos através de um checklist. O destaque recai sobre a identificação de uma série de problemas ambientais nos trechos de

estudo, especialmente no Atalaia, onde resíduos sólidos e lançamento irregular de esgoto foram observados. Na praia do Farol Velho, o avanço do mar causou danos a estruturas urbanas.

Picanço (2013) realizou um na porção norte do Município de São Caetano de Odivelas (PA), onde identificou unidades de relevo, bem como sua distribuição, variações multitemporais na linha de costa e identificou geoindicadores. Unidades morfológicas incluíram tabuleiros, planícies lamosas de maré, bancos lamosos de intermaré, cordões arenosos, planícies aluviais, entre outras. Geoindicadores, como avanço/recuo da linha de costa e mudanças na vegetação de mangue, foram cruciais. Observou-se predominância de mudanças acrecionais, com acréscimo nas áreas de mangue e formação de novas ilhas em 24 anos. Essas dinâmicas moldam significativamente o solo e a morfologia local, destacando a importância do estudo dos indicadores geomorfológicos e biológicos para compreender os processos em curso.

Rudorff e Bonetti (2010), avaliou a suscetibilidade à erosão costeira de praias da Ilha de Santa Catarina utilizando geoindicadores e técnicas de análise espacial, servem de fundamentação metodológica para este estudo. Para tanto, é fundamental uma análise espacial detalhada, utilizando ferramentas geoespaciais e séries temporais de imagens de satélite, para mapear a evolução da linha de costa e identificar áreas críticas de erosão e acumulação. Além disso, a integração de análises de campo com dados de sensoriamento remoto potencializa a capacidade de diagnóstico, fornecendo um panorama abrangente das forças atuantes e das áreas mais vulneráveis à erosão.

Castro, Rocha e Vieira (2020), que investigaram a linha de costa e avaliaram a vulnerabilidade e susceptibilidade à erosão costeira em Cabo Frio/RJ, utilizando geoindicadores e análise espacial. O estudo envolveu uma combinação de técnicas de mapeamento da linha de costa através de imagens de satélite e a aplicação de geoindicadores para avaliar a vulnerabilidade costeira. Este método permitiu uma análise detalhada das mudanças ocorridas na linha de costa ao longo do tempo, bem como a identificação de áreas com maior risco de erosão.

Portanto, Integrar as técnicas de análise espacial com a avaliação de geoindicadores, conforme feito por Castro, Rocha e Vieira (2020), possibilita a criação de um quadro abrangente das dinâmicas costeiras na Ilha de Atalaia. Esta abordagem multidisciplinar não apenas auxilia na identificação das áreas mais suscetíveis à erosão,

mas também fornece uma base sólida para o desenvolvimento de estratégias de gestão e conservação costeira mais efetivas. Ao compreender os padrões de erosão e os fatores de risco associados, é possível implementar medidas preventivas e de mitigação direcionadas, visando a preservação da linha de costa e a proteção das comunidades e ecossistemas locais.

1.4 Erosão e Susceptibilidade

As transformações na linha costeira são reflexos de padrões de acreção e erosão resultantes da intrincada interação entre processos naturais que operam em diversas escalas temporais e espaciais. As praias de areia estão sujeitas à erosão durante eventos de alta energia e a acreção durante períodos de menor energia (Komar, 1983). Assim, em situações como tempestades tropicais e extratropicais, praticamente todas as praias mostram alguma susceptibilidade à erosão.

Frequentemente, nas áreas predominantemente urbanas, observa-se uma expansão da ocupação em direção à faixa litorânea. Este aspecto ganha relevância devido à maior susceptibilidade do ambiente físico às marés, correntes e ondas nessa região. Esses elementos são responsáveis por processos de erosão e sedimentação, os quais se distribuem e variam em termos de magnitude, frequência e intensidade ao longo do litoral (França et al., 2022). Em outras palavras, esses fenômenos ocorrem de maneira desigual, resultando em alterações diárias e sazonais nos locais onde a ocupação humana está.

No contexto brasileiro, a principal avaliação da erosão costeira foi consolidada em 2006 e revisada em 2018. Tanto na primeira obra, intitulada "Erosão e Expansão do Litoral Brasileiro" (Muehe, 2006), quanto na subsequente, denominada "Visão Geral da Erosão Costeira no Brasil" (Muehe, 2018), foram apresentados resultados abrangentes para cada um dos estados litorâneos do país. Esses resultados foram elaborados por um grupo diversificado de especialistas. Em linhas gerais, observa-se que as transformações na dinâmica da erosão costeira derivam, em parte, da escassez de sedimentos, resultado tanto do esgotamento das fontes naturais quanto da extração de materiais para a formação de dunas. Além disso, as intervenções humanas desempenham um papel significativo, seja através da construção de barragens nas bacias de drenagem, reduzindo o volume de sedimentos transportados pelos rios até o mar, seja pela urbanização das áreas costeiras. Esta última, ao negligenciar as áreas adequadas para a movimentação das areias, fixa

porções substanciais dos perfis ativos das praias, impedindo sua resposta natural durante eventos climáticos adversos. Outros impactos previsíveis e, por vezes, devastadores, são decorrentes do design inadequado de estruturas costeiras, interrompendo o fluxo de sedimentos ao longo da costa (Bulhões et al, 2020).

A erosão torna-se desafiadora quando se converte em um processo intenso e persistente ao longo de toda a faixa litorânea ou em partes dela, representando uma ameaça a áreas de importância ecológica e socioeconômica (Souza et al., 2005). Nessas circunstâncias, é denominada como degradação costeira, afetando promontórios, costões rochosos e falésias, ou degradação praias quando limitada apenas às praias. Este fenômeno demanda a atenção de cientistas e autoridades, uma vez que a costa está sujeita a um desequilíbrio sedimentar negativo, colocando-a em risco.

De modo geral, as implicações da erosão costeira ou praias são identificadas como desafios quando apresentam ameaças aos usos e atividades humanas, gerando impactos econômicos. No entanto, como ilustrado, mesmo em regiões não habitadas, a degradação costeira deve ser uma fonte de inquietação para autoridades governamentais e cientistas, visto que áreas naturais serão perdidas, potencialmente resultando na deterioração de ecossistemas costeiros vitais, especialmente em regiões urbanizadas (Souza, 2009).

As erosões podem ser categorizadas quanto à maneira como se manifestam e quanto aos elementos que as ocasionam. Diante desse cenário, emerge o interesse e a imperatividade de examinar esse fenômeno, por meio de investigações como as de suscetibilidade erosiva na zona costeira, que procuram identificar regiões sujeitas a diferentes níveis de vulnerabilidade à erosão, considerando seus fatores influentes (Rosa, 2022)

Nesse cenário, a susceptibilidade à erosão refere-se à probabilidade de eventos erosivos ocorrerem com base nas características naturais do ambiente. Contudo, quando há intervenção humana no meio, além das características naturais, é necessário examinar as influências antropogênicas (Binda, 2008). Essa análise pode ser considerada como uma aplicação prática do conhecimento ambiental no gerenciamento de questões relacionadas ao uso e ocupação do solo, permitindo que os interessados avaliem e antecipem as interações entre o uso do solo e o meio ambiente. Isso, por sua vez, orienta os tomadores de decisão na implementação de medidas preventivas e corretivas para reduzir os riscos ambientais decorrentes do uso inadequado da terra (Bonna, 2011).

A compreensão do nível de estabilidade nos ambientes costeiros requer a investigação e monitoramento dos elementos que moldam a dinâmica costeira ao longo do tempo (Ranieri; El-Robrini, 2016). Para analisar a erosão costeira, destaca-se a utilização de tecnologias de geoinformação, a avaliação de perfis de praia em relação aos perfis de equilíbrio e a mensuração do transporte de massa ao longo das praias (Carneiro e Coutinho, 2003). A aplicação de geotecnologias engloba a aquisição, processamento, interpretação e análise de dados espaciais, sendo os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) uma tecnologia centra. Uma estratégia eficaz é a avaliação da suscetibilidade à erosão, que, embora não aborde a probabilidade do fenômeno, indica regiões passíveis de eventos erosivos, desempenhando um papel essencial na análise de riscos (Rudorff, 2005).

Estudos sobre a suscetibilidade à erosão em determinada localidade consideram os fatores físicos que condicionam esses processos no ambiente específico, como tipo de solo, declividade, clima, cobertura vegetal, correntes de maré e morfodinâmica praial, entre outros (Martini et al., 2006). Os métodos de avaliação da suscetibilidade podem variar conforme a disponibilidade de dados, sendo este um fator limitante diante da realidade das pesquisas costeiras no Brasil. No caso de Serafim e Bonetti (2017), que avaliaram a suscetibilidade das praias de Santa Catarina, utilizaram uma metodologia baseada em análise de multicritério, considerando variáveis como tipo de linha de costa, largura da praia, exposição às ondas, maré meteorológica, maré astronômica e variação de linha de costa. Já Rudorff e Bonetti (2010), diante da falta de dados em outro estudo na região catarinense, propuseram a adoção de uma metodologia com o uso de geoindicadores para gerar índices de suscetibilidade erosiva.

Na perspectiva de estudos relacionados a costa atlântica do Pará, elenca-se Rosa (2022) onde analisou-se a suscetibilidade à erosão costeira na Ilha do Atalaia, usando análise espacial de ocupação da terra, topografia e geoindicadores para mapear essa suscetibilidade. A análise revelou uma qualidade de classificação excelente, destacando reduções nas áreas de vegetação e dunas, com aumento da urbanização na Ilha do Atalaia e em direção ao continente. Os principais fatores que influenciaram os padrões de ocupação incluíram distância ao mar, a presença de rodovias, densidade viária e proximidade a áreas de especulação imobiliária. A área foi classificada em Baixa, Média e Alta Suscetibilidade, indicando áreas de risco elevado, especialmente na região central com urbanização intensa e declividades acentuadas. O estudo fornece uma ferramenta

para a gestão territorial e ambiental, permitindo tomadas de decisão para mitigar impactos na costa de Salinópolis.

De acordo com Souza Filho & El-Robrini (1996), a localização geográfica do Nordeste do Pará ($0-1^{\circ}\text{S}$), juntamente com suas reentrâncias e a extensa plataforma continental do Pará, favorecem o desenvolvimento de um ambiente de alta energia. Esse ambiente é caracterizado por macromarés semidiurnas, ondas originadas pelos ventos alísios do Nordeste, correntes de maré na vazante de Sudeste a Noroeste e correntes de maré na enchente de Noroeste a Sudeste. Esses fatores contribuem para as características distintas desse ecossistema costeiro.

Souza Filho et al. (2000) analisaram os impactos da ocupação na planície costeira bragantina (Nordeste do Pará) e apresentaram propostas para mitigar os problemas decorrentes da erosão. Conforme apontado pelos mesmos pesquisadores, os processos naturais atuantes na planície costeira bragantina são altamente energéticos, resultando em alterações significativas na paisagem costeira.

São notáveis as mudanças provocadas pela intervenção humana que comumente ocorrem em uma escala temporal intermediária. Há consenso de que a ocupação e as modificações realizadas pelo ser humano na linha costeira podem ampliar a vulnerabilidade e reduzir a resiliência do meio físico, mesmo quando o propósito é a preservação costeira

1.5 Estrutura da paisagem

Os estudos voltados para a paisagem inicialmente concentraram-se na descrição das formas físicas da superfície terrestre. Gradualmente, foram incorporadas análises das ações da sociedade ao longo do tempo, resultando na distinção entre paisagens naturais e culturais. A paisagem natural abrange elementos como geologia, geomorfologia, vegetação e hidrografia, enquanto a paisagem cultural-humanizada engloba as modificações feitas pela sociedade em espaços rurais e urbanos.

Nesse contexto, a paisagem é percebida como o resultado da inter-relação entre as esferas natural e humana, refletindo a organização histórica da sociedade. A Teoria Geral dos Sistemas, desenvolvida por Ludwig Bertalanffy, teve uma influência significativa na abordagem sistêmica. Essa visão holística permite que o homem-sociedade seja concebido como um agente geomórfico, entendendo melhor as alterações no meio físico.

Conforme Bertrand (1971), a paisagem, seja ela "natural" ou não, resulta da combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos, interagindo dialeticamente e formando um conjunto único e em constante evolução. O estudo da paisagem está intrinsecamente ligado à noção de escala, e a metodologia bertrandiana é estratificada em unidades superiores e inferiores.

Dentre essas unidades, como Zona, Domínio, Região Natural (superiores), e Geossistema, Geofácies e Geótopo (inferiores), Bertrand (1971) destaca o Geossistema como a grandeza mais adequada para os estudos empreendidos pela sociedade, pois abrange a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos da paisagem. Essas combinações dialéticas são de relevante interesse para os geógrafos, diferenciando-se do ecossistema, no qual a noção de grandezas escalares não está claramente definida.

1.5.1 Geossistema

A compreensão da sociedade como um agente transformador e intensificador de formas e processos, ou seja, como um agente geomórfico, não é uma discussão recente. Essa abordagem holística favorece a compreensão dos grupos sociais como participantes ativos nos processos de mudança da paisagem. Enquanto o determinismo geográfico sugere que o meio, por meio de elementos como solo, clima e hidrografia, determina a ação da sociedade, a Teoria Geral dos Sistemas (TGS) permite uma análise mais detalhada dos fenômenos, não considerando o todo como a soma de partes, mas como dependente da intensidade das inter-relações entre essas partes. Para entender as características das

partes de um sistema, é crucial conhecer não apenas as partes em si, mas também suas inter-relações (Limbereger, 2006). A abordagem sistêmica, representada pela TGS, proporciona uma visão holística que redefine o homem-sociedade, não mais como uma parte desintegrante, mas como um agente geomórfico. Isso possibilita uma compreensão mais aprofundada de como ocorrem as alterações no meio físico.

A discussão acerca dos geossistemas adquire relevância na década de 1960, quando o conceito surge para denotar a interação entre natureza e sociedade, sendo introduzido na literatura geográfica pelo geógrafo soviético Victor Sotchava em 1962 (Guerra e Guerra, 2009). A abordagem soviética na Geografia proporciona significativas contribuições de cunho epistemológico, caracterizadas pela visão sistêmica da natureza através do conceito de paisagem. Essa perspectiva tem o mérito de, pela primeira vez, transcender a paisagem do âmbito discursivo para o domínio de estudo concreto, tornando-a objeto de análise.

Bertrand (1972), ao abordar a relação entre os meios biofísico e antrópico, destaca que a sociedade, assim como todos os seres vivos, constitui elementos naturais interligados por diversas relações de interdependência, e Sotchava (1978), ao discutir que os geossistemas são formações naturais sujeitas, de certa forma, ao impacto das atividades humanas, desenvolveram suas obras considerando o ser humano como agente ativo na superfície terrestre.

No contexto brasileiro, Ab'Saber (1969), seguindo uma abordagem dinâmica interrelacional, fez breves apontamentos sobre a importância das ações humanas cumulativas nos conjuntos espaciais regionais e locais que compõem o território intertropical brasileiro.

1.5.2 Geoecologia das paisagens

No Brasil, os estudos em Geoecologia das Paisagens pela Geografia ocorrem, principalmente, através da utilização do conceito de Geossistema, que atualmente apresenta duas tendências dignas de destaque: (a) a primeira busca "propor uma abordagem do conceito de Geossistema que instrumentalize uma renovação do seu uso atual e futuro", (b) enquanto a segunda visa "discutir o conceito de Geossistema em cooperação entre instituições dedicadas ao estudo desta temática, subsidiando uma nova perspectiva conceitual, por meio da constituição e associação de núcleos e redes de pesquisa na área" (Neves, 2019).

Outro ponto relevante no debate sobre a aplicação da Teoria da Geoecologia das Paisagens no Brasil está relacionado à escala geográfica. Neves (2019) enfatiza que "a importância do olhar particularizado não precisa desaparecer para que a visão do todo se torne possível". Esse argumento está centrado na peculiaridade inserida na complexidade das escalas do geossistema. Monteiro (2000) defende que "o humano e o natural são partes integrantes de um mesmo jogo de relações complexas e múltiplas em domínios de manifestações, e neste jogo incluem como fatores o imaginário, as relações sociais, políticas, econômicas". "O homem faz parte da natureza, e qualquer ação que faça modifica suas relações; não há como dissociar o homem da natureza" (Neves et al. 2014).

Para uma visão global da complexidade apresentada pelos geossistemas, é possível ressaltar que, inicialmente, eles são compostos por elementos heterogêneos, que estão interligados entre si, e, posteriormente, observa-se que essa 'estrutura geossistêmica' envolve condicionalismos, fatores determinantes e interações não explícitas. Assim, o Geossistema é concebido pela dualidade presente nas relações internas, que ocorrem em um sentido unidirecional de processos de causa-efeito. Toda essa dinâmica resulta da influência do homem sobre a natureza, em que o geossistema, como uma unidade complexa, integra uma sociedade que impulsiona transformações nas partes e no todo dentro do sistema (Neves, 2019; Rodriguez et al. 2004).

No âmbito da utilização da Geoecologia na ZC, elenca-se, Bonilha (2019), onde o estudo foca no município do Rio Grande/RS, aplicando a Geoecologia de Paisagens para realizar o zoneamento geoambiental. A abordagem sistêmica permite a integração de elementos naturais e humanos na análise da paisagem, levando à identificação de unidades geoambientais com estrutura e funcionamento específicos. A categorização dessas unidades, juntamente com a avaliação dos usos da terra, resulta na determinação

de estados geocológicos e na classificação do grau de degradação da paisagem. O zoneamento geoambiental estabelece seis zonas distintas, como preservação, conservação e aproveitamento, oferecendo uma base para um ordenamento territorial adequado.

Vidal (2020), aborda a avaliação da organização e dinâmica das paisagens na Área de Proteção Ambiental (APA) do estuário do rio Curu, situada no litoral oeste do Ceará, Nordeste do Brasil. Utilizando a Geoecologia das Paisagens, são elaborados conceitos relacionados à estrutura e ao funcionamento da paisagem, com uma discussão sobre sua aplicabilidade. Descreve-se uma metodologia para quantificar a estrutura da paisagem, analisando padrões espaciais e suas variações, evidenciando a composição em mosaico. Um mapa funcional das paisagens é apresentado, esclarecendo os mecanismos que governam o funcionamento dessa paisagem específica.

Os processos de desenvolvimento turístico, crescimento urbano e econômico, e intervenções estruturais estão provocando modificações na configuração e no funcionamento da paisagem costeira (Vidal, 2014). A configuração é, então, evidenciada pelas características espaciais que são visíveis e mensuráveis na paisagem, representando um arranjo específico. O arranjo de uma paisagem resulta dos processos que ocorreram em diversas escalas.

Nesse contexto, processos e arranjos participam de uma dinâmica alternada de causas e efeitos. A análise da configuração e do funcionamento da paisagem proporciona uma compreensão sobre como ela está organizada, as relações funcionais entre seus elementos, os motivos pelos quais apresenta uma determinada organização (relações genéticas e casuais) e as finalidades para as quais está organizada (funções naturais e sociais). Dessa forma, o conhecimento e a investigação da configuração e do funcionamento das paisagens podem contribuir para a formulação de planos ou modelos de gestão e desenvolvimento dos territórios. Os procedimentos de análise dos aspectos estruturais e funcionais podem ser reproduzidos em outras regiões, visto que as regularidades nas estruturas funcionais das paisagens possuem um caráter universal. Entretanto, é necessário adaptá-las à escala regional ou local, de acordo com o contexto específico do estudo ou pesquisa.

A análise estrutural e funcional proporciona uma compreensão mais aprofundada sobre a organização dos sistemas paisagísticos. O conhecimento da configuração espacial e de seu funcionamento tem aplicações práticas no planejamento territorial, sendo útil para conduzir avaliações quantitativas da complexidade da estrutura paisagística em

empreendimentos como construção de infraestruturas, tais como rodovias, estaleiros, portos e hidrelétricas, além de desempenhar um papel crucial na avaliação de potenciais turísticos, entre outros. Os estudos paisagísticos muitas vezes se limitam excessivamente à dimensão horizontal, negligenciando outras dimensões importantes, especialmente a estrutura e as relações de fluxo na paisagem.

Para Rodríguez et al (2004, p. 112), "compreender e abordar os enfoques na análise da paisagem, especialmente o estudo das estruturas espaciais, só é possível mediante a compreensão da natureza como portadora de suas próprias propriedades". A estrutura da paisagem é definida pela forma de sua organização interna, constituindo um elemento relativamente estável que possui índices e propriedades relacionadas aos objetos materiais e estruturais (Quadro 1).

Quadro 1 - Enfoques da estrutura vertical e horizontal da paisagem

Estrutura	Características
Vertical	Estabelece seus fluxos em direções verticais, é formada pela composição e inter-relação dos componentes da paisagem (clima, geologia, geomorfologia, hidrologia, solos, cobertura vegetal), e se consideram esses componentes estruturais como estrato
Horizontal	Constituição genético-morfológica ou plana representada por elementos que se repetem na organização dos componentes e processos; é estudada pela análise da imagem da paisagem natural do território e se define como um mosaico de unidades de paisagens
Funcional	A dinâmica da paisagem se expressa pela sequência de processos permanentes e se inter-relaciona na troca de energia, matéria e informação (EMI)

Fonte: Adaptado de Vidal, 2020.

Não obstante, O funcionamento da paisagem compreende processos sequenciais estáveis que operam continuamente, mantendo um regime sustentado pela emissão, transmissão e acumulação de matéria e energia. A estrutura funcional se caracteriza pela interação entre elementos espaciais conectados por geofluxos ou relações laterais. Essas relações laterais, essenciais para o pleno funcionamento da paisagem, envolvem

diferentes quantidades de matéria e energia circulando no sistema, armazenadas temporariamente ou disponibilizadas para a estruturação horizontal ou vertical (Vidal, 2020). Portanto, a integração entre paisagens ocorre por meio de redes e canais que transmitem fluxos de matéria, energia e informação, promovendo trocas regulares e estabelecendo relações laterais (geofluxos).

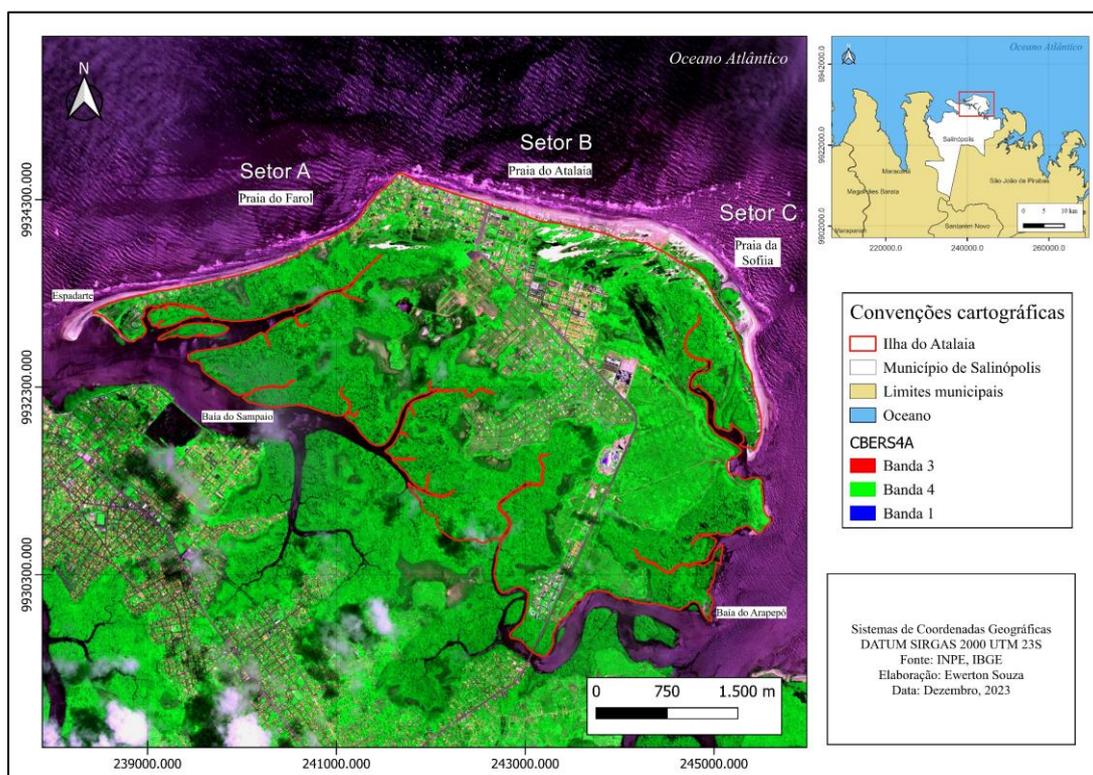
2. CAPÍTULO 2 – MATERIAIS E MÉTODOS.

2.1 Caracterização geográfica da área de estudo

Sob a perspectiva geográfica do município de Salinópolis, este, integra a Mesorregião do Nordeste Paraense, situa-se entre as latitudes $0^{\circ} 35' 28.12''$ e $0^{\circ} 51' 0.89''$ sul e entre as longitudes $47^{\circ} 29' 14.53''$ e $47^{\circ} 14' 7.00''$ oeste. Ao Norte, limita-se com o Oceano Atlântico; a Leste com o município de São João de Pirabas; ao sul e a oeste, com o município de Maracanã. Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município possui área territorial de 223 km² e população de 40.675 pessoas, apresentando uma densidade demográfica de 157,40 hab/km². Sua sede dista 212 km da capital Belém.

A área de estudo corresponde a Ilha de Atalaia do município de Salinópolis, Pará. Para as análises da LC a ilha foi delimitada com base nas características fisiográficas em Setor A- Praia do Farol/Espadarte, B- Praia do Atalaia e C- Praia da Sofia. Situada no litoral paraense, a ilha encontra-se a aproximadamente 3 quilômetros da costa, defronte ao Oceano Atlântico (Figura 2). As praias da Ilha do Atalaia são uma das principais atrações naturais da região. A localidade também concentra uma área urbana do

Figura 2 - Mapa de localização da ilha de Atalaia, Salinópolis, PA.



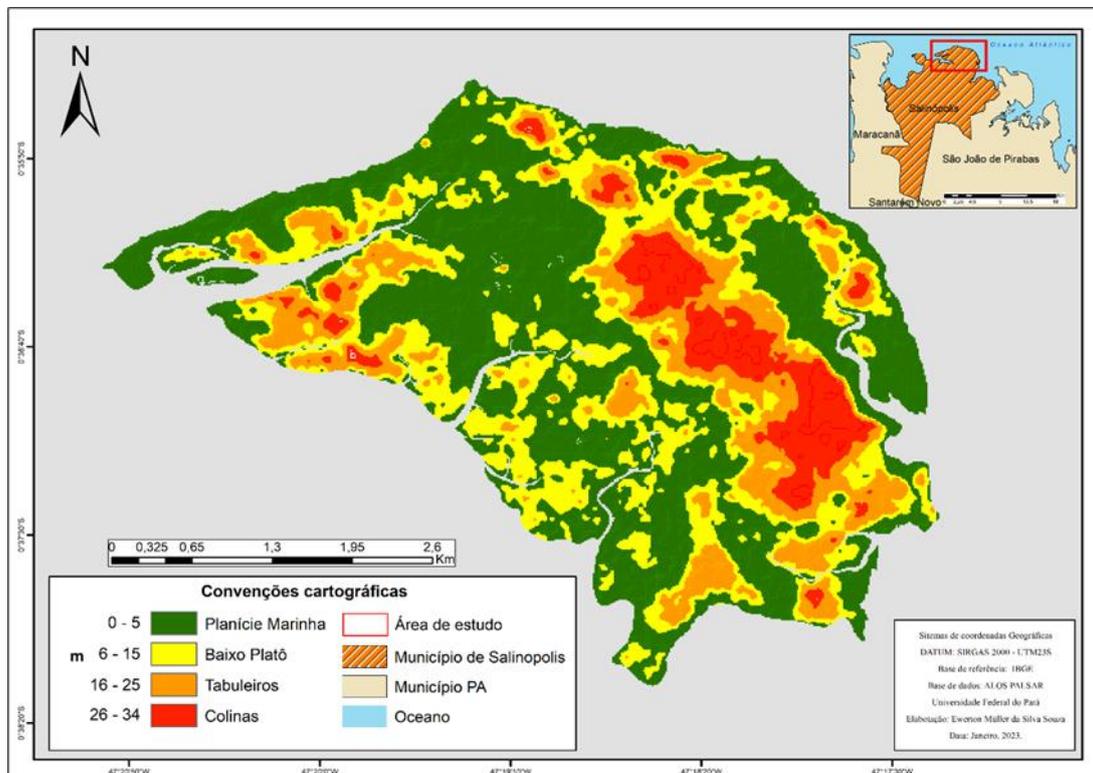
Fonte: Organizado pelo autor

município, sendo um destino turístico popular para visitantes em busca de lazer e contato com a natureza (Carvalho, 2021).

A ocupação humana em Salinópolis com empreendimentos turísticos e residenciais, tem gerado desafios socioambientais, incluindo riscos de erosão costeira e problemas relacionados à gestão (Barreto e Pimentel, 2023; Ranieri, 2016, 2020; Braga 2019). Ranieri e El Robrini (2016) destacam os efeitos da ocupação na faixa litorânea de Salinópolis, verificando que a porção costeira mais impactada atualmente abrange as praias da Ilha do Atalaia.

A área de estudo, apresenta duas unidades morfológicas distintas, o planalto costeiro e a planície fluviomarinha. No planalto costeiro estão as áreas mais elevadas, os baixos platôs têm cotas entre 6 e 15 m, e os tabuleiros que possuem cotas entre 16 e 25 m, já as colinas são áreas com elevação entre 26 e 34m (Furtado et. al, 2014). Os baixos platôs e tabuleiros são formas tabulares com superfícies aplainadas ou pouco onduladas e gradientes suaves em contato com as planícies. As colinas são de topo aplainado ou convexado com vertentes convexadas e se localizam nas cotas mais elevadas (Figura 3).

Figura 3 - Mapa morfométrico da ilha de Atalaia, Salinópolis, PA



Fonte: organizado pelo autor.

Na Ilha Atalaia, zona de contato com o mar, são identificadas planícies fluviomarinhas, que correspondem às áreas de acumulação quaternária, onde se inserem depósitos sedimentares gerados por ondas, marés e ventos (Ranieri, 2016). Neste cenário, as dunas móveis, de forma parabólica e com altura média de 30 metros, movem-se em direção ao continente, impactando ecossistemas como manguezais, lagos e planaltos costeiros, e são influenciadas por marés e ondas, causando erosão na ilha (Silva, 1996). As dunas estáticas, menores, com até 10 metros de altura e de formas variadas, são estabilizadas por vegetação, frequentemente próximas às dunas móveis.

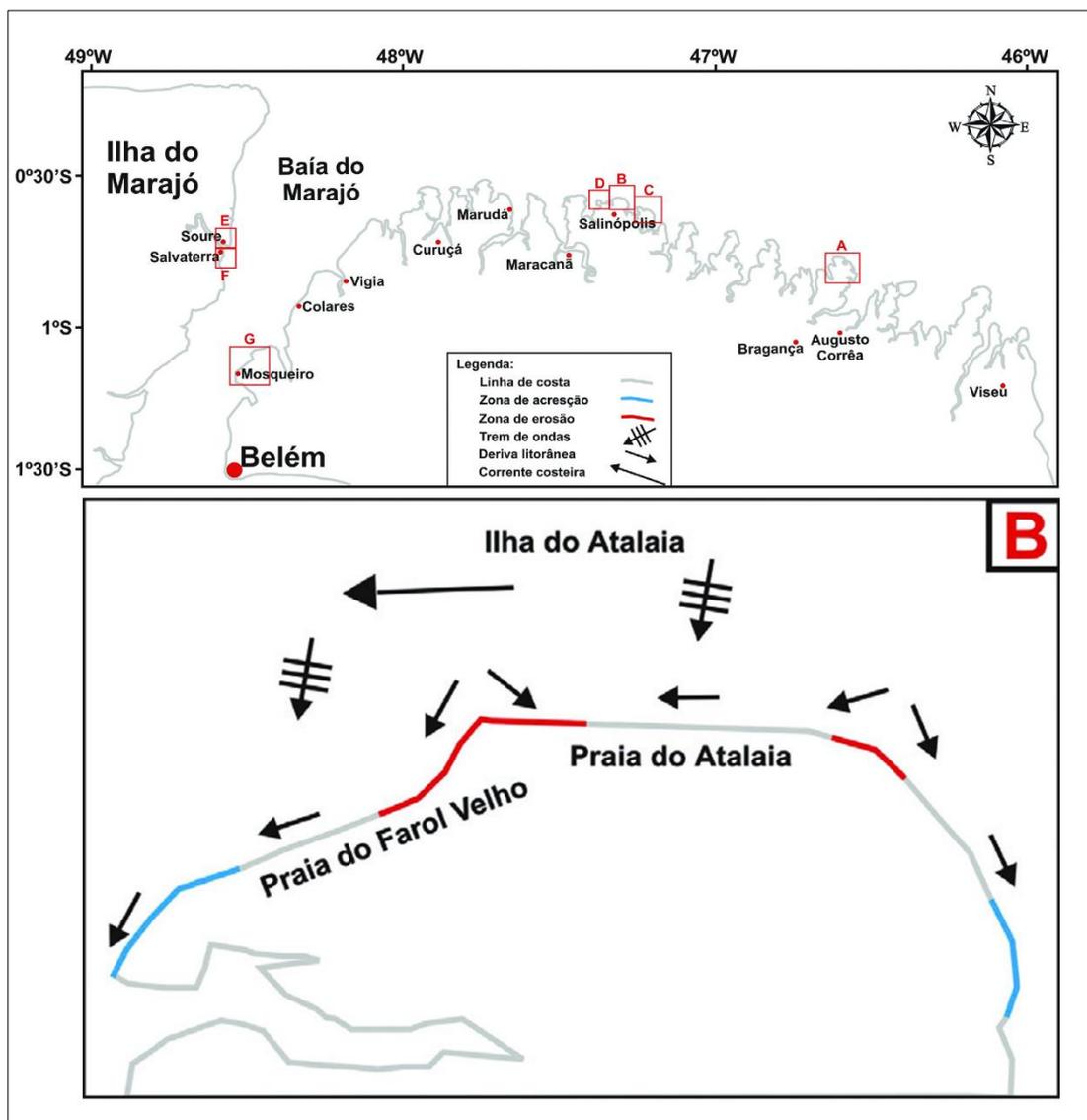
O município de Salinópolis, registra diariamente variação de maré incidente sobre os ambientes naturais e estruturas artificiais, provocando erosão e acreção (Ranieri 2016). Quando essa ação coincide com marés de sizígia, a ação energética do mar intensifica o processo erosivo e provoca inundações costeiras, cujos maiores impactos são sentidos pelas populações mais vulneráveis socialmente, ou seja, as que possuem baixa renda e habitam setores de baixa topografia desprovida de condições básicas de saneamento para contornar os impactos sofridos pela dinâmica costeira associada às alterações humanas do espaço (Ranieri & El-Robrini, 2016).

As dinâmicas de maré da praia do Atalaia, segundo a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) associada à Marinha do Brasil, indica o nível médio da maré em 2,75 m e picos de 5,40 m para o ano de 2021. Em março e abril ocorrem as maiores alturas de maré devido à associação de dois fatores principais: meses de maiores concentrações de chuva e a ocorrência do equinócio de outono, em 23 de março. As ondas, na localidade de estudo, são influenciadas a partir dos ventos alísios. Estes cruzam a plataforma continental em direção nordeste, gerando trens de ondas incidentes. Associados à morfologia de fundo, ocasionam correntes de deriva litorânea para noroeste (Ranieri, 2016).

Em Salinópolis, mais especificamente na praia do Atalaia, a presença de ondas incidentes ao longo da costa resulta em correntes de deriva que seguem a direção Oeste-Leste. Esta dinâmica é evidenciada pela formação de um pontal arenoso na porção leste da praia. Por outro lado, na praia do Farol Velho, na sua fronteira com a praia do Atalaia, um promontório provoca refração nas ondas, originando duas correntes de deriva distintas (El-Robrini et al., 2018). Nessa praia, o transporte litorâneo ocorre no sentido Nordeste-Sudoeste (Figura 4). A interação entre ondas e a costa gera correntes de deriva de Oeste a Leste, formando um pontal arenoso na praia de Atalaia, especificamente na praia da

Sofia. Este processo evidencia a complexa relação entre condições oceânicas e morfologia praial, influenciando a configuração costeira. Adicionalmente, na praia do Farol Velho, um promontório causa a refração das ondas, resultando em duas correntes de deriva distintas.

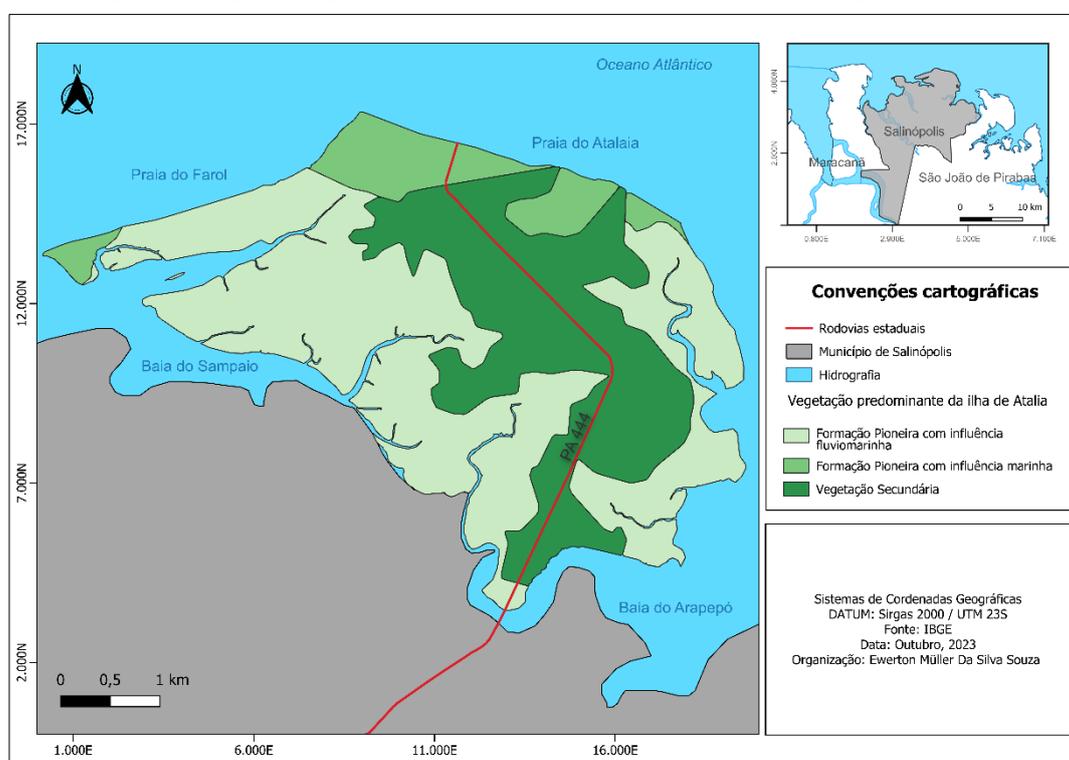
Figura 4 - Células de deriva litorânea proposta para as praias da ZCP



Fonte: Adaptado de El-Robrini et al, 2018.

A cobertura vegetal da ilha de Atalaia é diversa e acompanha as características topográficas e hidrológicas. Nos substratos das planícies marinhas, sob influência marinha e fluviomarinha, onde os solos estão em processos recentes de formação, desenvolvem-se as vegetações pioneiras. Neste caso, as restingas (diretamente relacionadas à influência marinha) recobrem os campos de duna e os mangues possuem predominância na franja costeira (Braga, 2019). As feições vegetais predominantes na região da costa atlântica paraense são halófila, psamófila reptante, brejo herbáceo, campo de dunas, formação aberta de moitas e floresta de restinga (Amaral *et al.*, 2008). Estas feições, estão presentes na Ilha de Atalaia, e são mais expressivas na porção leste da ilha atreladas a geomorfologia da área.

Figura 5 - Mapa de vegetações predominantes na ilha de Atalaia, Salinópolis, PA



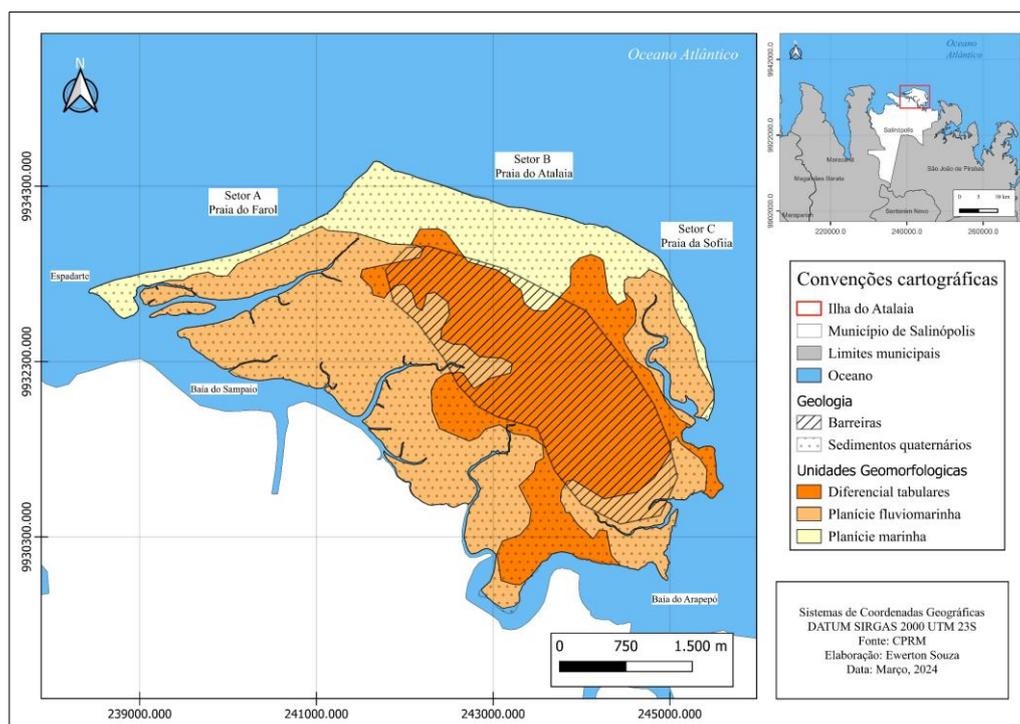
Fonte: organizado pelo autor.

A partir da distribuição geográfica das vegetações predominantes da ilha (Figura 5), identifica-se que a formação pioneira com influência fluviomarinha abrange a maior parte área da ilha, é localizada tanto da porção leste quanto oeste. A vegetação pioneira com influência marinha está associada diretamente com as dinâmicas de oceanográficas, sendo predominante na região norte da ilha, área esse como principal expoente biológico as restinga, amplamente encontradas sobre o campo de dunas caraterísticos dessa área. A

porção mesial da ilha é coberta com vegetação secundária, possui espraiamento maior a Oeste da ilha, incluindo contato com uma parcela na orla da praia do Atalaia.

Geologicamente, na ilha de Atalaia, é predominante a Formação Barreira, e sedimentos dos quaternários (Mácola e El-Robrini, 2004). Sob a perspectiva da geomorfologia, Salinópolis faz parte do macrocompartimento do Litoral de Rias Pará-Maranhão, que se estende da Baía de Marajó até a Baía de São Marcos no Maranhão. Conforme o Projeto Radam (1973), o Litoral de Rias apresenta um primeiro trecho constituído por uma costa recortada bordejada por terras altas (tabuleiros costeiros), que se estende desde a Baía de Marajó até a embocadura do rio Maracanã, e um segundo trecho de costa baixa (planícies) recortada e colonizada por manguezais (Figura 6). Estes penetram pelos vales fluviais afogados (rias) em direção de montante até o limite de influência das águas salobras, no interior do continente.

Figura 6 - Mapa geológico-geomorfológico da ilha de Atalaia, Salinópolis, PA.

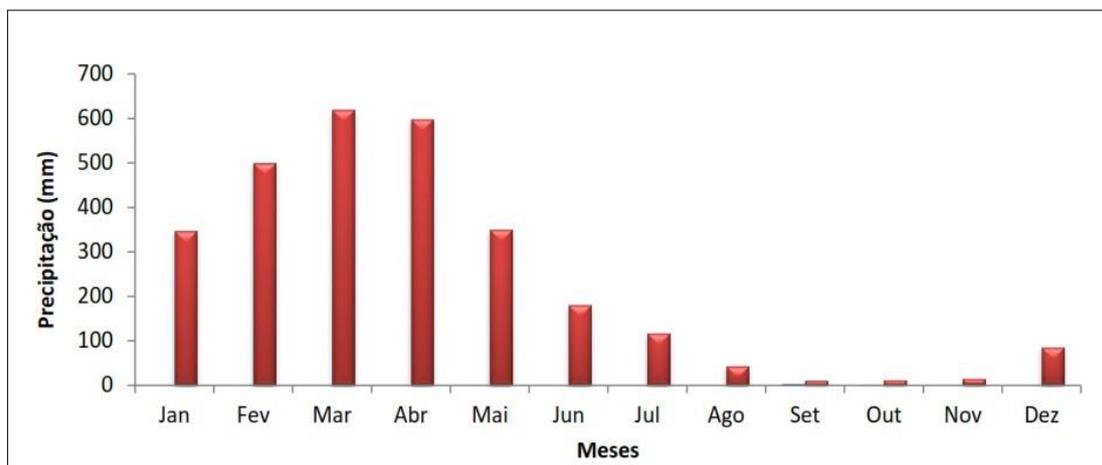


Fonte: organizado pelo autor.

O Litoral de Reentrâncias ou Rias, no qual o município está inserido, é resultante da progradação lamosa, que ressalta a irregularidade da linha de costa, configurando um litoral afogado pela transgressão marinha, caracterizado por uma sucessão de pequenos estuários e acréscimos sedimentares que, em conjunto, dão um aspecto de rias, razão da denominação de “reentrâncias” (Muehe e Nicolodi, 2008).

No município identifica-se o clima tropical úmido, em latitudes próximas ao Equador, aspecto geográfico que lhe confere um período menos chuvoso de junho a dezembro (GONÇALVES, 2014). O período de maior pluviosidade se dá de dezembro a maio, enquanto a temperatura média anual é 26,4 °C e 2.863 mm é o valor da pluviosidade média anual (INMET, 2021).

Gráfico 1 - Normal climatológica do município de Salinópolis



Fonte: Gonçalves, 2014

2.2 Histórico da ocupação na Ilha do Atalaia

Sob a perspectiva socioambiental, a Ilha de Atalaia, apresenta alterações significativas na paisagem. Os ecossistemas como manguezais, restingas e dunas estão sendo suplantados por estruturas urbanas, isto pode causar um desequilíbrio ambiental na área em questão, tornando-a mais susceptível a fenômenos costeiros, como a erosão (Souza e Rocha, 2018).

Os efeitos da urbanização na costa atlântica paraense, ganham evidência a partir do modelo desenvolvimentista da década de 60, período este onde Salinópolis torna-se Estância hidromineral (Decreto/Lei 3.786/66) e, passou a receber investimentos em infraestrutura e incentivo ao turismo (Rosa et al., 2021).

Ressalta-se ainda que o território da Ilha Atalaia, do ponto de vista jurídico, apresenta ocupação em zonas de praias e áreas de manguezais, perturbando o ecossistema. Vale mencionar que, na ilha, as Áreas de Preservação Permanente (APP) estão suscetíveis a ameaças geológicas provocadas por fenômenos naturais como a ação do vento, processos erosivos, deslocamento de dunas, entre outros (Mendes e Silva, 1997).

Dessa forma, percebe-se que os atores responsáveis pela apropriação socioeconômica dos recursos da ilha de Atalaia estão relacionados a diversas esferas, compreendendo os setores privados e públicos.

Nessa perspectiva, Souza e Rocha (2018, p. 148) elencam que:

A forma de ocupação, então, propiciou a exploração da Ilha do Atalaia não só pelas atividades de veraneio e turismo, mas também pela atividade imobiliária, as quais estão interconectadas, restringindo direta ou indiretamente determinados atores sociais do usufruto de recursos naturais e paisagísticos.

A partir da compreensão dos textos supracitados, entende-se que costa atlântica paraense apresenta uma forte dinâmica costeira, haja vista, seus processos como a ação energética do mar, macromarés, baixa cota topográfica e baixa declividade da costa. Esses fatores são potencializados pela ação humana de alteração do ambiente em função do processo de urbanização desenfreado (Muehe et al. 2006).

A extração de sal, a sinalização náutica e a praticagem desempenharam papel fundamental no processo inicial de produção e organização do espaço geográfico de Salinópolis. O desenvolvimento dessas atividades ao longo do tempo estruturou uma organização socioespacial fortemente vinculada à presença do mar, destacando-se a atividade pesqueira como principal fonte produtiva e de subsistência da população (Souza, 2012). Até o final do século XIX e início do XX, a sinalização náutica e a praticagem foram elementos primordiais na organização espacial de Salinópolis, sendo fundamentais para a estrutura socioespacial do município. A cidade, a partir dessas funções sociais, configurou um espaço urbano com uma dinâmica social marcada por um ritmo de vida peculiar, caracterizado por relações próximas entre os habitantes e pela influência significativa dos elementos naturais na organização das relações socioespaciais (Marinho, 2009).

As relações sociais em Salinópolis materializam-se e reproduzem-se no espaço, considerado não apenas como produto social, mas também como condição para sua realização. Essas relações sociais manifestam-se por meio de formas de uso e apropriação do espaço, que delineiam relações específicas entre os indivíduos e seu ambiente, bem como com a sociedade local. Inicialmente, em Salinópolis, as formas de uso e apropriação do espaço, juntamente com as relações entre os habitantes, configuraram o que se entende como sistemas de relações tradicionais de produção. Esses sistemas são estruturados com base nas relações de valor de uso do espaço, que visam atender às necessidades de

subsistência dos grupos sociais. Nesse contexto, são produzidos objetos espaciais, como os pequenos portos, que apoiam a vida cotidiana e as interações sociais no local. A produção desses objetos espaciais estabelece um modo de vida profundamente conectado ao mar, influenciando tanto as dimensões socioeconômicas quanto as socioculturais da população de Salinópolis (Marinho, 2009).

Segundo Brito (2004), a partir da década de 30 do século passado, a configuração urbana de Salinópolis passou por um processo de transformações significativas. A construção da rodovia ligando Salinópolis a Capanema pode ser considerada um dos primeiros sinais de uma nova intenção voltada para o espaço urbano do município. Nesse contexto, o Estado buscou facilitar o acesso a Salinópolis, fortalecendo também a comunicação com a capital do estado, uma vez que a conexão com Belém poderia ser estabelecida a partir de Capanema, através da estrada de ferro de Bragança.

O segundo período, destacado por intensas mudanças socioespaciais em Salinópolis, tem início em 1966, quando o município é elevado à categoria de Estância Hidromineral, sendo considerado uma área de Segurança Nacional até 1986. Isso resultou em um rápido e desordenado crescimento do espaço urbano local (Monteiro, 1993). As transformações socioespaciais na década de 1960, que influenciaram a expansão urbana em Salinópolis, são atribuídas a seis fatores principais: o aumento do fluxo de veranistas, a apropriação de terras públicas pelo governador Alacid Nunes, a construção da segunda residência oficial do governador do Estado, o desenvolvimento da infraestrutura pelo Estado, o aumento do número de segundas residências e o projeto AGRISSAL (Brito, 2004)

Dessa forma, o Estado, a partir de 1960, emerge como o principal agente indutor das transformações urbanas em Salinópolis, impulsionando a criação de diversos objetos espaciais no espaço urbano da cidade, com o objetivo de promover novas formas de uso do solo urbano. A implementação de infraestrutura física, associada à apropriação de terras pelo Estado, visava viabilizar o uso turístico do local, proporcionando uma alternativa produtiva e estimulando a ocupação da área, incluindo a construção de segundas residências (Marinho, 2009).

Segundo Souza (2008), a utilização do mar como espaço de lazer ganha destaque e se expande em Salinópolis a partir da década de 1970, resultando de um processo histórico que conferiu à cidade a identidade contemporânea de destino turístico.

No que tange especificamente ao turismo, observa-se que a iniciativa de transformar Salinópolis em um relevante destino turístico recebeu um impulso significativo com a implementação do projeto político estadual denominado "Novo Pará". Este projeto teve início no primeiro mandato do Partido da Social Democracia Brasileira, em 1994, e foi consolidado durante o segundo mandato de governo, abrangendo o período de 1999 a 2002 (Souza, 2012). Nesse contexto, o município de Salinópolis passou a receber substanciais investimentos destinados à criação de infraestruturas físicas e de serviços, visando o desenvolvimento do setor turístico local (Marinho, 2009).

A partir da década de 1980, Salinópolis passou por transformações significativas devido à crescente atividade turística e de veraneio. Essas mudanças resultaram na rápida comercialização do espaço, direcionado a turistas e residentes temporários, gerando uma descaracterização da paisagem local, incluindo a Ilha do Atalaia. A ocupação urbana na ilha teve seu impulso decisivo na década de 1970, com a construção da rodovia PA 444 e da ponte sobre o rio Sampaio, inaugurada em 1973. Desde então, diversos loteamentos, hotéis, pousadas e edificações foram estabelecidos na Ilha, marcando uma nova fase em sua configuração espacial (Brito, 2004).

Nos últimos 20 anos, o município de Salinópolis e, em especial, a ilha de Atalaia, sofreu com a diminuição das áreas de manguezal, avanço da cunha salina sobre o aquífero, aumento da erosão costeira, lixo, esgoto sem tratamento, contaminação de águas subterrâneas, conflitos fundiários e ocupações irregulares em área de proteção costeira (Ranieri & El-Robrini, 2016). Especialmente na ilha de Atalaia, a interferência humana está cada vez mais consolidada com construções irregulares de hotéis em áreas de dunas e residências de veraneio sobre os terraços que limitam a linha de costa.

A análise do histórico de ocupação da Ilha de Atalaia, em Salinópolis, revela uma série de transformações significativas que influenciaram profundamente a paisagem e a dinâmica socioambiental da região. Desde as primeiras décadas do século XX, a ilha foi objeto de intervenções que visavam aproveitar seu potencial turístico e econômico, impulsionadas por iniciativas governamentais e privadas. A construção de infraestruturas como estradas e pontes na década de 1970 possibilitou um rápido crescimento urbano na ilha, com a proliferação de loteamentos, hotéis e residências de veraneio. No entanto, esse processo de urbanização resultou em uma descaracterização da paisagem nativa com a

supressão de ecossistemas como manguezais e dunas, e a consequente da fragilização aos fenômenos costeiros, como a erosão.

Nesse contexto, diversos atores sociais participam ativamente neste trecho, para além dos barraqueiros, incluindo comerciantes, proprietários de hotéis e pousadas, e a população com residência secundária. Além disso, observa-se a presença de loteamentos e construções, muitas vezes situados em Áreas de Preservação Permanente (APP), intensificando os desafios ambientais e legais associados a essa localidade de maneira proeminente nos últimos 20 anos.

O trecho da praia da Sofia, a Oeste da ilha, é caracterizado como uma praia ocupada por população tradicional, seguindo critérios como baixa ocupação, habitações rústicas, população reduzida e semi-isolada. As atividades de subsistência são predominantes, bem como o estilo de vida tradicional, a presença de vegetação original, o baixo impacto humano na paisagem e baixa ou inexistente contaminação (Projeto Orla, 2007). A localidade abriga uma colônia de pescadores que praticam a pesca para subsistência. Segundo a SPU, o rancho dos pescadores é considerado temporário, e não há levantamento. Apesar de ser reconhecido como parte da praia do Atalaia pela Secretaria de Meio Ambiente de Salinópolis e pela SPU, este trecho é tratado separadamente neste estudo devido às suas diferenças e particularidades. Caracterizado pelo menor grau de ocupação, menor índice de degradação ambiental e poucos visitantes, a questão da regularização é abordada com a intenção de respeitar as comunidades e ocupações tradicionais (Souza, 2012).

A porção central da ilha, destaca-se pela presença de terrenos não edificados e atividades agroindustriais, como plantações de coco (Souza, 2012). Observa-se também uma área construída e loteamentos, indicando expansão urbana ao sul da Ilha. Essa região, conhecida como Cocal, abriga principalmente terras agrícolas e manguezais. A análise dos trechos revela desigualdades no uso, evidenciando a diversidade de atores envolvidos no funcionamento da ilha, cuja ocupação se dá de forma desordenada, excluindo parte da população local do acesso e gerando práticas de posse e descuido ambiental.

O trecho correspondente a praia do Farol, Localizada a oeste da ilha, abrange principalmente a praia, popularmente conhecida como “Farol Velho”, situada à esquerda da estrada principal de acesso, englobando uma área além da faixa praial. A localidade perpassa por uma descaracterização ambiental devido à ocupação em áreas de falésias

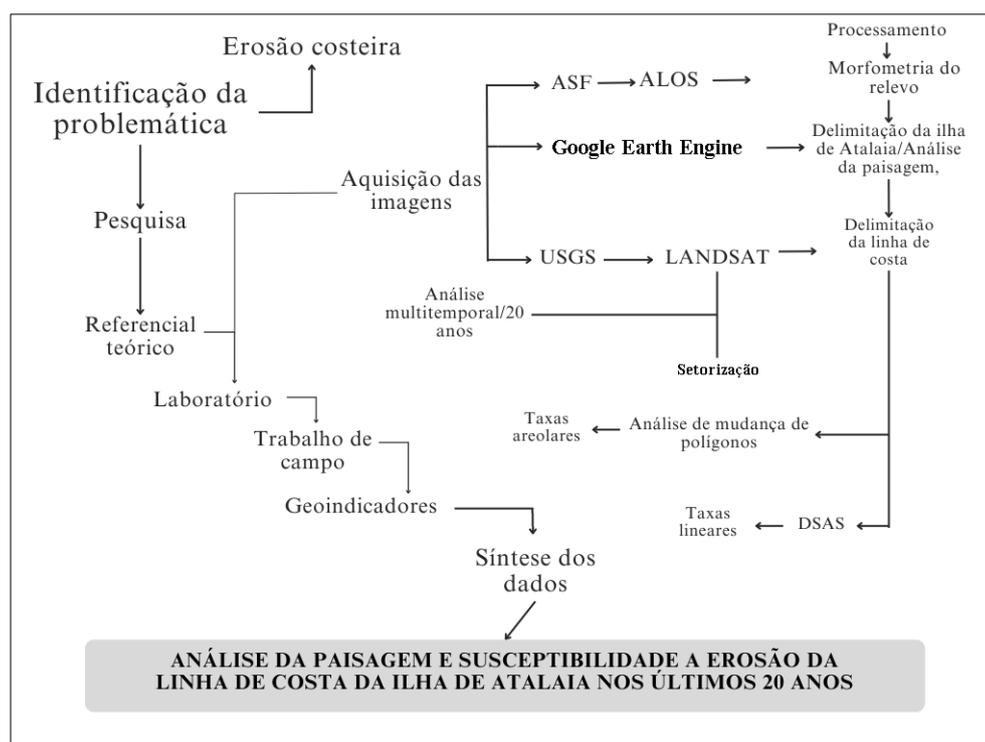
ativas e restingas, resultando em questões de impactos ambientais (Souza, 2012). A ocupação desta área intensifica os riscos geológicos pela erosão costeira, levando proprietários de segundas residências a construir muros de contenção. Percebe-se, que nos últimos 20 anos a mancha urbana estendeu-se na área de contato com a praia, ocupando até áreas mais afastadas como a ponto do Espadarte (extremo oeste do Farol).

Atualmente, a Ilha do Atalaia reflete uma diversidade de práticas socioespaciais, marcada por conflitos inerentes ao seu processo de reprodução espacial, protagonizado por diversos atores sociais ao longo de sua ocupação. A expansão urbana na ilha, assim como em todo o município de Salinópolis, evidencia uma contradição típica do processo de reprodução do espaço na sociedade capitalista. Essa contradição envolve os interesses de reprodução do capital e as necessidades locais de reprodução da vida, resultando na emergência de novas formas de relações e organização socioespacial. Nos últimos anos, a expansão urbana na Ilha pode ser interpretada como um produto, influenciada, entre outros fatores, pela ampliação do veraneio, especialmente o fenômeno de segunda residência, que contribuiu para a incorporação de novas áreas ao espaço urbano da ilha.

2.3 Processos metodológicos.

A metodologia do trabalho contou com etapas de pesquisa bibliográfica, definição de marco teórico, aquisição das imagens de satélite para identificar a LC, trabalho de campo para coleta dos geoindicadores e análises de geoprocessamento (Figura 7).

Figura 7 - Fluxograma de pesquisa para análise da paisagem e susceptibilidade à erosão da linha de costa



Fonte: Organizado pelo autor

2.3.1 Revisão e atualização bibliográfica

A primeira etapa da pesquisa consistiu na consulta de referências em produções científicas como forma de sustentação teórica para os principais conceitos abordados ao longo deste trabalho (zona costeira, linha de costa, erosão), assim como auxiliam na construção de questões a serem trabalhadas na atualização de informações, bem como de alcançar os objetivos da pesquisa. Dessa forma, destacam-se os autores: França, et al. (2022); Muehe (2018); Lins-de-Barros (2005); Ranieri e El-Robrini (2015, 2016, 2020); Szlafsztein (2009); Rodriguez (2022); Rudorff (2010).

Quadro 2 - Destaques teórico-conceitual da pesquisa.

Autor(es)	Eixo temático principal
França, et al. (2022)	Dinâmica costeira e análise de Geoindicadores em aplicadas praias da zona costeira paraense
Ranieri, & El-Robrini, (2015; 2016)	Evolução da linha de costa, condição oceanográfica, uso e ocupação da costa, e morfologia em Salinópolis
Szlafsztein, (2009)	Gerenciamento da zona costeira e desafios associados
Muehe, (2018)	Panorama da erosão costeira no Brasil
Lins-de-Barros, (2005)	Risco e vulnerabilidade à erosão costeira
Rodriguez et al., (2002)	Geoecologia das paisagens e planejamento ambiental
Rudorff, & Bonetti, (2010)	Avaliação da susceptibilidade à erosão costeira

Fonte: Organizado pelo autor

2.3.2 Análise da Paisagem

Para a confecção do mapa de uso da terra da Ilha de Atalaia, localizada no município de Salinópolis, Pará, imagens de satélite foram obtidas através do Google Earth Engine (GEE), plataforma que permite o processamento e análise de dados geoespaciais. As imagens foram selecionadas para os anos de 2002 e 2023, garantindo uma análise temporal da mudança do uso da terra na região. As imagens passaram por processos de correção atmosférica e de nuvens utilizando algoritmos específicos disponíveis na plataforma.

Para a correção atmosférica e de nuvens: Utilizou-se o algoritmo LEDAPS (versão 3.4.0) para a correção da reflectância de superfície e o algoritmo ST (versão 1.3.0) para a correção de temperatura de superfície. Realizou-se, ainda, a aplicação de filtros para a remoção de pixels com alta cobertura de nuvens e outras imperfeições que poderiam comprometer a análise (Quadro 3).

Quadro 3 - Dados do processamento para cobertura da terra

Ano	ID da Imagem	Correção de Reflectância	Cobertura de Nuvens (%)	Acurácia (%)
2002	LT05_223060_20010507	LEDAPS_3.4.0	55.0	85.2
2002	LT05_223060_20010523	LEDAPS_3.4.0	14.0	89.1
2002	LT05_223060_20010608	LEDAPS_3.4.0	7.0	92.3
2002	LT05_223060_20010624	LEDAPS_3.4.0	33.0	87.4
2002	LT05_223060_20010726	LEDAPS_3.4.0	27.0	88.5
2023	LC08_223060_20220125	LEDAPS_3.4.0	41.18	90.0
2023	LC08_223060_20220210	LEDAPS_3.4.0	23.17	91.2
2023	LC08_223060_20220226	LEDAPS_3.4.0	35.75	88.6
2023	LC08_223060_20220517	LEDAPS_3.4.0	44.88	87.9
2023	LC08_223060_20220602	LEDAPS_3.4.0	27.02	89.5

Fonte: Organizado pelo autor

Utilizando o QGIS (versão 3.28 Firenze), as imagens processadas foram convertidas de *raster* para polígonos e, posteriormente, de volta para *raster* para uniformizar as bordas dos pixels. Aplicou-se a ferramenta de crivo para agrupar pixels isolados e a função "Majority/Minority" do SAGAGIS (versão 7.8.2), com o objetivo de

uniformizar os pixels utilizando a opção "Majority" e formato "square" com um raio de 7. Após a classificação e análise, o mapa final de uso da terra foi gerado, destacando as diferentes classes de uso presentes na Ilha de Atalaia nos anos de 2002 e 2023.

Os trabalhos de campo, realizados em outubro de 2023, possibilitaram: o reconhecimento da área, levantamentos de dados de geoindicadores, identificação das unidades de paisagens e registros das paisagens através de fotografias e com uso de drone. Os levantamentos foram realizados através de observações diretas e aerofotogrametria.

Para entender o funcionamento da paisagem, foi criado um mapa da estrutura funcional, destacando a eficiência operacional de cada geossistema e definindo suas funções essenciais. Portanto, foram desenvolvidas versões resumidas enfocando as propriedades e funções críticas dos sistemas para facilitar a investigação na região especificada. A interação entre os diferentes sistemas ou geossistemas foi mapeada utilizando abordagens de modelos teórico-práticos, que foram detalhados no mapa da estrutura funcional e na concepção do modelo operacional.

Seguindo uma abordagem classificatória e com base em critérios morfodinâmicos, definiram-se três tipos de unidades funcionais para o geossistema em questão: unidades emissoras, responsáveis pela distribuição de matéria e energia para outras áreas, geralmente situadas em altitudes maiores; unidades transmissoras, caracterizadas por áreas que facilitam o transporte de matéria e energia e controlam o sistema; e unidades acumuladoras, que são responsáveis por armazenar, absorver, filtrar e atenuar os fluxos direcionados através de canais de forma concentrada ou seletiva.

Na criação do modelo de funções das paisagens, adotou-se os princípios de autorregulação e interações reversíveis baseando-se nos estudos de Rodriguez (2022), Vidal (2014) e Sotchava (1978). Esses conceitos foram combinados com pesquisas de campo e análises de dados concretos.

2.3.3 Laboratório para aquisição de imagens e análises da LC

Para a análise da LC foi necessário adquirir, tratar e interpretar imagens para posterior análise e interpretação de resultados, confecção de gráficos e de mapas temáticos. Foram adquiridas gratuitamente imagens georreferenciadas do satélite LANDSAT 7 ETM + pancromática para o ano de 2002 e LANDSAT 8 OLI + pancromática para o ano de 2022, oriundas do site do United States Geological Survey (USGS) (Quadro 4).

Quadro 4 - Dados das imagens LANDSAT utilizadas na pesquisa

Satélite	Sensor	Data de aquisição	GMT	Órbita/ponto	Resolução espacial
Landsat 7	ETM	07/09/2002	13:10:40	223/60	Multiespectral: 30m ; Pancromática: 15m
Landsat 8	OLI e TIRS	02/12/2013	13:24:19	223/60	Multiespectral: 30m ; Pancromática: 15m
Landsat 8	OLI e TIRS	02/06/2022	13:22:42	223/60	Multiespectral: 30m ; Pancromática: 15m

Fonte: Organizado pelo autor

$$\begin{aligned}
 &1 \text{ Pixel} - 15\text{m} \\
 &x - 5,1 \\
 &x = \frac{5,1}{15} \\
 &x = 0,341 \text{ pixel}
 \end{aligned}$$

Erro geométrico linear

$$\begin{aligned}
 &1 \text{ Pixel} - 225\text{m}^2 \\
 &0,341 - x \\
 &x = 0,341 \cdot 225 \\
 &x = 76,7\text{m}^2
 \end{aligned}$$

Erro geométrico areolar

As imagens LANDSAT foram manipuladas no software ArcMap 10.5. O primeiro passo consistiu na composição 5R4G3B para o Landsat 7 e na composição 4R5G6B para o Landsat 8, a fim de serem realçadas as feições superficiais que auxiliam a interpretação das imagens. Ademais, as imagens foram fusionadas através da ferramenta *pansharpenig*, assim, a resolução espacial destas foram de 15m. Os metadados de cada imagem mostram os erros de georreferenciamento, utilizados para fazer os cálculos

supracitados onde 1 pixel equivalente a 15m para o cálculo linear e 225m² para cálculo de área (Quadro 5). Deste modo são calculados os erros geométrico lineares e de área das imagens, e os respectivos erros acumulativos.

Quadro 5 - Erros geométricos das imagens LANDSAT.

Satélite	Ano	Erro/pixel	Erro geométricolinear	Erro geométrico de área
Landsat 7	2002	0,341	5,1m	76,7m ²
Landsat 8	2013	0,609	9,1m	137m ²
Landsat 8	2022	0,639	9,5m	143m ²
Erro geométrico acumulativo			23,8m	356,7m ²

Fonte: USGS

Para investigação morfológica da área de estudo, utilizaram-se imagens de radar do satélite ALOS2-PALSAR obtidos gratuitamente na plataforma VERTEX da Alaska Satellite Facility (ASF), bem como fora utilizada, também, uma imagem CBERS-4 para investigação em detalhe da localidade.

Visando alcançar os objetivos desta pesquisa, o estudo sobre a variação da posição da linha de costa (LC) como um indicador físico de erosão, foi conduzida em laboratório e, a delimitação da LC fora realizada partir da linha limítrofe entre a vegetação e das dunas ou dos mangues e os cordões arenosos praias (França, 2020). Com base na interpretação visual das imagens a LC foi vetorizada ao longo dos setores A, B e C. Esses vetores foram sobrepostos e comparados. Isso permitiu a identificação de áreas onde houve avanço e recuo da posição da LC e, conseqüentemente, de setores progradacionais e retrogradacionais.

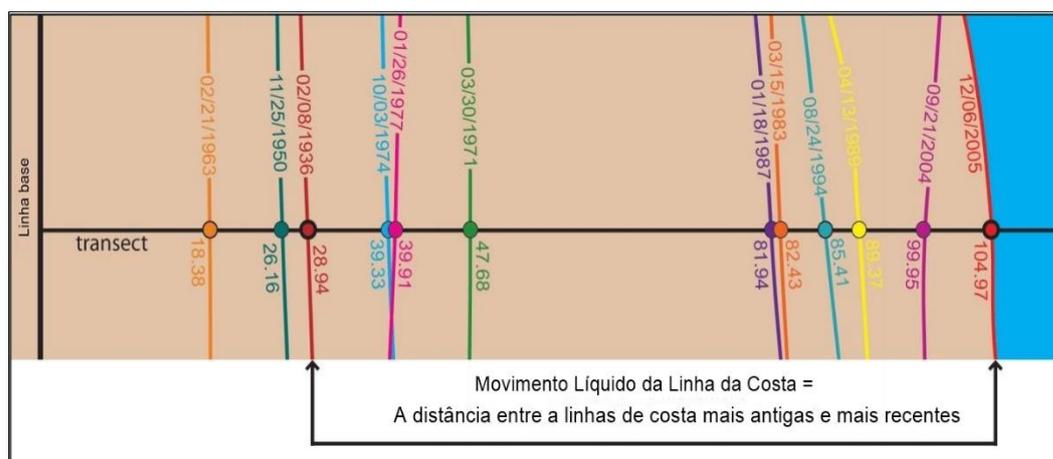
Para a análise da variação da linha de costa, utilizou-se o DSAS 5.0 (Digital Shoreline Analysis System), o qual é uma extensão do *software* ArcMap 10.5, agregando funcionalidades que permitem a automatização de processos de análise quantitativa das alterações costeiras. Esta ferramenta possibilita a realização de estudos detalhados sobre erosão e deposição, mediante a análise estatística de séries temporais e de variações nas posições da linha de costa. O método empregado facilita a compreensão das dinâmicas litorâneas, fornecendo dados cruciais para o estudo das transformações na costa provocadas por fatores naturais e antrópicos. (Farias e Maia, 2010). Assim, a partir de uma série temporal de dados vetoriais de linha de costa, o DSAS gera transectos

ortogonais à linha de costa com espaçamento definido pelo usuário e calcula estatísticas de taxas de mudança da linha de costa a partir de vários índices (Himmelstoss, 2018). Os índices utilizados na ferramenta DSAS nesta pesquisa foram NSM (Net Shoreline Movement), EPR (Endo Of Point Rate), SCE (Shoreline Change Envelope).

O EPR é calculado dividindo a distância do movimento da linha costeira pelo tempo decorrido entre a linha costeira mais antiga e a mais recente. O SCE, implica em um intervalo de mudança da linha costeira em metros, não uma taxa. O valor SCE representa a maior distância entre todas as linhas costeiras que cruzam um determinado transecto, como a distância total entre duas linhas costeiras não tem sinal, o valor para SCE é sempre positivo (Himmelstoss, 2018).

O NSM implica no movimento líquido da linha da costa, ou seja, é a distância entre a linha da costa mais antiga e a mais nova para cada transecto, portanto, as unidades estão em metros. Se esta distância for dividida pelo tempo decorrido entre as duas medições da posição da costa, o resultado é a taxa de ponto final (Figura 8).

Figura 8 - Funcionamento do índice NSM



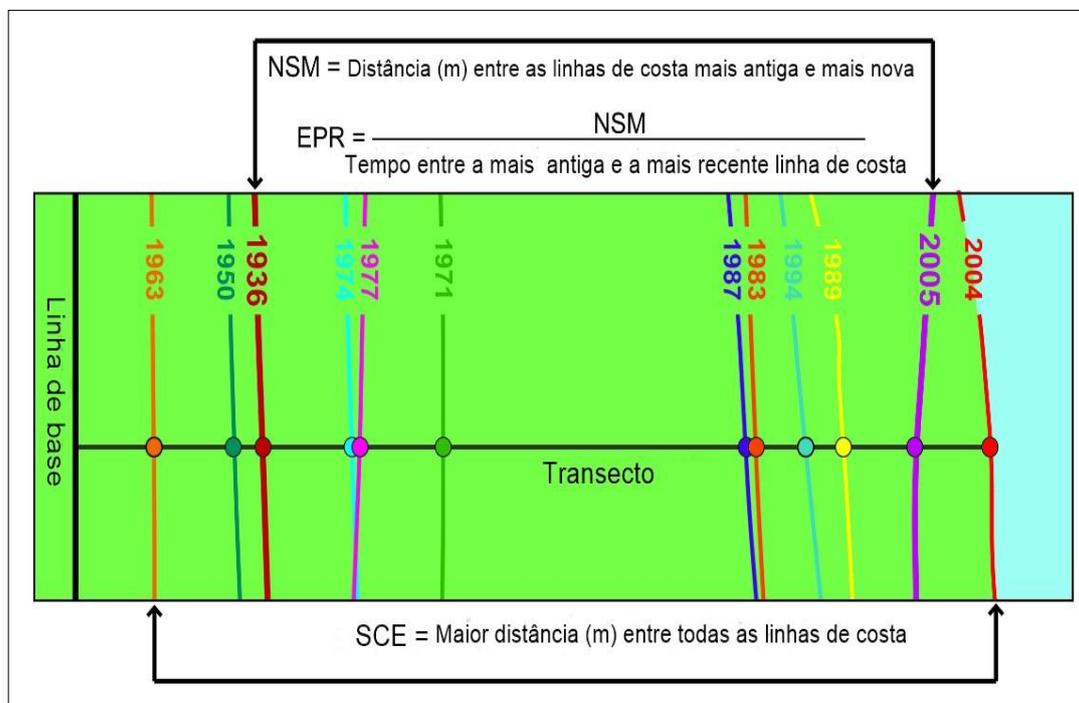
Fonte: Himmelstoss, 2018

O sistema do DSAS, ao ser processado, cria transectos ortogonais com um espaçamento determinado pelo usuário (Figura 9). Posteriormente, são calculados os deslocamentos da linha costeira (LC) e suas respectivas taxas de variação, por meio de métodos estatísticos específicos. Esses resultados são discriminados e apresentados em uma tabela de atributos nos componentes dos metadados no software (Mishra et al., 2020).

Para a realização do cálculo estatístico no DSAS, emprega-se um método que visa calcular as taxas de mudança da linha costeira, fundamentando-se nas discrepâncias

medidas entre as posições da LC ao longo do tempo. As taxas, expressas em metros de alteração anual, são mensuradas ao longo dos transectos gerados. Após a conclusão dos cálculos, o DSAS gera uma nova categoria de recurso para as taxas de transectos e outra para a interseção de pontos (Himmelstoss et al. 2018).

Figura 9 - Ilustração de estatísticas das linhas costeiras com as indicies NSM, EPR e SCE



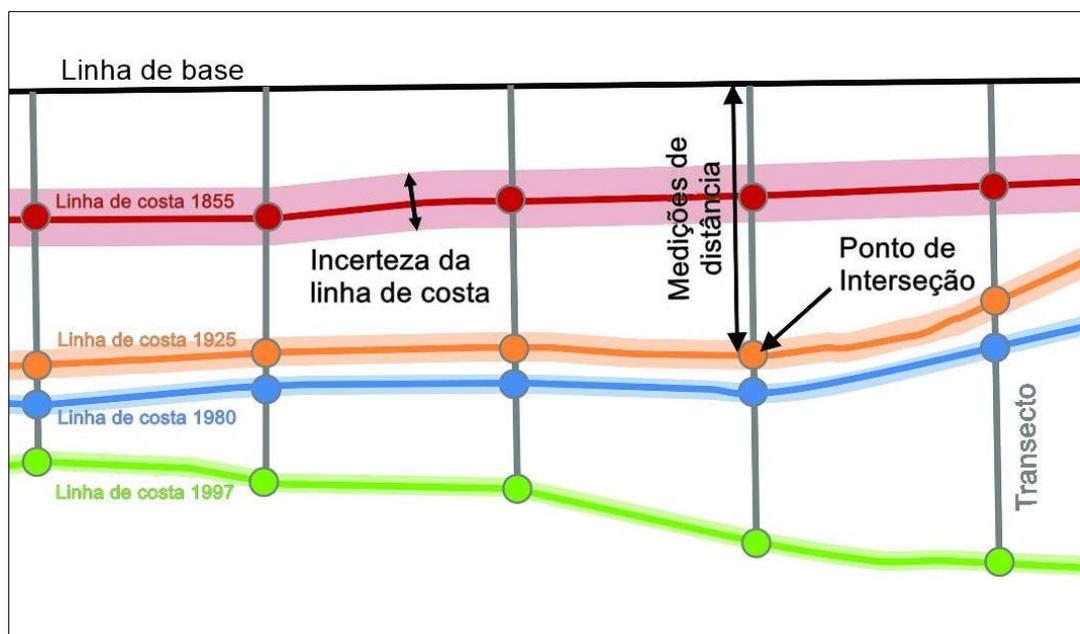
Fonte: Himmelstoss, 2018

No trecho costeiro analisado efetuou-se um total de 101 transectos com espaçamento de 100 m ao longo da extensão das praias distribuídos no sentido leste-oeste. O Setor A corresponde aos transectos 1 a 39, o Setor B aos transectos 40 a 68 e o Setor C aos transectos 69 a 101. A linha de base (baseline), que é utilizada na referência espacial de todos os anos, consistiu numa linha paralela a LC na direção offshore (Figura 10).

Outra técnica aplicada neste trabalho para medir as variações da linha de costa foi o Método de Mudança de Polígonos, que considerou as áreas, em vez de valores pontuais, para calcular os percentuais de erosão ou deposição. Este método usa duas linhas de costa de períodos diferentes para a avaliação e quantificação das áreas de erosão e deposição (Apostolopoulos e Nikolakopoulos, 2021). Para Smith e Crowley (2012) essa abordagem possibilita a realização de cálculos precisos para a variação de área dos polígonos e, conseqüentemente, a variação média da linha costeira. Dessa forma, foi calculada a

diferença entre os polígonos para cada segmento costeiro analisado, resultando na variação da área erodida (em metros quadrados), bem como da progradação.

Figura 10 - Distância de medição da linha de base a cada ponto de interseção.



Fonte: Himmelstoss, 2018

Esta análise fora dividida em dois períodos, de 2002 a 2013 e 2013 a 2022. A partir dessa premissa, foi realizada a vetorização dos polígonos e efetuado o cálculo de área em metros quadrados (m^2). Com a consolidação das taxas gerais de erosão e progradação, detalhou-se a análise por setores, A (Praia do Farol velho/Espadarte), B (Praia do Atalaia) e C (Praia da Sofia).

A partir dos dados lineares, areolares fora realizada a interpolação dos pontos para delimitação das áreas susceptíveis a erosão. A coleta dos geoindicadores, soma-se nesse contexto para os ajustes finos oriundos das informações identificadas em campo e registradas no GPS.

2.3.4 Geoindicadores

A utilização de geoindicadores foi sugerida por Bush et al., (1999) como uma alternativa plausível para o mapeamento da susceptibilidade. Para analisar as alterações na área do município de Salinópolis, que se manifestam em um curto intervalo de tempo, foram adotados geoindicadores dinâmicos, escolhidos com base em revisão bibliográfica e alinhados com as características da ilha de Atalaia, abrangendo aspectos morfológicos, vegetacionais e ocupacionais. Para cada geoindicador, foi atribuído um parâmetro

(porcentagem de recobrimento ou quantidade de ocorrência de fatos ou fenômenos). Alguns geoindicadores receberam parâmetros relacionados a medidas de largura, distância, altura e quantidade, como, por exemplo, largura de pós-praia, estirâncio, extensão do arco praial, altura dunas e posição da linha de maré alta. Outros geoindicadores receberam parâmetros ou valores de porcentagem variando de 25% a mais de 50%, ligados à extensão de recobrimento da presença do indicador na orla.

O uso de parâmetros quantitativos e qualitativos, como porcentagem de recobrimento e medidas físicas (largura, distância, altura), contribui para a objetividade e replicabilidade dos resultados. Além disso, a inclusão de um estado “Ausente” em todos os geoindicadores é fundamental para uma análise comparativa que reflete as mudanças ambientais ao longo do tempo.

A integração desses geoindicadores com tecnologias de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) pode potencializar ainda mais a eficácia do mapeamento. Ferramentas como imagens de satélite de alta resolução e ‘drones’ oferecem dados atualizados e precisos, permitindo uma análise detalhada das variações costeiras em escalas temporais curtas.

Os geoindicadores elencados para a avaliação da dinâmica costeira da ilha de Atalaia foram classificados em dois grupos distintos: erosão e acumulação. No primeiro grupo, os parâmetros incluem a posição da linha de média-alta-mar em relação à base da duna, a presença de dunas no pós-praia, o sistema barra/calha, a largura da superfície de estirâncio, a presença de promontórios, a altura do promontório, entre outros. Já no grupo de acumulação, são considerados aspectos como a largura da superfície de pós-praia, a posição da linha de média-alta-mar e a largura da superfície de estirâncio (França, et al., 2022)

Quadro 6 - Geoindicadores de erosão.

GEOINDICADORES DE EROSÃO	PARÂMETROS	Nº. DO INDICADOR
Posição da LMA em relação à base da duna	Ausente	1
	≤ 1m	2
	1 a 20 m	3
	21 a 80 m	4
Superfície de pós-praia	Ausente	5
	1 a 10m	6
	11 a 20m	7
	21 a 30m	8
Sistema barra/calha	Ausente	9
	1 a 2 unidades	10
	3 a 5 unidades	11
	6 a 7 unidades	12
Largura da superfície de estirâncio	Ausente	13
	<50m	14
	51 a 100m	15
	101 a 300m	16
Presença promontórios	Ausente	17
	50% da extensão do setor	18
	Entre 26% e 50% da extensão do setor	19
	até 25 % da extensão do setor	20
Altura do promontório	Ausente	21
	≥ 8m	22
	3 a 8m	23
	≤ 2m	24
Dunas no pós-praia	Ausentes ou escarpadas	25
	Baixas e com vegetação de restinga pioneira	26
	Baixas sem vegetação	27
	Altas e vegetadas	28
Presença de plataforma de abrasão	Ausente	29
	≥ 50% da extensão do setor	30
	25% a 50% da extensão do setor	31
	<25% da extensão do setor	32
Afloramento de rochas sedimentares ou solos subjacentes ao manguezal ou de sedimentos lamosos subjacentes à praia / terraços exumados	Ausente	33
	≥ 50 % da extensão da do setor.	34
	25% a 50% da extensão do setor.	35
	<25% da extensão do setor	36

Presença de filetes de escoamento de água subsuperficial sobre a praia.	Ausente	37
	$\geq 50\%$ da extensão da do setor.	38
	25% a 50% da extensão do setor.	39
	$<25\%$ da extensão do setor	40
Faixa frontal de vegetação modificada pela erosão	Ausente	41
	$\geq 50\%$ da extensão da do setor.	42
	25% a 50% da extensão do setor.	43
	$<25\%$ da extensão do setor	44
Presença de vegetação de terra firme no arco praial	Ausente	45
	$\geq 50\%$ da extensão da do setor.	46
	25% a 50% da extensão do setor.	47
	$<25\%$ da extensão do setor	48
Construções e vias situadas na margem superior da praia com destruição	Ausente	49
	$\geq 51\%$ de destruição por agentes físicos no setor	50
	26% a 50% de destruição por agentes físicos no setor	51
	$\leq 25\%$ de destruição por agentes físicos no setor	52
Tubulação de água/esgoto ou postes de energia, situada sobre o arco praial em situação de destruição por agentes físicos.	Ausente	53
	Acima de 5 unidades	54
	3 a 4 unidades	55
	Até duas unidades	56
Estruturas de contenção costeira no arco praial ou sobre a superfície de estirâncio	Ausente	57
	Majoritariamente danificada	58
	Parcialmente danificada	59
	Presente e em bom estado de conservação	60
Presença de muros de arrimo e outras construções no contato com arco praial ou sobre a superfície de estirâncio	Ausente	61
	Acima de 5 unidades	62
	3 a 4 unidades	63
	Até duas unidades	64

Fonte: Adaptado de França et al., 2022

Quadro 7: Geoindicadores de acumulação.

GEOINDICADORES DE ACUMULAÇÃO	PARÂMETROS	Nº do indicador
Posição da LMA em relação à base da duna	Ausente	65
	≥ 81	66
	31 a 80m	67
	$\leq 30m$	68
Largura da superfície de pós-praia	Ausente	69
	$\geq 51m$	70
	Entre 21 e 50m	71
	$\leq 20m$	72
Largura da superfície de estrâncio	Ausente	73
	$\geq 81m$	74
	Entre 21 e 80m	75
	$\leq 20m$	76

Fonte: Adaptado de França et al., 2022

2.3.5 Trabalho de Campo

Esta etapa foi realizada entre os dias 26 e 27 de outubro de 2023 ao longo da faixa de orla da Ilha de Atalaia. Os materiais utilizados foram: a) lista de indicadores de dinâmica costeira; b) Imagens de satélite em alta resolução impressa; c) *Global Positioning System* (GPS); d) Aeronave Remotamente Pilotada (ARP); e) trena para conferência de medidas em solo. Foram realizados, também, registros fotográficos na área de estudo.

Quadro 8 - Dados de maré nos dias de trabalho de campo

Dia	Horário da baixa-mar	Nível baixa-mar	Horário da preia-mar	Nível preia-mar
26/10/2023	11:57h	0,6m	5:31h e 18:04h	4,9m e 4,9m
27/10/2023	12:35h	0,4m	6:23h e 18:49h	5,1 e 5,4m

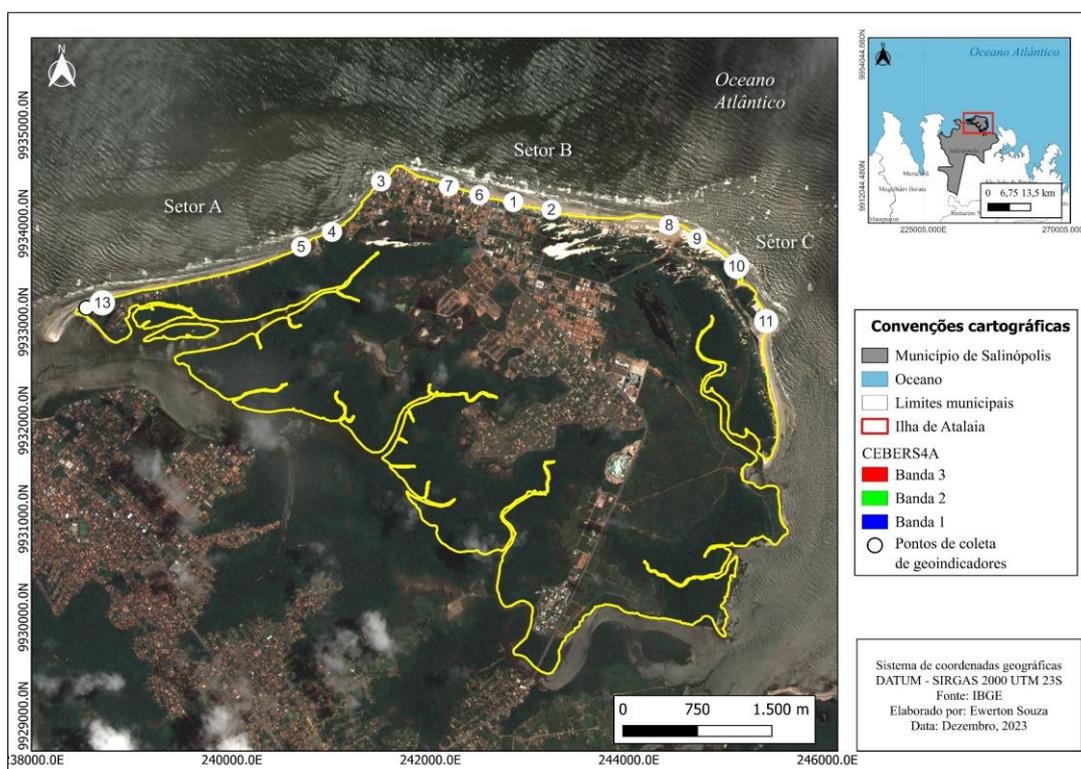
Fonte: Marinha do Brasil, 2023.

Devido a extensão e à logística necessária para a realização dos levantamentos, o trajeto foi distribuído ao longo de dois dias. Esse método foi essencial para a observação direta dos geoindicadores da dinâmica costeira, os quais são classificados em categorias físicas, biológicas e antrópicas. A escolha dos dias e horários foi alinhada com as previsões de maré baixa, previamente verificadas por meio da Tábua de Marés da

Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, visando uma melhor visualização desses indicadores.

Para investigar as características das praias ao longo da orla da ilha de Atalaia, inicialmente foram identificados e registrados os pontos de geoindicadores, utilizando GPS para uma organização posterior dos dados (Figura 11). Foram coletadas amostras em diversos contextos, incluindo a relação da preia-mar na praia de Atalaia, bem como a Linha de Maré Alta (LMA) em relação à base das dunas, construções e/ou vegetações. Após a identificação dessas características gerais, procedeu-se à coleta de medições específicas com a fita métrica extensa (50m) em relação à Linha de Maré Alta (LMA) em cada setor analisado nesta pesquisa (Figura 12).

Figura 11 - Localização dos pontos de coleta dos geoindicadores na ilha de Atalaia, Salinópolis.



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 12 - Medição da zona de estirâncio na praia de Atalaia em baixa-mar.



Fonte: Milena Andrade, 2023

Nesta pesquisa, o equipamento para aerolevante utilizado, fora o DJI® Mini SE, o qual coletou fotografias aéreas verticais e oblíquas em campo. Trabalhos de autores como Oliveira et al., (2020) ressaltam como as ARP podem auxiliar o pesquisador a compreender as dinâmicas costeiras. Os voos foram realizados buscando-se ângulo solar favorável e, os locais de decolagem foram coletados com auxílio do GPS em campo (Figura 13). As fotografias aéreas oblíquas e em 90° foram obtidas em cada ponto de voo. A visada de imageamento tinha como intenção a compreensão ampla da praia e/ou a área investigada. A altitude máxima dos imageamento fora de 120m, respeitando as diretrizes do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

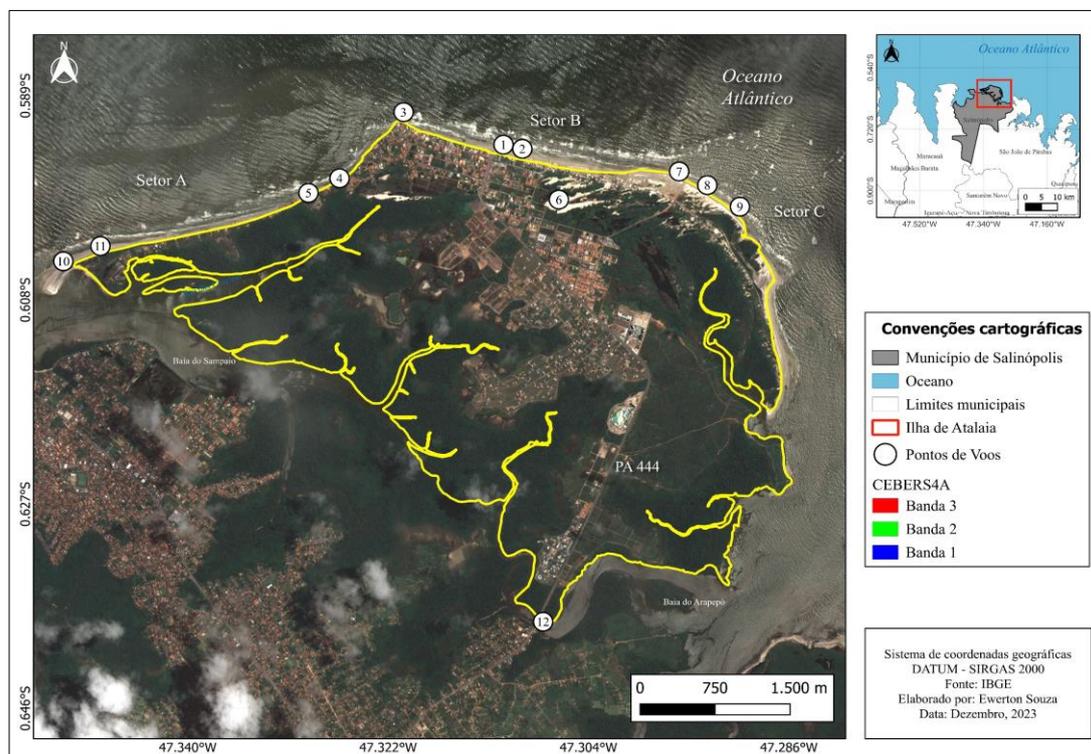
Foram realizados um total de 12 voos, distribuídos da seguinte forma: 1) voos 1,2,6,7 no Setor B (Atalaia); 2) Voos 3,4,5,10,11 no setor C (Farol velho); 3) 8 e 9 no Setor C (Praia da Sofia) e um voo na ponte que conecta a via PA 444 a ilha (Figura 14).

Figura 13 - Levantamento de fotografia aéreas do ARP



Fonte: Milena Andrade, 2023

Figura 14 - Localização dos pontos de voo com ARP, ilha de Atalaia, Salinópolis



Fonte: Elaborado pelo autor

2.3.6 Análise integrada: geoindicadores e linha de costa.

Ao finalizar as análises dos pontos de geoindicadores foi realizada uma comparação com os resultados obtidos no DSAS. A partir da análise dos dados, deferiu-se uma interpolação dos pontos de erosão e acumulação para gerar áreas. Posteriormente foi possível comparar os resultados dos pontos de erosão com os resultados do movimento líquido da linha de costa.

3. CAPÍTULO 3: ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DA PAISAGEM DA ILHA DE ATALAIA, SALINÓPOLIS, PA

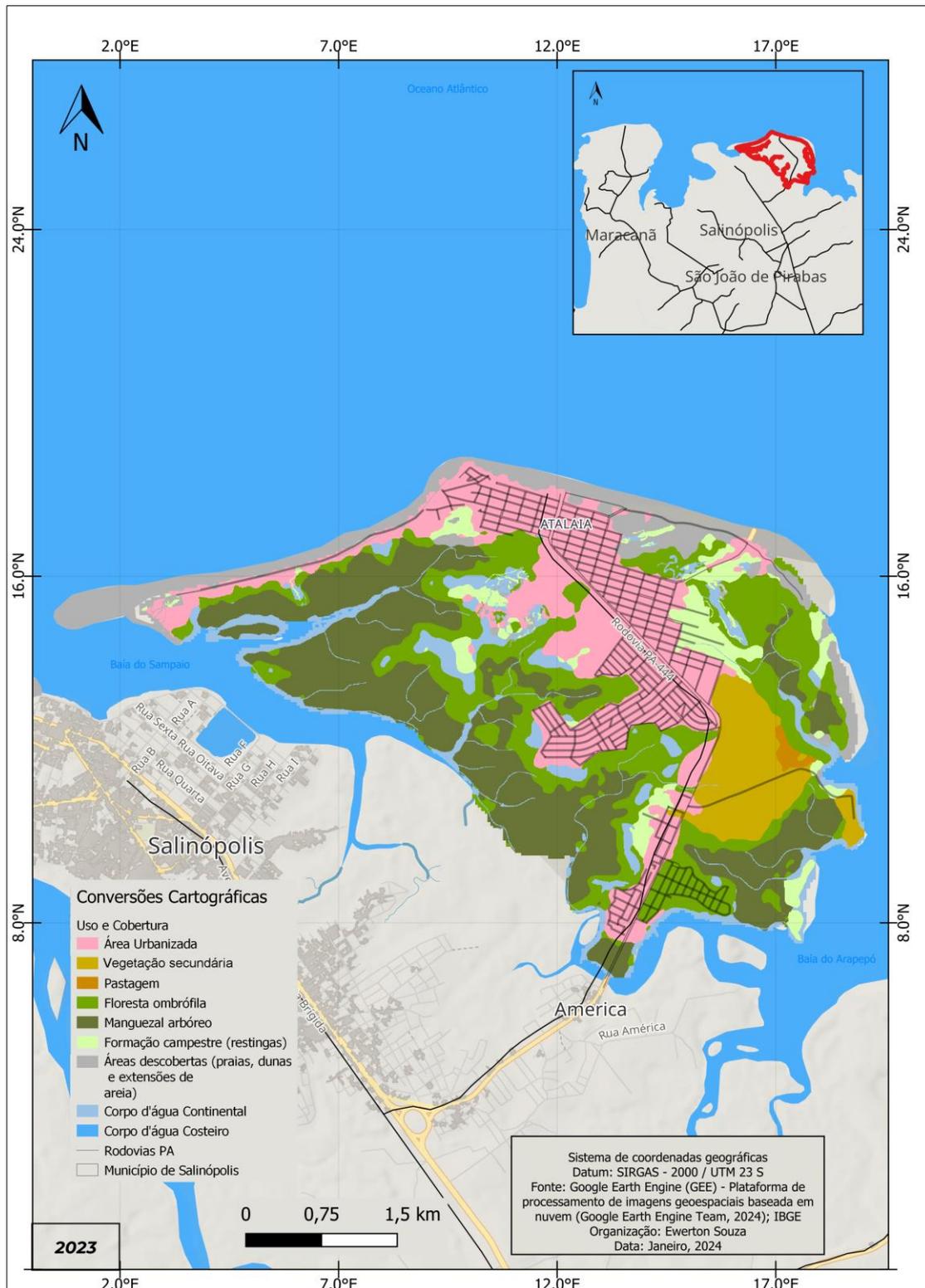
A partir da análise do uso e cobertura do solo da Ilha de Atalaia, Salinópolis para o ano de 2023 (Figura 15), é possível identificar as feições geográficas que sugerem tendências no desenvolvimento da região e no impacto ambiental dessas mudanças. Foram identificadas as seguintes classes de cobertura do solo: área urbanizada, vegetação secundária, pastagem, floresta ombrófila, manguezal arbóreo, formação campestre (restingas), áreas descobertas (praias, dunas, e extensões de areia) e corpos de água.

Destaca-se que o fragmento de áreas descobertas (praias, dunas e extensões de areia) não se limita apenas à faixa litorânea, mas estende-se principalmente na praia do Atalaia, reconhecida como a principal atração turística da Ilha. Neste contexto, abrange a extensão à leste da via principal de acesso à praia (estrada Salinópolis-Atalaia). Áreas descobertas, como praias e dunas, são importantes ecossistemas costeiros. Se houve mudanças nessas áreas, elas podem estar associadas a fatores naturais, como erosão, ou a atividades humanas, como construção e turismo. Essas áreas são vitais para a saúde ecológica geral e para a economia local baseada no turismo, portanto quaisquer mudanças nelas podem ter múltiplas implicações

A expansão urbana no ano de 2023, abrange áreas atreladas a fenômenos costeiros intensos, como é o caso dessa feição na porção oeste da ilha, na praia do farol. Esta classe pode ser resultado do desenvolvimento econômico e do aumento da população local. Essa mudança muitas vezes ocorre às custas de áreas de vegetação natural, como podemos observar pelo aparente recuo de regiões marcadas para silvicultura e pastagem.

A vegetação secundária uma espacialização geográfica, o que pode refletir a conversão dessas áreas para uso urbano ou agrícola. A redução dessas áreas pode ter consequências ecológicas importantes, como a perda de biodiversidade e a alteração de microclimas locais e uma maior mobilização de sedimentos.

Figura 15 – Cobertura do solo, ilha de Atalaia, Salinópolis, 2023.:

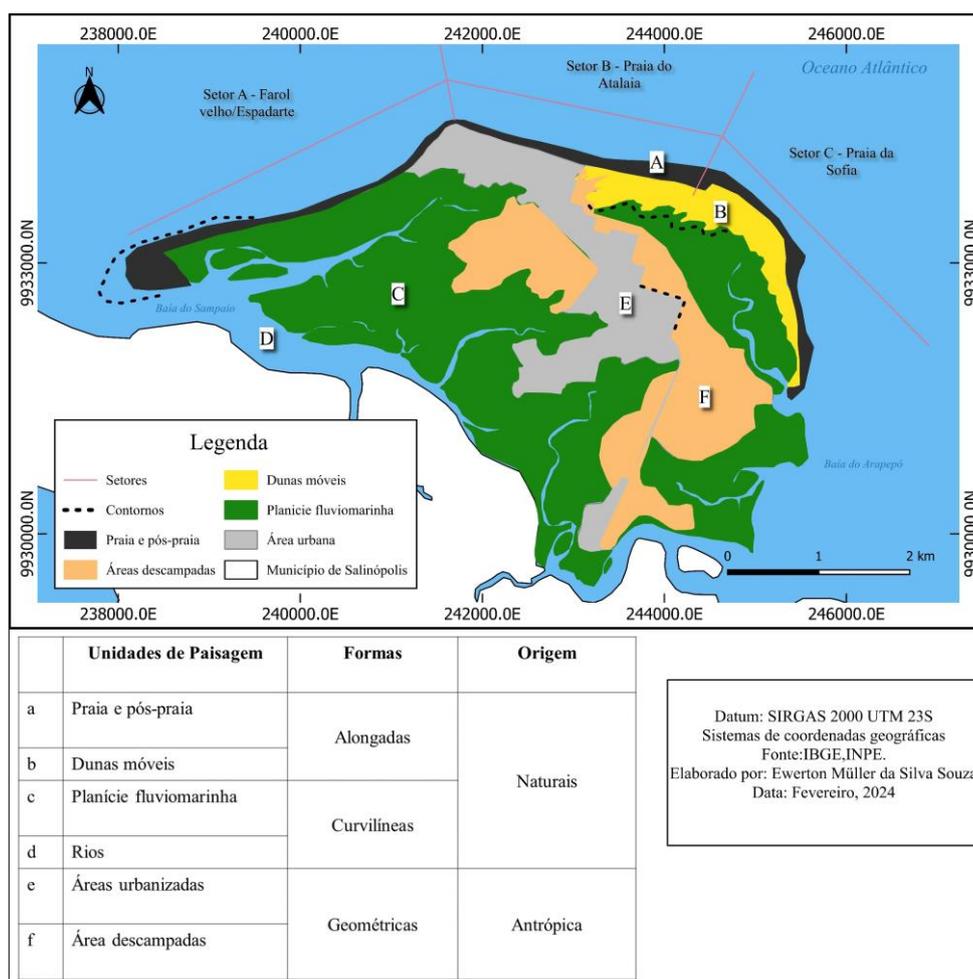


Fonte: elaborado pelo autor.

Os manguezais arbóreos, representam uma preocupação ambiental significativa, dado o seu papel crítico em proteger linhas de costa e sustentar ecossistemas aquáticos. A conversão ou degradação de manguezais para outros usos é um fenômeno globalmente reconhecido que acompanha o desenvolvimento humano e pode ter repercussões negativas duradouras. Já as florestas ombrófilas permeiam uma área de transição dentro da unidade da planície fluviomarinha.

Os padrões da paisagem identificados na área de estudo foram: a) praia e pós-praia, b) dunas móveis, c) planície fluviomarinha, d) rios, e) áreas urbanizadas e f) áreas descampadas (Figura 16). Observa-se que a paisagem que compõe a região apresenta-se como um mosaico de unidades paisagísticas interconectadas, resultantes da interação entre continente e oceano, sujeitas à influência do clima, do regime das marés, do transporte eólico e das correntes litorâneas, características comuns em áreas costeiras. Cada unidade da paisagem possui uma estrutura, forma e origem específica.

Figura 16 - Formas e contornos da paisagem da ilha de Atalaia, Salinópolis, Pará



Fonte: organizado pelo autor.

As unidades de paisagem (a) denotam as áreas de Praia e pós-praia, representando zonas de transição entre o ambiente marinho e terrestre, que são críticas para os serviços ambientais costeiros e atividades de lazer. Para Martins et al. (2016), essas áreas enfrentam desafios como a erosão costeira, que impacta diretamente o pós-praia, afetando sua largura e integridade. Este aspecto é essencial para a compreensão dos processos ecológicos que sustentam a biodiversidade e as funções ambientais das praias, ressaltando a necessidade de práticas de gestão integrada para preservar essas zonas.

As dunas móveis, marcadas como (b), exemplificam a dinâmica geomorfológica da região, sendo áreas sensíveis a mudanças devido à ação do vento e são essenciais para a manutenção de diversos ecossistemas e para a proteção da linha de costa contra fenômenos naturais como tempestades. Marino et al. (2012) descrevem a distribuição e características das dunas na zona costeira do estado do Ceará, entre as praias do Futuro e Porto das dunas, destacando sua importância geomorfológica e seu papel na defesa contra processos erosivos. A manutenção das dunas móveis é crucial para a preservação do equilíbrio dos ecossistemas costeiros e para a proteção das áreas habitadas próximas.

A planície fluvio-marinha é indicada pela letra (c), ilustrando uma região de deposição de sedimentos tanto fluviais quanto marinhos, que frequentemente se encontra inundada, servindo como área de grande relevância para a biodiversidade e para o manejo das águas da região. Maidjelele (2016) destaca a significância dessas áreas para a sustentabilidade ambiental e a necessidade de uma gestão integrada que considere as interações complexas entre os diferentes sistemas ecológicos e sociais. Essas planícies são fundamentais para a manutenção da biodiversidade local e fornecem serviços ecossistêmicos vitais, como a purificação da água e o suporte a uma rica vida aquática e terrestre.

Os rios são representados pela letra (d), enfatizando a importância desses cursos d'água para a conectividade ecológica, bem como para a economia local, especialmente na pesca e no transporte. Um estudo sobre a importância ecológica das algas nos rios por Bojorge-García e Cantoral Uriza (2016) ilustra o papel crucial que esses organismos desempenham nos ecossistemas fluviais. As algas contribuem para a qualidade da água, servem como alimento para diversas espécies e influenciam os ciclos de nutrientes. Além disso, os rios suportam uma vasta gama de vida selvagem, proporcionam recursos para atividades humanas e ajudam a modelar paisagens. Portanto, a preservação da qualidade

da água e dos habitats fluviais é fundamental para manter a saúde dos ecossistemas e a biodiversidade associada.

As áreas urbanizadas são identificadas pela letra (e), destacando a presença humana e o desenvolvimento construído na ilha. A relação entre essas áreas e as unidades naturais circundantes é vital para a sustentabilidade e requer planejamento cuidadoso para mitigar impactos ambientais negativos. De acordo com Ariza e Araújo Neto (2010), a avaliação de impactos ambientais em áreas urbanas, oferece uma abordagem integrada que ajuda a entender e mitigar os efeitos da urbanização, como a deterioração da qualidade ambiental e os problemas de degradação. Além disso, Fritzen e Binda (2011) discutem as alterações no ciclo hidrológico causadas pela urbanização, enfatizando como a expansão urbana pode levar a uma série de consequências negativas, incluindo a deterioração dos recursos hídricos e a alteração de processos de deterioração ambiental. Portanto, a gestão eficaz dessas áreas é crucial para minimizar os impactos negativos no meio ambiente e garantir a sustentabilidade das cidades.

Por fim, as áreas descampadas são assinaladas pela letra (f), áreas estas que apresentam uma oportunidade para estudos de recuperação ambiental, uso sustentável da terra e conservação da área. Rodrigues (2023) em "Práticas em recuperação de áreas degradadas", discute várias estratégias para a recuperação dessas áreas, destacando a importância da reintrodução de espécies nativas e a implementação de práticas sustentáveis que vão além das diretrizes ambientais convencionais. Essas ações não apenas recuperam terras anteriormente não utilizadas ou degradadas, mas também ajudam a mitigar os efeitos negativos da colonização e da exploração descontrolada. O êxito desses esforços de recuperação depende do envolvimento comunitário e do emprego de técnicas de restauração que estejam em harmonia com o ecossistema local.

A análise de uso e cobertura do solo da ilha de Atalaia integrada a identificação das unidades de paisagem da mesma localidade, permite a ampliação da investigação dos processos, não apenas para o recorte, mas auxilia na compreensão dos processos dos sistemas locais. O primeiro compara-se as áreas construídas, a expansão urbana, a perda de vegetação natural, a alteração de corpos d'água e a transformação de áreas de lazer ou agrícolas.

Já as unidades da paisagem avaliam-se as características intrínsecas da paisagem, como a localização e a movimentação das dunas, a saúde dos ecossistemas costeiros e a

integridade dos rios. Isso envolve uma interpretação mais aprofundada do ambiente e, representam diferentes ecossistemas e processos geomorfológicos.

Ao diferenciar esses aspectos, podemos entender como a intervenção humana (representada pelo uso e cobertura do solo) impacta as unidades de paisagem naturais da ilha. Isso é essencial para o planejamento ambiental estratégico e para as políticas de conservação e desenvolvimento sustentável. A intervenção humana altera significativamente as paisagens, convertendo habitats e afetando a biodiversidade e serviços ecossistêmicos como polinização e regulação climática. Essas ações resultam em perda de habitats e fragmentação, comprometendo a sustentabilidade ambiental. Segundo Turner (2005), a compreensão da ecologia da paisagem é vital para reduzir os impactos humanos e promover práticas sustentáveis.

Portanto, a análise de uso e cobertura do solo fornece uma "fotografia" do estado atual ou passado das atividades humanas e das características físicas da terra, enquanto a análise das unidades de paisagem investiga a estrutura subjacente e os processos ecológicos e geomorfológicos que moldam a paisagem ao longo do tempo.

A análise das formas permite identificar o conteúdo dos componentes fisionômicos e revelar aspectos como geomorfologia e morfometria da paisagem. São considerados os aspectos visuais da paisagem (contornos), abrangendo a análise do desenho da estrutura total. Na região em estudo, as formas alongadas estão continuamente em processo de formação devido à ação eólica, correntes e fluxos de maré. A maioria dessas formas posiciona-se em relação à direção predominante dos ventos, dinamizando a movimentação dos contornos e promovendo a interação entre os componentes, constituindo um sistema canalizado de transporte de matéria e energia. Isso pode ser exemplificado pela morfologia dunar (alinhada na direção NE-SO). A espacialização e representação cartográfica das formas, padrões e contornos expressos na paisagem são sintetizadas são perceptíveis na localidade, bem como por imagens aéreas (Figura 17).

Figura 17 - Formas e contornos da paisagem da ilha de Atalaia, Salinópolis, Pará



Fonte: organizado pelo autor.

Figura 18 - Ações antrópicas sob o pós-praia, ilha de Atalaia, Salinópolis, PA



Fonte: organizado pelo autor.

As atividades antrópicas se apresentam na paisagem pelo delineamento geométrico poligonal em áreas concentradas com feições urbanas no espaço. A sua distribuição é identificada, principalmente, na porção centro-sul da ilha. Não obstante, é fundamental destacar que há ocorrência de ações antrópicas próximas das unidades Praia e pós-praia, configurando uma ação de apropriação da paisagem antrópica para outros fins, que no caso da área de estudo é caracterizado pela especulação imobiliária e o setor de turismo (Figura 18).

Unidades morfológicas identificadas pela dispersão de sedimentos, responsáveis pelo fornecimento de material arenoso para o sistema praial e pela regulação dos fluxos de energia, como dunas móveis, bancos de areia, terraços marinhos associados a promontórios e margens dos rios, foram frequentemente utilizadas de maneira inadequada. Isso resultou em um novo comportamento evolutivo, em grande parte direcionado para o avanço da erosão (Ranieri e El-Robrini, 2015; 2016; 2020).

O município é impactado pelas ondas geradas pelos ventos alísios, que percorrem a plataforma continental no sentido nordeste, originando correntes de deriva litorânea para noroeste (Ranieri e El-Robrini, 2016). De acordo com o modelo WWATCH (CPTEC, 2013), a altura das ondas em águas profundas varia de 0,5 a 1,5 metros. Já nas áreas de arrebentação das praias oceânicas, em águas rasas, essas ondas atingem de 0,4 a 1,05 metros.

As correntes de maré desempenham um papel significativo na modelagem da paisagem costeira, influenciando a dinâmica sedimentar, a formação de habitats e a biodiversidade. Segundo Passeri et al. (2015), o ciclo das marés e a força das correntes de maré são parâmetros cruciais que determinam a morfologia e a estabilidade dos ecossistemas costeiros. A interação entre as correntes de maré e as características geológicas locais pode resultar em variações significativas na distribuição de sedimentos, afetando diretamente a formação de áreas como estuários, praias e pântanos salgados. Essa dinâmica é essencial para a compreensão da evolução costeira e para o planejamento de estratégias de conservação e gestão sustentável desses ambientes. Portanto, a influência das correntes de maré na paisagem costeira é um fator chave na manutenção do equilíbrio entre os processos terrestres e marinhos, vital para a saúde e a resiliência dos ecossistemas litorâneos.

Adicionalmente, as correntes litorâneas resultantes da chegada das ondas à costa desempenham um papel secundário. Ambas são responsáveis pelo transporte significativo de sedimentos da plataforma continental para o litoral (Braga, 2007). Durante a sizígia e a estação chuvosa amazônica (dezembro-maio), as correntes longitudinais atingem alta intensidade, amplificadas pelas correntes de maré, alcançando velocidade máxima na plataforma continental interna de 2 metros por segundo (Segundo, 2007).

Durante o período de maré baixa, os ventos transportam parte dos sedimentos sobre o estirâncio para a pós-praia e, posteriormente, para o interior do continente, originando dunas móveis, caso haja volume de areia suficiente e os ventos sejam competentes para mobilizá-la (Ranieri e El-Robrini, 2016). À medida que as estruturas dunares formadas, incluindo barcanas, barcanóides, parabólicas, transversais, dômicas, entre outras, e o processo de migração continua, aquelas que atingem canais fluviomarinhos são consumidas pela hidrodinâmica estuarina, sendo o transporte sedimentar influenciado pelo sistema de correntes litorâneas, mais uma vez pela ação de ondas, marés e correntes marinhas (Meireles, 2006).

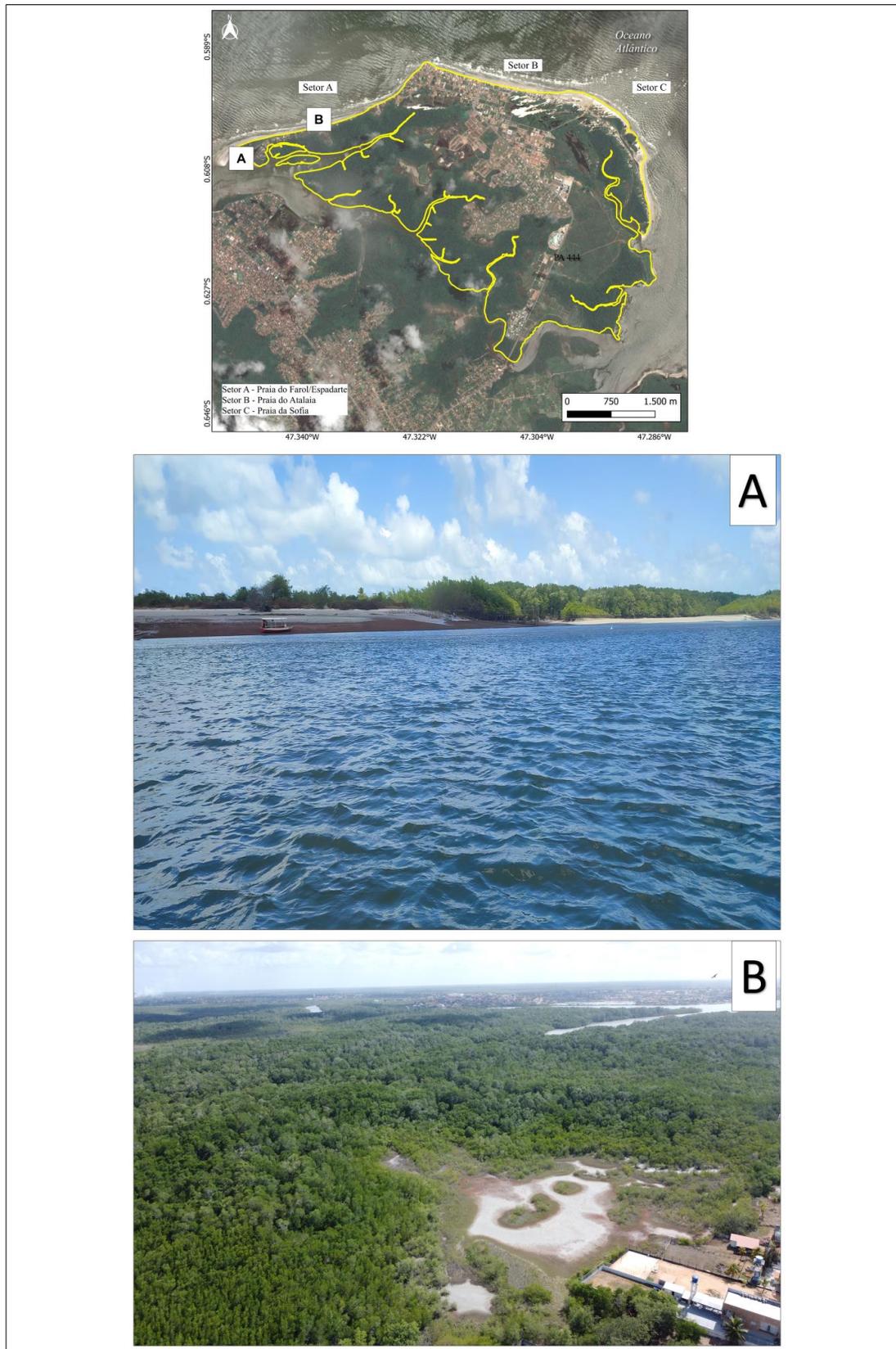
Figura 19 - Dunas móveis, ilha de Atalaia, Salinópolis, PA.



Fonte: organizado pelo autor.

Ao longo da orla de Atalaia, existem extensas formações de dunas, que atingem altitudes de até 42 metros. Essas dunas são colonizadas por restingas e abrigam lagos interdunares em seu interior, formados pelo afloramento dos lençóis freáticos durante a estação chuvosa (Braga, 2019).

Figura 20 - Ilha de Atalaia (A) contato da planície fluviomarinha com o sistema de praia; (B) planície fluviomarinha com manguezais



Fonte: organizado pelo autor.

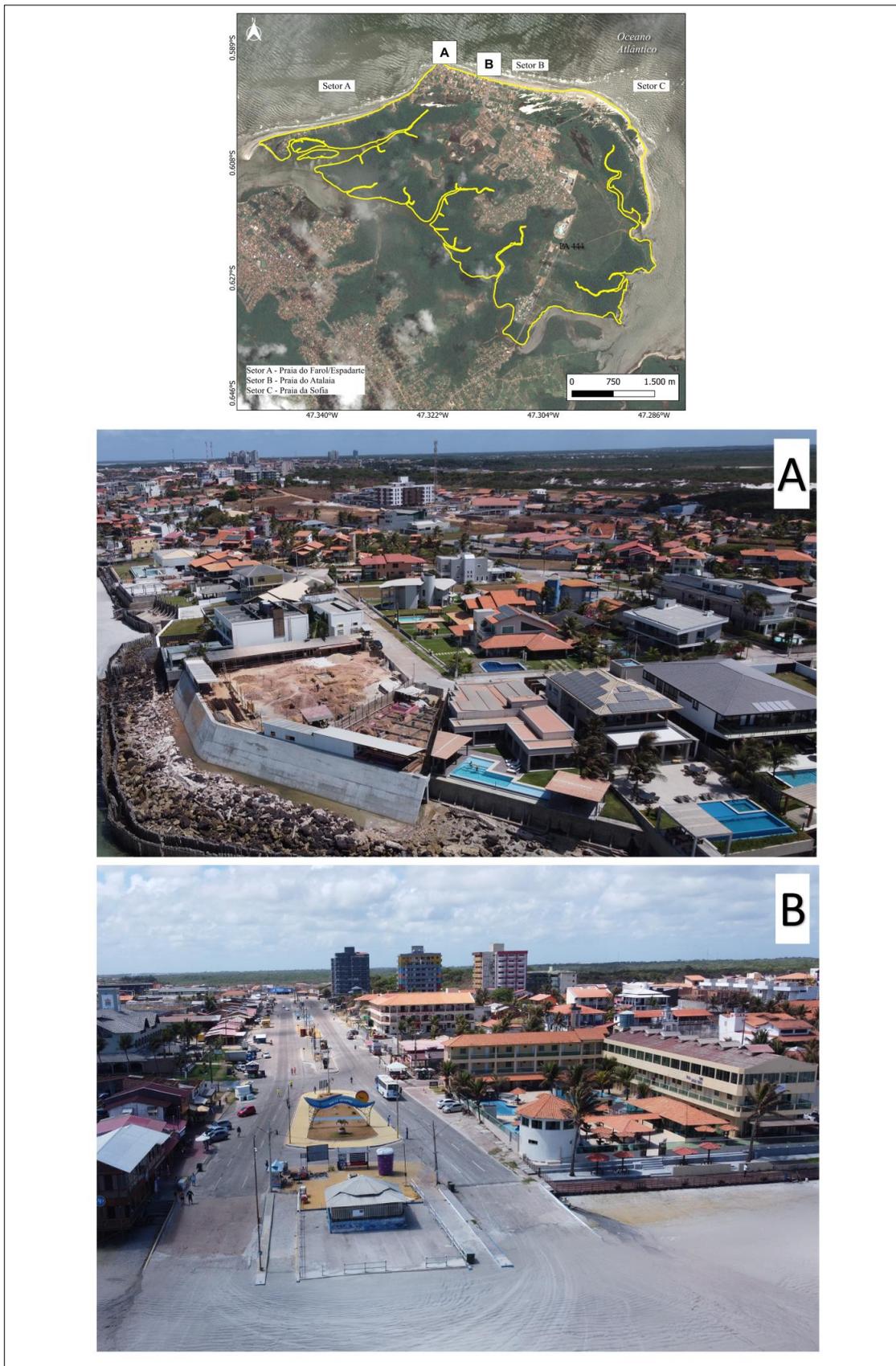
De acordo com Sarmiento (2021), as características topográficas da formação de barreiras incluem principalmente as planícies litorâneas e as planícies fluviomarinhas desenvolvidas durante o quaternário. A planície fluviomarinha na costa atlântica paraense é caracterizada pela convergência de processos fluviais e marinhos, criando uma zona de transição rica em biodiversidade e influenciada pelas variações sazonais, como as mudanças nos níveis de água dos rios e as marés oceânicas (Figura 20).

Com relação a unidade de paisagem (e) áreas urbanizadas, Marinho (2009) elenca que a ocupação humana na ilha de Atalaia teve início a partir de 1973 com a construção da estrada que liga Salinópolis a Atalaia, promovida pelo governo estadual, juntamente com a construção da ponte conectando a cidade à praia, sendo esse o principal catalisador do processo de ocupação na região. Destaca, ainda, que as ocupações na ilha se manifestam por meio da expansão de hotéis, pousadas, condomínios residenciais tanto verticais quanto horizontais, residências de veraneio, incluindo mansões e casas de menor porte, loteamentos e estabelecimentos comerciais, todos concentrados na zona costeira.

A área urbanizada representa o maior investimento por parte do governo do estado do Pará em termos de infraestrutura física. Um exemplo é o projeto de urbanização da Praia do Atalaia, que incluiu melhorias na infraestrutura urbana para facilitar o acesso às praias da ilha. Souza (2014) relata que o projeto abrangeu a urbanização da Praia do Atalaia, melhorias no acesso ao Farol Velho, revitalização de 500 metros de pista asfaltada até a praia, com três faixas de tráfego e iluminação ao longo do percurso, além da construção de três rampas para acesso de veículos.

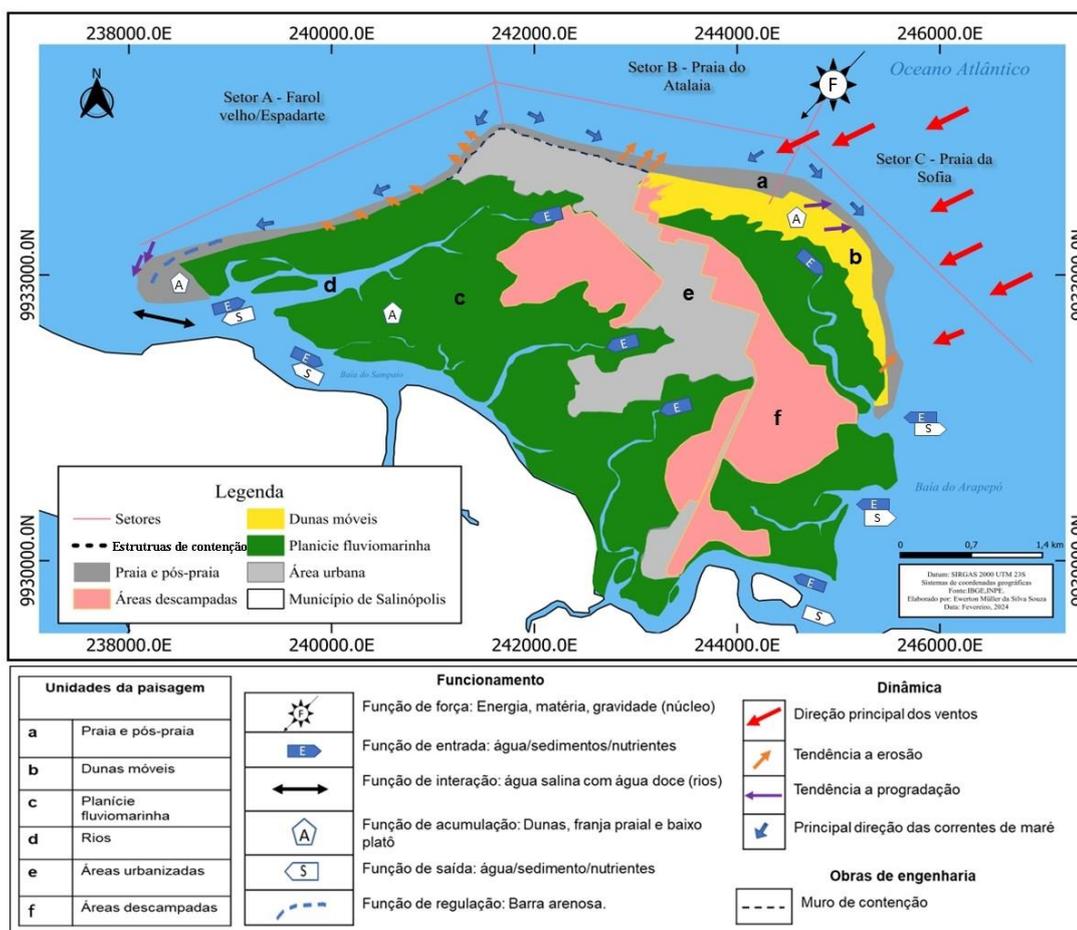
O atual processo de urbanização em direção à linha costeira tem se expandido sobre regiões de manguezais e campos de dunas, resultando em impactos ambientais significativos. Esses impactos incluem a diminuição de áreas naturais, a degradação de ecossistemas, o aumento da erosão costeira e a ocupação de espaços inadequados e periféricos pela comunidade local (Ranieri et al., 2016; Braga et al., 2019; Pinheiro et al., 2020).

Figura 21 - (A) área urbanizada sobre pós-praia; (B) acesso principal a faixa praial do Atalaia, Salinópolis, PA.



Fonte: organizado pelo autor.

Figura 22 - Modelo de funcionamento do sistema litorâneo da ilha de Atalaia, Salinópolis, Pará.



Fonte: organizado pelo autor.

A partir da investigação do funcionamento do sistema, os processos que evidenciam a dinâmica funcional da paisagem da ilha de Atalaia são (Figura 22):

- **Regulação:** Os elementos-chave de regulação nesta paisagem são definidos pela influência do vento e da água, originários, principalmente do oceano. Esses elementos de regulação contribuem para a resiliência e equilíbrio do ecossistema. A qualidade das águas, sejam elas doces ou salgadas, e outros fatores ambientais como a luz solar, a temperatura e os níveis de salinidade, têm um papel fundamental na determinação das espécies presentes na área. Estas espécies não apenas se ajustam para suportar as condições ambientais, mas também se utilizam dos ciclos naturais, como as marés e os períodos de seca e chuva, para coordenar suas atividades vitais.
- **Dinâmica Aquática (Criação de canais de maré):** O rio, ao encontrar o mar, dispersa sedimentos arenosos acumulados na área de praia e pós-praia,

ocasionando diferenciações na morfologia praial como elucidada a presença de sistemas barra calha.

- Dinâmica Eólica (Desenvolvimento de dunas móveis e semifixas): A estabilização das dunas ocorre através da fixação das areias por meio da vegetação, que promove a criação de uma camada de solo orgânico arenoso, essencial para o desenvolvimento do ecossistema.

As dinâmicas e o funcionamento da paisagem são fortemente influenciados pela entrada de água e nutrientes (planície fluviomarinha), uma vez que a ilha está situada em uma região com intensos fenômenos hidrológicos, típicos de zonas costeiras. Quanto à funcionalidade de saída do ambiente, esta está condicionada às águas, considerando a interação entre corpos hídricos continentais e o oceano, bem como o descarte de resíduos antrópicos nesses ambientes.

A interação desses fenômenos fluviomarinhos desempenha um papel crucial na configuração da paisagem, sendo a presença de vegetação de mangue um aspecto marcante dessa dinâmica. A função de regulação é evidenciada na área do Espadarte (Setor A), onde o direcionamento para um estuário ou canal de maré implica em maior efeito da corrente de maré. A sedimentação praial é direcionada para SW devido o bloqueio das correntes na foz do canal do Sampaio, causando intensa sedimentação.

A dinâmica da ilha de Atalaia é predominantemente influenciada pelos ventos de NE-SO, além das correntes de maré que atuam na região setentrional da localidade, onde a unidade de paisagem de dunas móveis (b) é identificada. Em menor escala, as correntes litorâneas também desempenham um papel significativo devido à chegada das ondas à costa. o sistema dunar estende-se por uma faixa com aproximadamente 1 km de largura. As dunas móveis, em sua maioria de formato parabólico e altura média de 30 m, deslocam-se em direção ao continente, sobrepondo-se aos manguezais, lagos e ao planalto costeiro, caracterizando um processo de ondas transgressivas. Esse movimento em direção ao continente, submetido à ação de ondas e correntes de marés durante as preamares de sizígia, resulta em um efetivo processo erosivo na porção leste da Ilha. Por outro lado, as dunas fixas, com altura máxima de 10 m, apresentam formatos piramidais ou longitudinais, geralmente associadas às dunas móveis e fixadas por vegetação arbustiva e arbórea (Silva, 1996).

Borges et al. (2009) ressalta que qualquer intervenção nas dunas representa riscos tanto para o ambiente natural quanto para a população, sendo crucial a sua preservação, independentemente da presença de vegetação.

Diante deste cenário, a presença de tendências erosivas, principalmente na porção leste da ilha, na unidade de Praia e pós-praia (a), às intempéries físicas resultantes da ação dos ventos e das marés. Além disso, essa área é suscetível ao avanço urbano sobre a faixa de praia, ampliando a susceptibilidade do sistema costeiro da ilha. Essa expansão urbana requer atenção especial para garantir uma gestão sustentável e a preservação do equilíbrio ambiental.

É importante salientar que, do ponto de vista legal, a ocupação em áreas de restingas e manguezais na Ilha do Atalaia tem desestabilizado o ambiente. As restingas são Áreas de Preservação Permanente (APP) conforme o código florestal estabelecido pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Este código identifica as restingas, assim como outras áreas, como essenciais para a proteção dos ecossistemas costeiros e para a manutenção da biodiversidade. A conversão da APP na área de estudo para áreas ocupadas aumenta a possibilidade de erosão decorrentes de processos naturais como atividade eólica e migração de dunas (Mendes e Silva, 1997). Os ecossistemas de restingas e manguezais têm sofrido pressão significativa devido à ocupação indevida, caracterizada pela expansão urbana e especulação imobiliária, resultando na remoção da vegetação e areia para fins de loteamentos e construções. Essas práticas comprometem a integridade desses ecossistemas e demandam uma abordagem cuidadosa para conciliar o desenvolvimento urbano com a preservação ambiental na Ilha do Atalaia

4. CAPÍTULO 4 - DINÂMICA DA LINHA DE COSTA DA ILHA DE ATALIA, SALINÓPOLIS, PA.

Para o período de 20 anos, a variabilidade, no que tange a progradação linear média, para toda área foi de 368,75 m, o que indica uma tendência de progradação nos transectos investigados. Nesse bojo, a taxa de progradação linear fora de 18,43 m/ano no período analisado. Além disso, o total de áreas de progradação é de 825.719 m², o que implica uma taxa de 41.285 m²/ano. Por outro lado, a retrogradação da LC também foi observada, com um recuo linear médio de 87,80 m, indicando uma taxa de 4,39 m/ano. O total de áreas em retrogradação fora de 230.546 m², a uma taxa de 11.527 m²/ano (Quadro 9).

Quadro 9 - Resultados quantitativos referentes à mobilidade da linha de costa e às áreas progradacionais e retrogradacionais da ilha de Atalaia, no intervalo de 2002 a 2022.

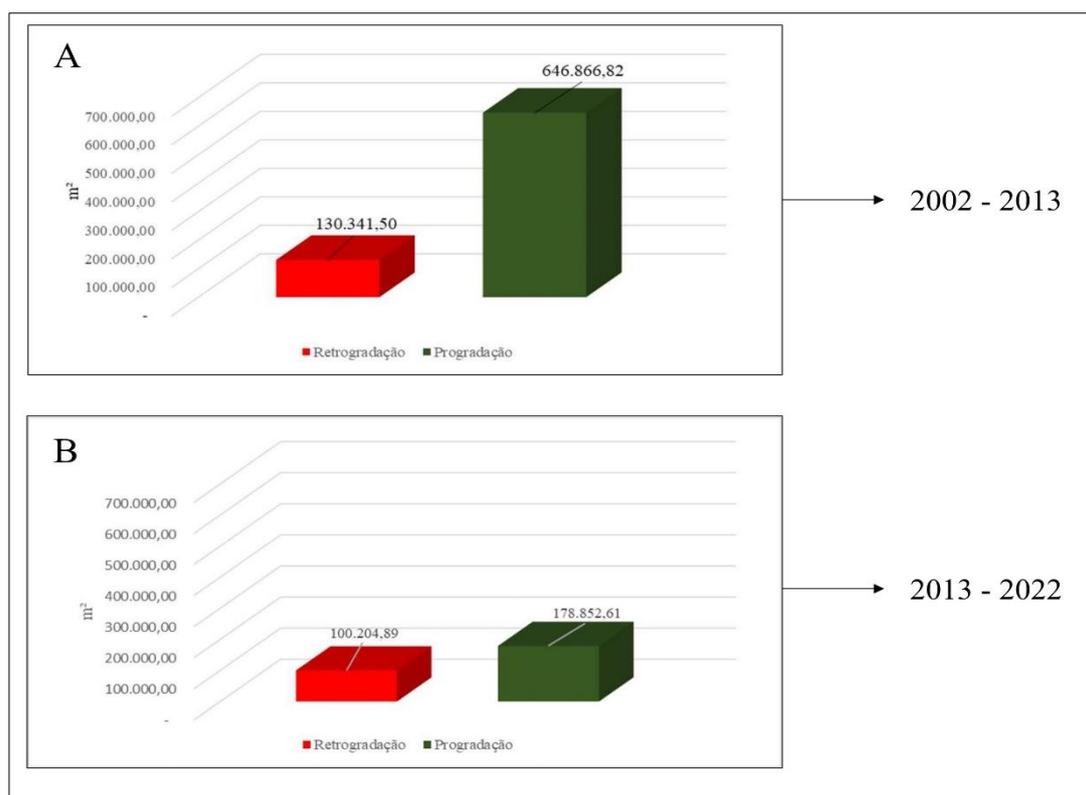
PROGRADAÇÃO		RETROGRADAÇÃO	
Avanço linear médio da LC (m)368,75 m	Total de áreas de progradação (m ²) 825.719	Recuo linear médio da LC (m)87,80 m	Total de áreas em retrogradação (m ²) 230.546
Taxa 18,43 m/ano	Taxa 41.285 m ² /ano	Taxa 4,39 m/ano	Taxa 11.527 m ² /ano

Fonte: Organizado pelo autor.

A análise de mudanças de polígonos teve como resultado principal dinâmicas de progradação na área de estudo. Foram registrados 130.341m² de áreas de retrogradação, enquanto 646.866m² de áreas em processos de progradação de 2002 a 2013 (Gráfico 2A). Não obstante, o período em questão, é importante para compreensão dos processos dinâmicos do início dos anos 2000 os quais posteriormente podem ser relacionados com dados atuais.

O processo de progradação da linha de costa continua sendo predominante na segunda década de investigação da pesquisa (Gráfico 2B). São registrados 100.204 m² de áreas em retrogradação, enquanto 178.852 m² são áreas em progradação. No entanto, observa-se que, em relação as duas décadas estudadas (2002, 2013/ 2013, 2022) a proporção de crescimento do último intervalo em comparação ao primeiro é menor.

Gráfico 2 - Taxas de progradação e retrogradação entre 2002 e 2022, Ilha de Atalaia, Salinópolis.



Fonte: organizado pelo autor.

No Setor A os resultados indicam que entre 2002 e 2013, na área à extremo oeste do setor, contou com áreas progradacionais na Ponta do Espadarte de 60.475m² e em uma área de 28.843m² na porção central da Praia do Farol. O Setor B da Praia do Atalaia teve uma tendência de retrogradação de 23.253m², diferente do Setor C na Praia da Sofia com uma área de 557.243m² e uma tendencia de progradação (Figura 25A).

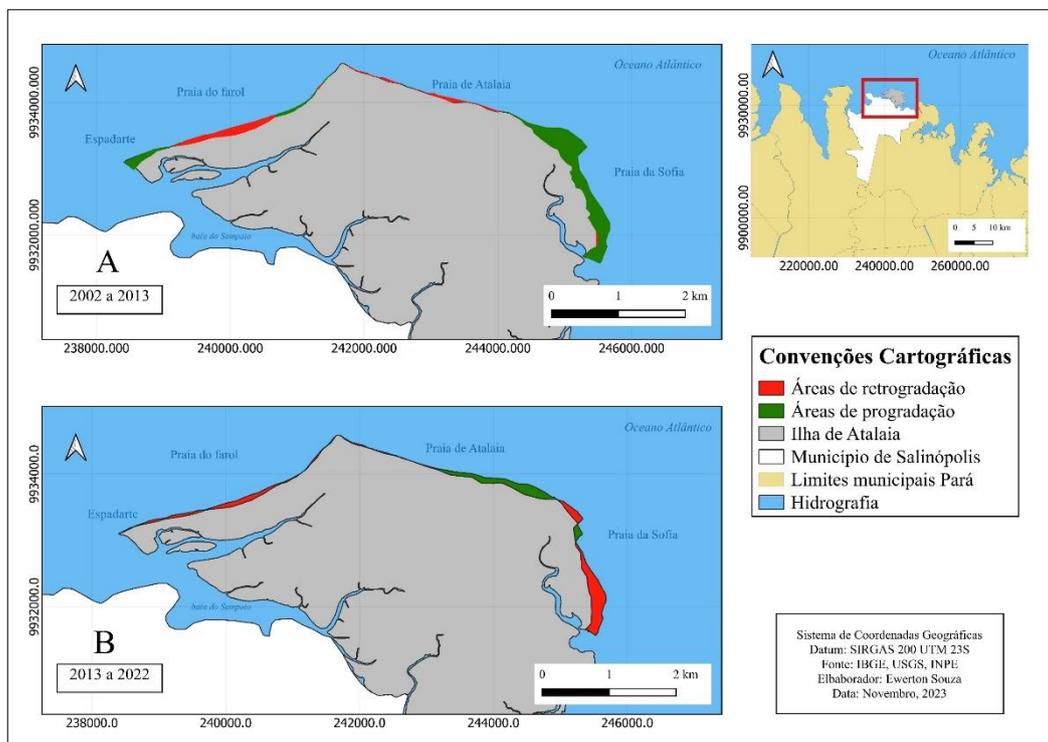
No intervalo entre 2013 e 2022 o Setor A, praia do Farol teve uma inversão de dinâmica a passou a ter áreas com predominância de retrogradação em uma área de 100.202m². O Setor B da Praia do Atalaia teve uma tendência de progradação em uma área de 87.747m². O Setor C, praia da Sofia, apresentou uma tendencia a retrogradação com 226.480m² e uma área ao norte do mesmo setor, bem como na porção central de acreção, representando 87.115m².

Figura 23 - Índícios de erosão nos setores da ilha de Atalaia. A) Área central do setor A (Praia do Farol) com construções danificadas pela erosão presente na área. B) Setor B (Praia do Atalaia) com presença de estruturas de contenção à erosão. C) Setor C (Praia da Sofia) com presença de “Paleomangue”, feição essa condizente com as características erosivas desta área específica.



Fonte: organizado pelo autor.

Figura 24 - Mapa de áreas de progradação e retrogradação de 2002 a 2022, Ilha de Atalaia, Salinópolis, PA.



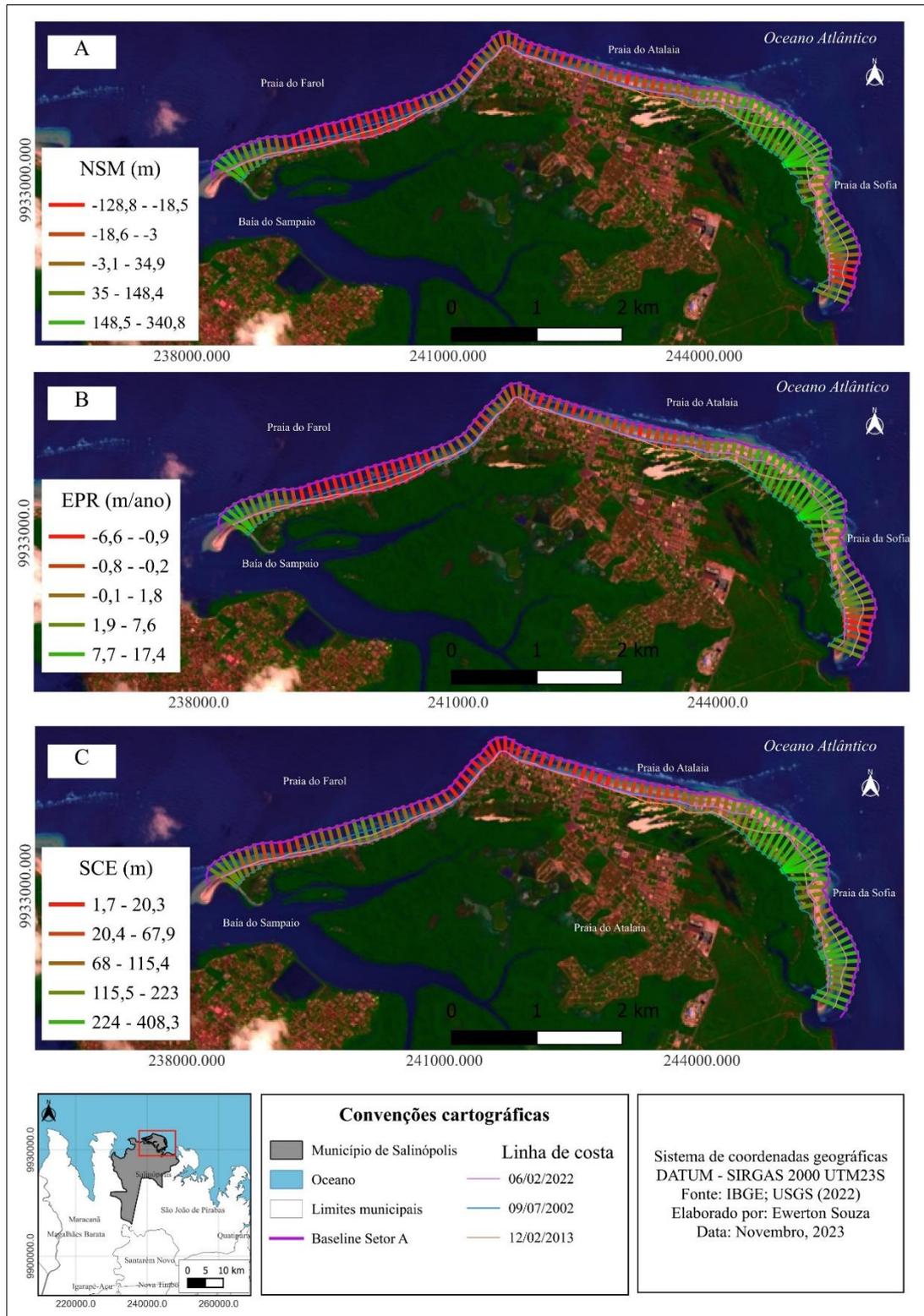
Fonte: organizado pelo autor.

Os resultados do Net Shoreline Movement (NSM) apontam para uma predominância erosiva no Setor A, com recuo da LC de até 128m. Já processos de progradação, principalmente no Setor C da Praia da Sofia, onde ocorre o processo de sedimentação no período de 2013 a 2022 (Figura 25A). No Setor B da praia do Atalaia os valores são predominantemente negativos com uma taxa média de -80,7m, o que indica o caráter erosivo desta área. Os dados do índice NSM estão distribuídos em 17% negativo, o que indica uma baixa variação total da linha de costa mais antiga para a mais recente. Os resultados apontam que 36,63% dos dados são de pouca variabilidade, salienta-se que estes indicam valores que estão dentro da margem de erro linear explicitada no trabalho. Dos dados de progradação 45,54% da LC tiveram processos de acresção na ponta do Espadarte, extremo oeste do Setor A e no Setor C.

A análise realizada pelo índice End of Point Rate (EPR) apontam para taxas variação anual média de 2002 a 2022 com valores negativos de -6,57 a -3,15 (retrogradação), em maior evidência no Setor A. Já a distribuição de valores entre -0,1 a 1,8m/ano, estão identificados na porção central do setor B. Enquanto a progradação, com valores sempre positivos entre 1,9 e 17,40 são notáveis no Setor C da Praia da Sofia (Figura 26B).

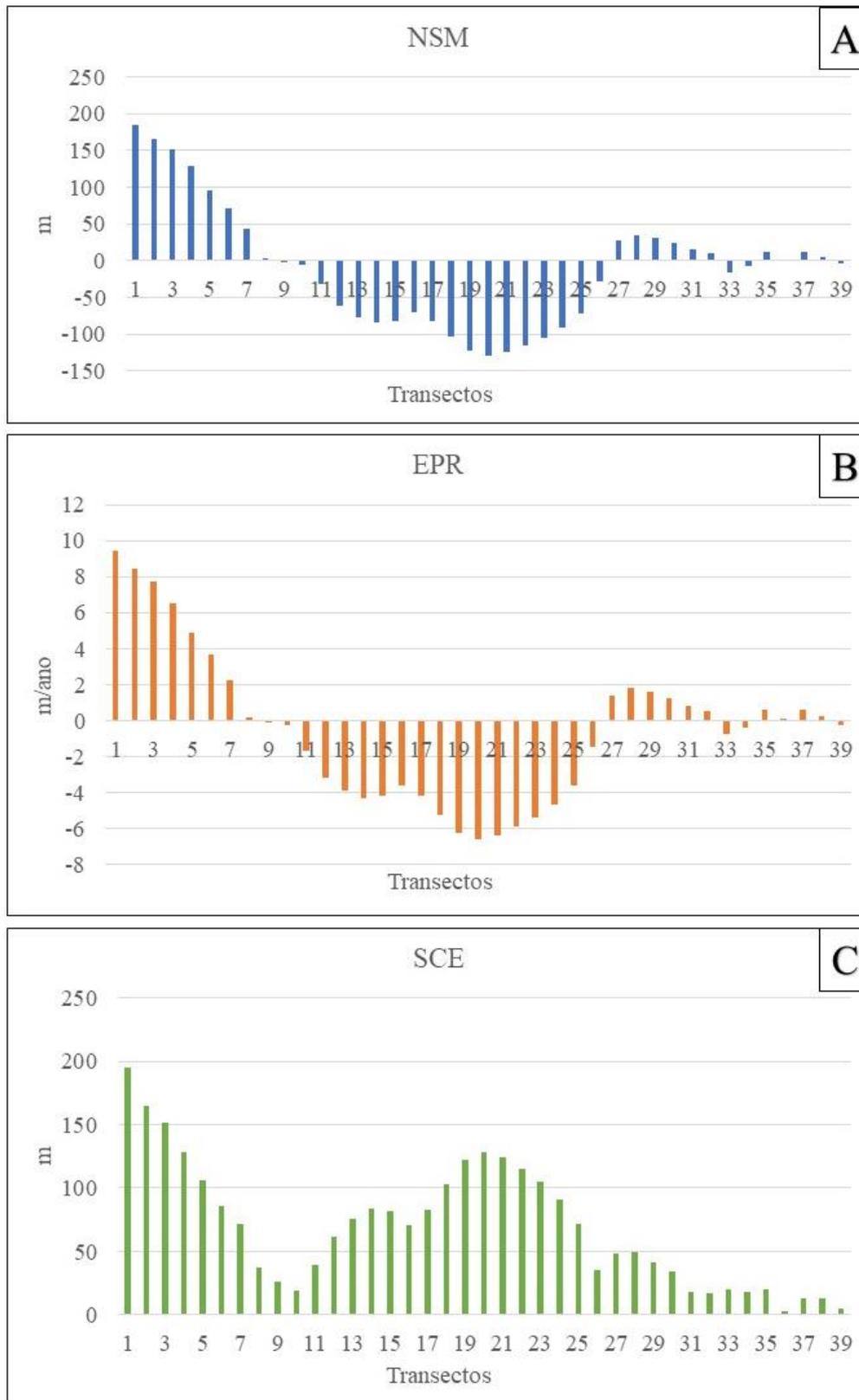
O resultado do índice Shoreline Change Envelope (SCE), mostram que as maiores variabilidades entre as LC estão localizadas no Setor C (Praia da Sofia), considerando o intervalo temporal de 2002 a 2022. Constata-se os valores entre 222,96m a 408,32m, nesta área (Figura 25C). Já as menores variabilidades estão presentes, principalmente, no setor B (praia do Atalaia), com valores entre 1,7m a 67,9m

Figura 25 - Distribuição das taxas lineares entre 2002 e 2022 (A) – Net Shoreline Movement; (B) – End of Point Rate; (C) Shoreline Change Envelope, analisadas no DSAS, ilha de Atalaia, Salinópolis.



Fonte: organizado pelo autor.

Figura 26 - Movimento Líquido na Linha Costeira (NSM), Taxa do Ponto Final (EPR) e Taxa de (SCE) na ilha de Atalaia, Salinópolis-PA entre 2002 e 2022



Fonte: organizado pelo autor.

Ranieri e El-Robrini (2015), identificaram eventos de acreção costeira nas extremidades das áreas em análise, notadamente na planície lamosa e na região de praia, respectivamente. Nessas extremidades, a inclinação deposicional torna-se mais nitidamente perceptível, influenciada pela proximidade das margens dos estuários e canais de marés, onde se verifica a presença de deltas de maré vazante na desembocadura (Ranieri e El-Robrini, 2020). Outra hipótese para a áreas de acumulação podem estar relacionadas com a baixa antropização nas exterminadas da área investigada. Tanto a localidade do espadarte no Setor A, no extremo oeste do setor da praia do farol, quanto a área da praia da Sofia, Setor C, possuem tal característica. Em praias que não são muito dotadas de infraestrutura para turismo, a região do pós-praia, do estirâncio e das dunas não sofrem impactos intensos provenientes da ocupação (Braga et al., 2019). Entre o Setor B e C, existe uma Unidade de Conservação o Monumento Natural do Atalaia que visa proteger objetivo de proteger parte do ambiente costeiro onde estão localizados lagos, dunas e manguezais (SEMAS, 2014).

As localidades que apresentaram menor variabilidade, estão sobre áreas construídas e de orla urbanizada do Setor A. Essa pouca variação possivelmente está em função das estruturas de contenção existentes para a utilização comercial da orla. Os efeitos da urbanização na costa atlântica paraense, passam a ser mais evidentes de 2013 a 2022. Embora desde a década de 60, período este onde Salinópolis torna-se Estância Hidromineral (Decreto/Lei 3.786/66), o município passou a receber investimentos em infraestrutura e incentivo ao turismo (Rosa et al., 2021).

Nos últimos 20 anos, o município de Salinópolis e, em especial, a ilha de Atalaia, sofrera com a diminuição das áreas de manguezal, avanço da cunha salina sobre o aquífero, aumento da erosão costeira, lixo, esgoto sem tratamento, contaminação de águas subterrâneas, conflitos fundiários e ocupações irregulares em área de proteção costeira (Braga et al., 2019). Especialmente na ilha de Atalaia, é evidente que a interferência humana, está cada vez mais consolidada com construções irregulares de hotéis em áreas de dunas e residências de veraneio sobre os terraços que limitam a linha de costa (Ranieri, 2016). Nesse cerne, a dinâmica da linha de costa analisadas por meio dos índices NSM, EPR e SCE permitiram uma análise detalhada dos fenômenos que fazem parte da localidade estudada (Figura 27).

Figura 27 - Mapa da Variação da posição da linha de costa entre os anos de 2002, 2013 e 2022, da Ilha de Atalaia, Salinópolis-PA



Fonte: organizado pelo autor.

O nível de detalhamento dos dados por intermédio do ferramental geotecnológico utilizado foi possível identificar as áreas com potenciais erosivos de Setor B na praia do Atalaia. O estudo da variação da linha de costa na ilha de Atalaia, Salinópolis, demonstrou um cenário alta variabilidade, principalmente no setor C, localizado na parte Oeste da ilha, porção com características físicas regionais particulares como a formação geomorfológica da costa com dunas móveis e vegetação de restinga.

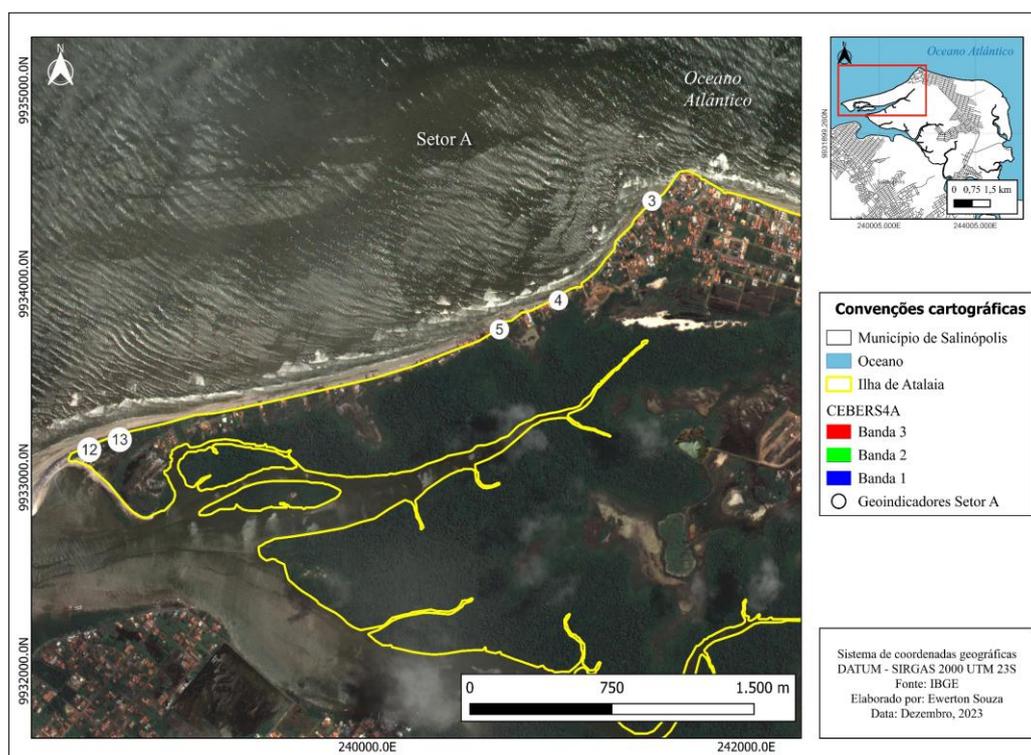
Os setores A e B das praias do Farol e Atalaia, respectivamente, correspondem a uma área com pouca variabilidade linear bruta. Estas áreas são compostas por uma faixa urbanizada e núcleos urbanos que estão em contato com mar na faixa de orla. Este tipo de ocupação está susceptível a danos por processos de erosão. Esse processo de ocupação na ilha de Atalaia, evidencia a supressão do sistema costeiro local proporciona uma menor proteção do litoral e dificulta o processo de progradação da linha de costa.

5. CAPÍTULO 5 – GEOINDICADORES DE DINÂMICA COSTEIRA DA ILHA DE ATALAIA, SALINÓPOLIS, PA

5.1 Setor A (praia do Farol Velho)

Foram realizados quatro pontos de observação de geoindicadores no Setor A (Figura 28). O ponto 3 está situado próximo ao promontório que divide este setor do Atalaia, logo está em uma área densamente urbanizada e registrou o total de quatro geoindicadores de erosão. O ponto 4 também está situada no contexto de uma área urbanizada e registrou cinco geoindicadores de erosão. Por conseguinte, o ponto 5 próximos da porção mesial do setor totalizou 4 geoindicadores de erosão (Quadro 10). Já os pontos 12 e 13 estão localizados na extremidade oeste do setor, na ponta do Espadarte, o primeiro ponto dessa área totalizou três geoindicadores de erosão e dois de acumulação (Quadro 11), enquanto o ponto 13 registrou dois geoindicadores de erosão.

Figura 28 - Pontos de coleta de geoindicadores, Setor A, ilha de Atalaia, Salinópolis, PA



Fonte: organizado pelo autor.

Este setor localiza-se a oeste da ilha de Atalaia, e permeia uma área de intensa urbanização, principalmente concentrada na feição de pós-praia. Identifica-se ainda que esta área possui limites internos com o corpo hídrico determinado pela literatura como rio das Cuieiras.

Quadro 10 - Geoindicadores de erosão por ponto de coleta, Setor A, Atalaia, Salinópolis, PA.

GEOINDICADORES DE EROSÃO	PARÂMETROS	Nº. DO INDICADOR
Ponto 03		
Posição da LMA em relação à base da duna	$\leq 1\text{m}$	2
Presença promontórios	até 25 % da extensão do setor	20
Construções e vias situadas na margem superior da praia com destruição	≥ 51 % de destruição por agentes físicos no setor	50
Presença de muros de arrimo e outras construções no contato com arco praial ou sobre a superfície de estrâncio	Acima de 5 unidades	62
Ponto 04		
Afloramento de rochas sedimentares ou solos subjacentes ao manguezal ou de sedimentos lamosos subjacentes à praia / terraços exumados	$<25\%$ da extensão do setor	36
Presença de filetes de escoamento de água subsuperficial sobre a praia.	$<25\%$ da extensão do setor	40
Faixa frontal de vegetação modificada pela erosão	$<25\%$ da extensão do setor	44
Estruturas de contenção costeira no arco praial ou sobre a superfície de estrâncio	Majoritariamente danificada	58
Presença de muros de arrimo e outras construções no contato com arco praial ou sobre a superfície de estrâncio	Acima de 5 unidades	62
Ponto 05		
Superfície de pós-praia	1 a 10m	6
Faixa frontal de vegetação modificada pela erosão	$<25\%$ da extensão do setor	44
Estruturas de contenção costeira no arco praial ou sobre a superfície de estrâncio	Majoritariamente danificada	58
Presença de muros de arrimo e outras construções no contato com arco praial ou sobre a superfície de estrâncio	Acima de 5 unidades	62
Ponto 12		
Posição da LMA em relação à base da duna	$\leq 1\text{m}$	2
Presença de plataforma de abrasão	$<25\%$ da extensão do setor	32
Faixa frontal de vegetação modificada pela erosão	$<25\%$ da extensão do setor	44
Ponto 13		
Posição da LMA em relação à base da duna	$\leq 1\text{m}$	2
Faixa frontal de vegetação modificada pela erosão	$<25\%$ da extensão do setor	44

Fonte: organizado pelo autor.

Quadro 11 - Geoindicadores de acumulação por ponto de coleta, Setor A, Atalaia, Salinópolis, PA.

INDICADORES DE ACUMULAÇÃO	PARÂMETROS	Nº do indicador
Ponto 12		
Largura da superfície de pós-praia	Entre 21 e 50m	71
Largura da superfície de estirâncio	≥ 81m	74

Fonte: organizado pelo autor.

Com base nos dados, pode-se observar a presença significativa de erosão costeira, evidenciada por parâmetros como a posição da linha de máxima acumulação (LMA) em relação à base das dunas, a presença de construções danificadas por agentes físicos, e a presença de muros de arrimo em contato com o arco praial.

Além disso, os dados mostram variações nas características de erosão entre os diferentes pontos de coleta. Por exemplo, a presença de filetes de escoamento de água subsuperficial sobre a praia e a modificação da faixa frontal de vegetação pela erosão são comuns em vários pontos, sugerindo um padrão de erosão costeira distribuído ao longo da área estudada. Em contraste, os indicadores de acumulação, como a largura da superfície de pós-praia e da superfície de estirâncio, fornecem insights sobre os processos de deposição de sedimentos e formação de terraços na região (Quadro 10). Esses dados podem ser úteis para entender melhor os processos naturais que moldam a paisagem costeira e para planejar estratégias de mitigação de erosão.

Quadro 12 - Amostra de geoindicadores aferidos em campo, Setor A, Ilha de Atalaia, Salinópolis, PA.

Geoindicador local	Descrição	Número do geoindicador	Registro de campo	Ponto de campo
Posição da LMA em relação à base da duna	$\leq 1\text{m}$	2		12
Superfície de pós-praia	1 a 10m	6		05

<p>Presença promontórios</p>	<p>até 25 % da extensão do setor</p>	<p>20</p>	 An aerial photograph showing a coastal town with numerous buildings, some with red roofs, situated on a sandy beach. The town is built on a slight elevation, and the beach is visible in the foreground.	<p>3</p>
<p>Afloramento de rochas sedimentares ou solos subjacentes ao manguezal ou de sedimentos lamosos subjacentes à praia / terraços exumados.</p>	<p><25% da extensão do setor</p>	<p>36</p>	 A photograph of a beach with a large area of exposed, dark, wet sediment or rocks in the foreground. The beach is sandy, and the ocean is visible in the background under a blue sky with white clouds.	<p>4</p>

<p>Presença de filetes de escoamento de água subsuperficial sobre a praia.</p>	<p><25% da extensão do setor</p>	<p>40</p>		<p>4</p>
<p>Faixa frontal de vegetação modificada pela erosão</p>	<p><25% da extensão do setor</p>	<p>44</p>		<p>13</p>

<p>Construções e vias situadas na margem superior da praia com destruição</p>	<p>$\geq 51\%$ de destruição por agentes físicos no setor</p>	<p>50</p>		<p>3</p>
<p>Estruturas de contenção costeira no arco praial ou sobre a superfície de estirâncio</p>	<p>Majoritariamente danificada</p>	<p>58</p>		<p>5</p>

<p>Presença de muros de arrimo e outras construções no contato com arco praial ou sobre a superfície de estirâncio</p>	<p>Acima de 5 unidades</p>	<p>62</p>		<p>3</p>
--	----------------------------	-----------	---	----------

Fonte: Próprio autor; Milena Andrade.

Figura 29 - Fotografia aérea da porção mesial do Setor A

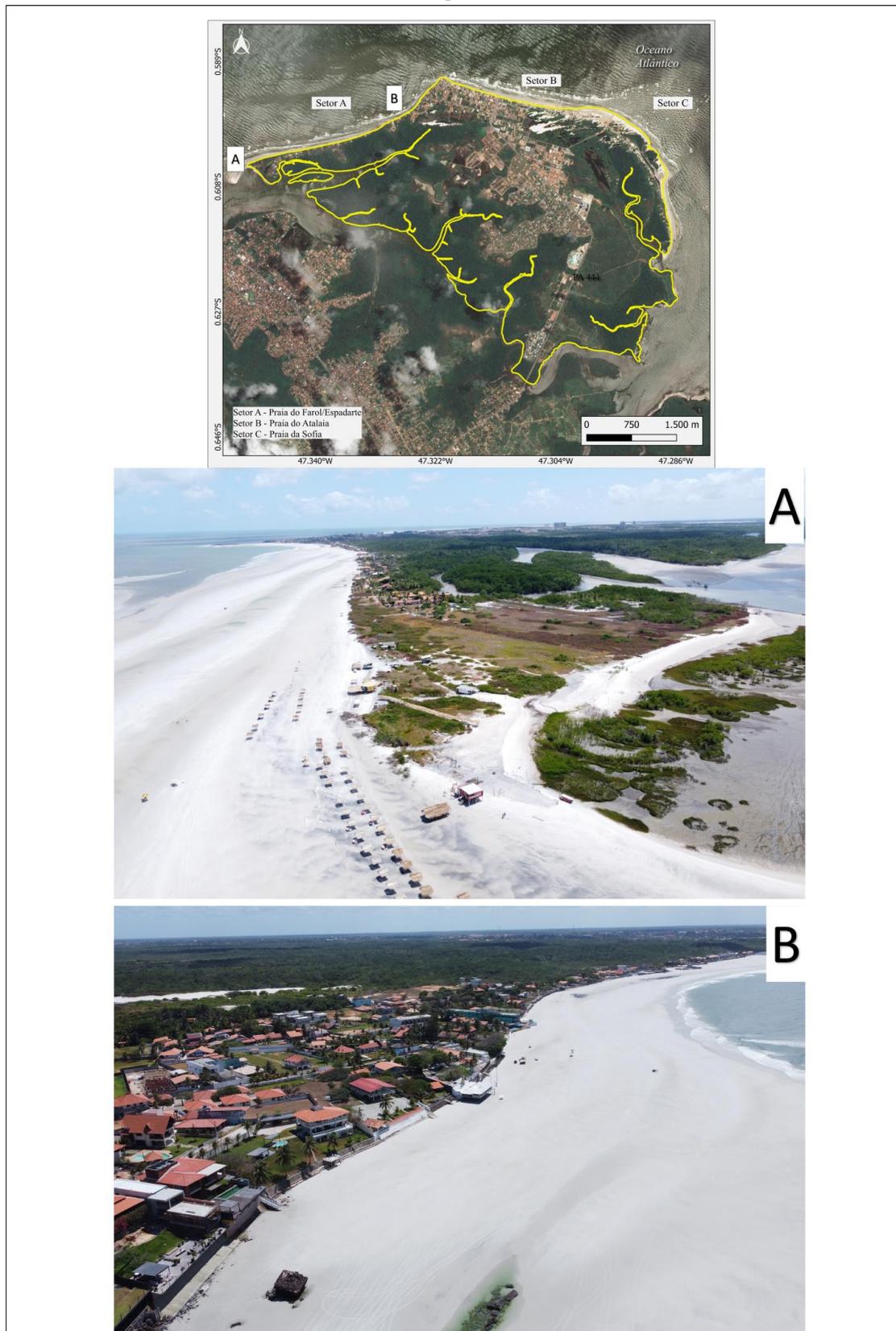


Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir das observações das imagens aéreas, percebe-se que a porção mesial do setor A (praia do Farol) encontra-se em contato com a linha de costa densamente urbanizada, limitada ao norte pelo arco praial e, ao sul, área de mangue (planície fluviomarina). Ademais, nota-se ainda, na linha de costa, indicadores de erosão com resquícios de obras de engenharia de construções sobre o arco praial, estes foram identificados em três de cinco pontos de amostra registrados em campo no setor.

Não obstante, é importante ressaltar que foram identificados em campo 2 indicadores de acumulação a) Largura da superfície de pós-praia entre 21 e 50m; b) Largura da superfície de estirâncio maior que 81m. Esses dados situados no extremo oeste da ilha, na ponta do Espadarte (Figura 30), área com processos de sedimentação registrados no Capítulo 2, onde há a aferição do processo dinâmico de movimentação da linha de costa e, nessa localidade, a incidência de progradação LC. Portanto, os dados dos geoindicadores corroboraram os processos supracitados.

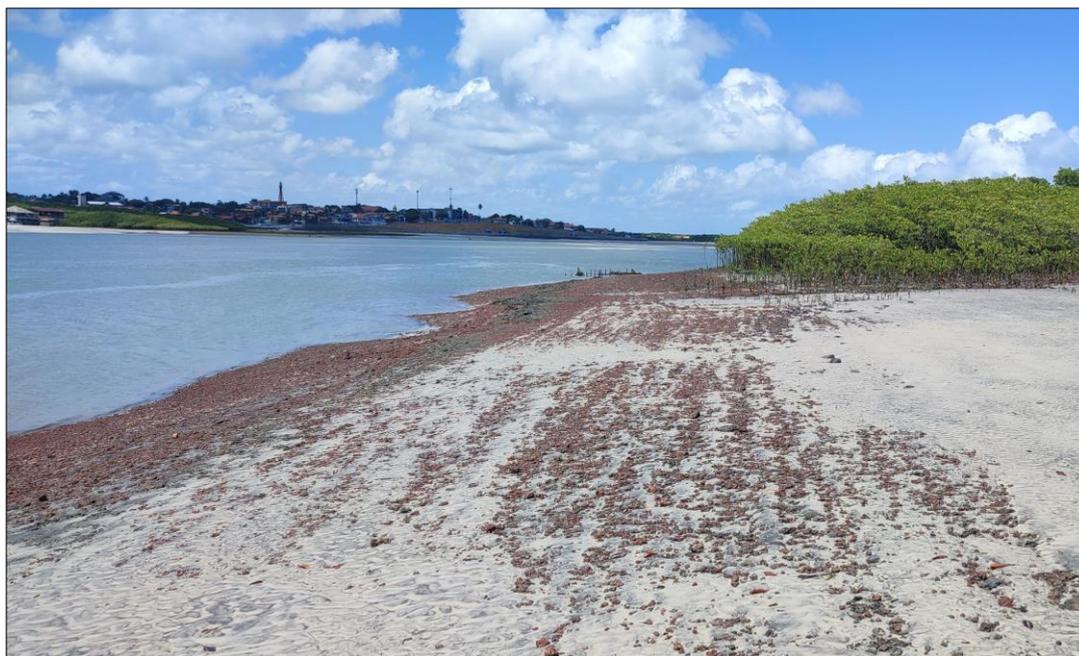
Figura 30: –(A) Fotografia aérea da ponta do Espadarte; (B) Visada NE-SO da porção densamente urbanizada da praia do farol, Setor A.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Outrossim, a pesquisa de campo para coleta dos geoindicadores fora fundamental para elencar detalhes de feições que não são devidamente perceptíveis em imagens de satélite. Nesse sentido, elenca-se o registro de plataformas de abrasão identificadas no ponto de coleta 12, localizada na Ponta do Espadarte, essas formações são resultantes da erosão provocada pelo impacto repetido de partículas transportadas pelo mar (Figura 31). Estas, moldam a paisagem costeira, criando características como a exposição do substrato característico da região devido à interação dinâmica entre ondas, marés e o substrato local.

Figura 31 - Plataforma de abrasão situadas na porção abrigada em relação ao oceano, ponta do Espadarte, Setor A.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Outro ponto das análises dos indicadores de dinâmica costeira no Setor A, foram a identificação obras de contenção costeira (Figura 32). Por se tratar de uma área urbanizada, esses tipos de construção são proeminentes em grande parte da extensão da LC do setor A. Os efeitos adversos decorrentes da erosão costeira não apenas comprometem a estabilidade do ambiente físico e biótico, mas também afetam significativamente o âmbito socioeconômico. Em relação a este último, a discussão pode se estender, contudo, é primordial ressaltar que os impactos são notáveis, considerando que a zona costeira representa uma área de grande valor, densamente habitada e desenvolvida em escala global (Small e Nicholls, 2003).

Figura 32 - Estruturas de contenção como um indicador de dinâmica costeira, praia do Farol, Setor A

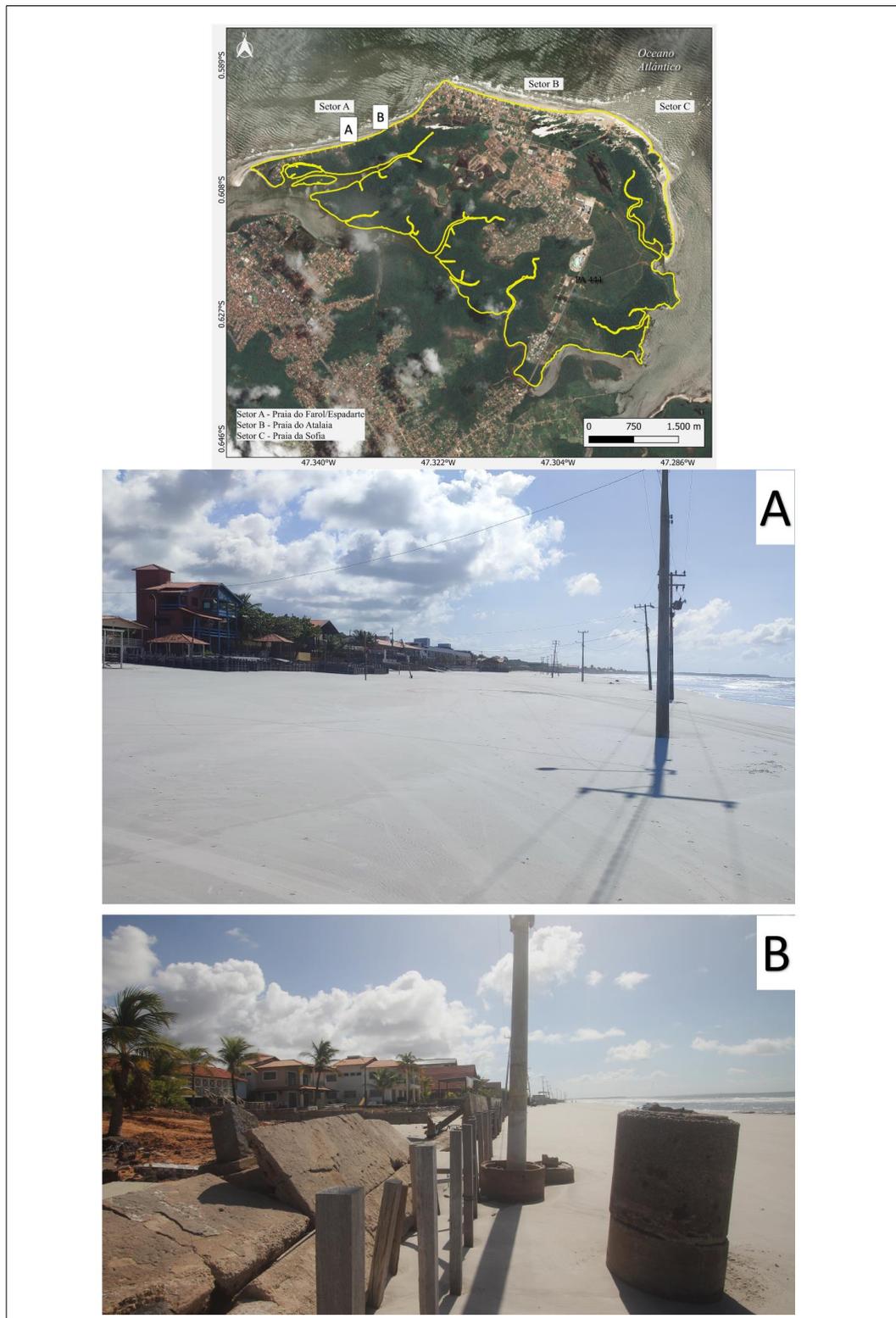


Fonte: Elaborado pelo autor.

Com o intuito de conter a avanço do oceano e salvaguardar o litoral da ação erosiva, há frequentes demandas por investimentos, tanto públicos quanto privados. Esses investimentos visam à construção de estruturas com diversos níveis tecnológicos para a defesa costeira (Trombetta et al, 2018). Airoidi et al., (2005) e Bruun (2013) salientaram que tais intervenções podem ter como metas a proteção de instalações urbanas, a restauração do perfil praial e a consolidação de infraestruturas urbanas. Essas medidas tornam-se essenciais para mitigar os impactos adversos da erosão costeira e resguardar áreas suscetíveis a esses fenômenos. Portanto, a proteção costeira se concentra em preservar as características naturais da zona costeira, a contenção costeira envolve a implementação de medidas físicas para mitigar os efeitos negativos da ação do mar. Ambas as abordagens podem ser complementares, e a escolha entre elas dependerá das condições locais e das necessidades específicas de cada área costeira.

Na LC do setor A, existem ainda outros geoindicadores de erosão relacionados a infraestrutura de transmissão de energia identificadas sobre a praia, indicando risco à população visto vias de acesso que se dão, de mesmo modo, pela praia em maré baixa (Figura 33).

Figura 33 - Postes da rede elétrica localizados sobre a praia, Setor A



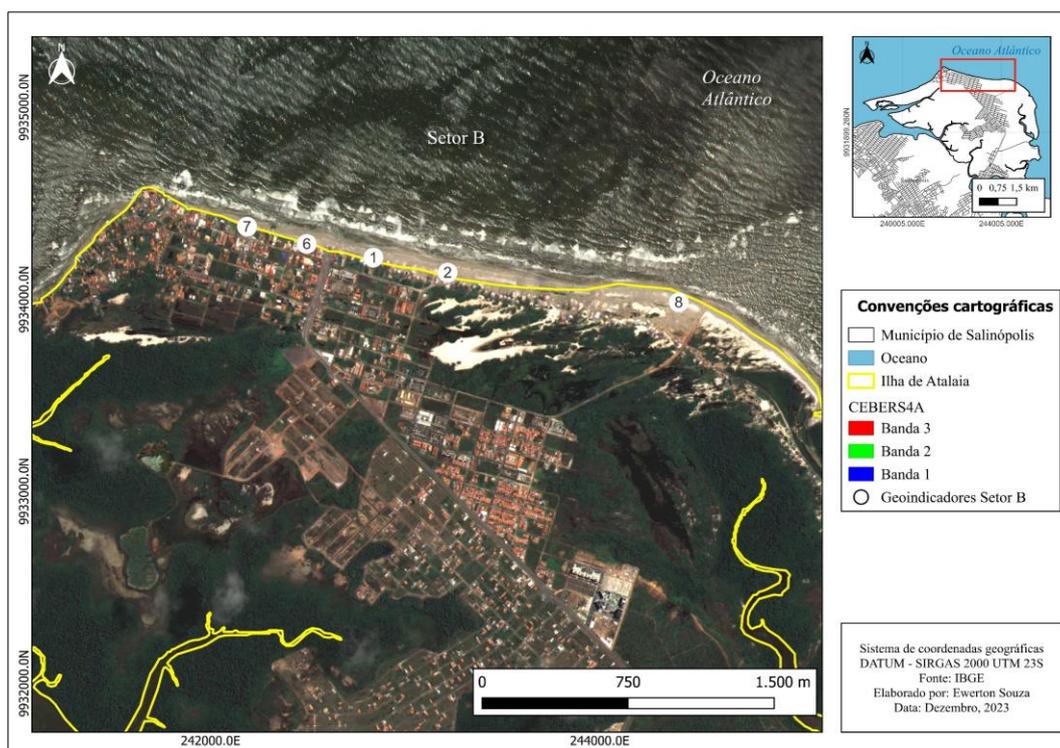
Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2 Setor B (praia do Atalaia)

Os pontos de coleta dos geoindicadores no Setor B foram, respectivamente, 1,2,6,7,8. O primeiro ponto teve três registros de geoindicadores de erosão costeira e um item de acumulação. O segundo ponto de investigação catalogou dois geoindicadores de erosão e um de acumulação. O ponto 6 e 7 estão situados na margem esquerda da rampa de acesso e estão sobre forte influência antrópica (Quadro 12). Nesse sentido, ambos os pontos registraram os mesmos três geoindicadores de erosão. Já o ponto 8 está no contexto diferentes dos demais do setor, onde a influência antrópica é menor, com isso essa área registrou dois geoindicadores de erosão e dois de acumulação (Quadro 13).

Este setor localiza-se a leste da Ilha de Atalaia e possui uma área de maior intensidade imobiliária, situada, principalmente, a margem esquerda da rampa de acesso à praia (Figura 34). Já ao final da porção oeste do setor, identifica-se uma área menos impactada, possivelmente por influência do MONA (Monumento Natural Atalaia).

Figura 34 - Localização dos pontos de coleta de indicadores, Setor B



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 13: Geoindicadores de erosão por ponto de coleta, Setor B, Atalaia, Salinópolis, PA

GEOINDICADORES DE EROSÃO	PARÂMETROS	Nº. DO INDICADOR
Ponto 1		
Posição da LMA em relação à base da duna	21 a 80 m	4
Superfície de pós-praia	1 a 10m	6
Largura da superfície de estirâncio	101 a 300m	16
Ponto 2		
Superfície de pós-praia	1 a 10m	6
Faixa frontal de vegetação modificada pela erosão	<25% da extensão do setor	44
Ponto 6		
Presença de filetes de escoamento de água subsuperficial sobre a praia.	<25% da extensão do setor	40
Tubulação de água/esgoto ou postes de energia, situada sobre o arco praial	Acima de 5 unidades	54
Presença de muros de arrimo e outras construções no contato com arco praial ou sobre a superfície de estirâncio	Acima de 5 unidades	62
Ponto 7		
Presença de filetes de escoamento de água subsuperficial sobre a praia.	<25% da extensão do setor	40
Tubulação de água/esgoto ou postes de energia, situada sobre o arco praial	Acima de 5 unidades	54
Presença de muros de arrimo e outras construções no contato com arco praial ou sobre a superfície de estirâncio	Acima de 5 unidades	62
Ponto 8		
Largura da superfície de estirâncio	51 a 100m	15
Construções e vias situadas na margem superior da praia com destruição	≤ 25% de destruição por agentes físicos no setor	52

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 14: Geoindicadores de acumulação por ponto de coleta, Setor B, Atalaia, Salinópolis, PA

INDICADORES DE ACUMULAÇÃO	PARÂMETROS	Nº DO INDICADOR
Ponto 1		
Largura da superfície de pós-praia	Entre 21 e 50m	71
Ponto 2		
Posição da LMA em relação à base da duna	31 a 80m	67
Ponto 8		
Posição da LMA em relação à base da duna	≥ 81	66
Largura da superfície de pós-praia	$\geq 51m$	70

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados mostram variações significativas entre os pontos de coleta, indicando diferentes graus de erosão e acumulação. Por exemplo, nos pontos 6 e 7, identificou-se a presença de construções e infraestruturas sobre o arco praial, o que pode indicar uma maior susceptibilidade à erosão. Além disso, a variação na largura da superfície de estirâncio e na posição da LMA, nos pontos de coleta 1 e 8, sugerem diferenças na dinâmica costeira ao longo do setor estudado.

Salienta-se para a presença de construções e infraestruturas no arco praial, como tubulações de esgoto, em mais de cinco unidades, como no ponto de coleta 7. A presença de muros de arrimo e outras construções no contato com o arco praial ou sobre a superfície de estirâncio, identificadas nos pontos de coleta 6 e 7, indicam outra característica notável, destacando a interação entre as atividades humanas e a dinâmica costeira. A presença de construções e vias na margem superior da praia com até 25% de destruição por agentes físicos, identificado no ponto 8, indica uma interação direta entre as infraestruturas humanas e os processos naturais. Este dado sugere que as atividades de construção e manutenção na região devem ser cuidadosamente planejadas e executadas, levando em consideração a dinâmica erosiva natural da costa.

Os dados de erosão costeira coletados pelos geoindicadores, estão em concomitância com a análise da LC da ilha realizada no Capítulo 2, indicando a predominância dos fenômenos erosivos, principalmente no setor A (praia da Sofia). Não

obstante, constata-se ainda, que houve ocorrências de indicadores de acumulação, sendo estes atrelados ao a condições inerentes ao perfil morfológico da praia de Atalaia, como a largura de superfície de pós-praia com medições entre 21 e 50m, identificada no ponto de observação 1.

Não obstante, outra ocasião que permeia os dados de acumulação no setor, podem estar atrelados ao MONA. Em novembro de 2014, a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS) conduziu uma Consulta Pública, por meio da Diretoria de Áreas Protegidas (DIAP), aprovando a criação da Unidade de Conservação de Proteção Integral no município de Salinópolis (Gutierrez et al, 2016).

Nota-se que a presença de indicadores recorrentes na extensão da LC a margem esquerda de acesso à praia. Os filetes de escoamento de água subsuperficial sobre a praia em 25% da extensão do setor, principalmente atrelado as características da localidade antropizada com incidência de despejo de dejetos líquidos na praia. Associados a este, destacam-se a incidência de Tubulação de água/esgoto ou postes de energia, situada sobre o arco praial, com recorrência acima de 5 unidades, identificados nos pontos 6 e 7.

Para Sarmiento (2021), os principais desafios enfrentados por essas praias estão relacionados às ocupações indevidas na faixa litorânea. Além da utilização desse espaço para fins residenciais, surgiram outras formas de ocupação, como estabelecimentos comerciais (bares, restaurantes, pousadas e hotéis de luxo), causando alterações substanciais na dinâmica natural dos ecossistemas.

Quadro 15 - Amostra de geoindicadores aferidos em campo, Setor B, Ilha de Atalaia, Salinópolis, PA.

Geoindicador local	Descrição	Número do geoindicador	Registro de campo	Ponto de campo
Posição da LMA em relação à base da duna	21 a 80 m	4		1
Superfície de pós-praia	1 a 10m	6		2

Largura da superfície de estirâncio	51 a 100m	15		8
Presença de filetes de escoamento de água subsuperficial sobre a praia.	<25% da extensão do setor	40		7
Faixa frontal de vegetação modificada pela erosão	<25% da extensão do setor	44		2

<p>Construções e vias situadas na margem superior da praia com destruição</p>	<p>$\leq 25\%$ de destruição por agentes físicos no setor</p>	<p>52</p>		<p>8</p>
<p>Tubulação de água/esgoto ou postes de energia, situada sobre o arco praiar</p>	<p>Acima de 5 unidades</p>	<p>54</p>		<p>6</p>

<p>Presença de muros de arrimo e outras construções no contato com arco praial ou sobre a superfície de estirâncio</p>	<p>Acima de 5 unidades</p>	<p>62</p>		<p>7</p>
<p>Largura da superfície de pós-praia</p>	<p>$\geq 51\text{m}$</p>	<p>70</p>		<p>8</p>

<p>Construções e vias situadas na margem superior da praia com destruição</p>	<p>$\leq 25\%$ de destruição por agentes físicos no setor</p>	<p>52</p>		<p>8</p>
<p>Tubulação de água/esgoto ou postes de energia, situada sobre o arco praiial</p>	<p>Acima de 5 unidades</p>	<p>54</p>		<p>7</p>

Presença de muros de arrimo e outras construções no contato com arco praial ou sobre a superfície de estirâncio	Acima de 5 unidades	62		7
Largura da superfície de pós-praia	$\geq 51\text{m}$	70		8

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 35 - (A) Filetes de água subsuperficial localizados a margem esquerda da rampa de acesso à praia do Atalaia; (B) Despejo de dejetos líquidos e formação de filetes na rampa de acesso à praia, Setor B.



Fonte: Acervo do autor.

Figura 36 - Sistemas barra calha, Setor B, Atalaia.



Fonte: Acervo do autor.

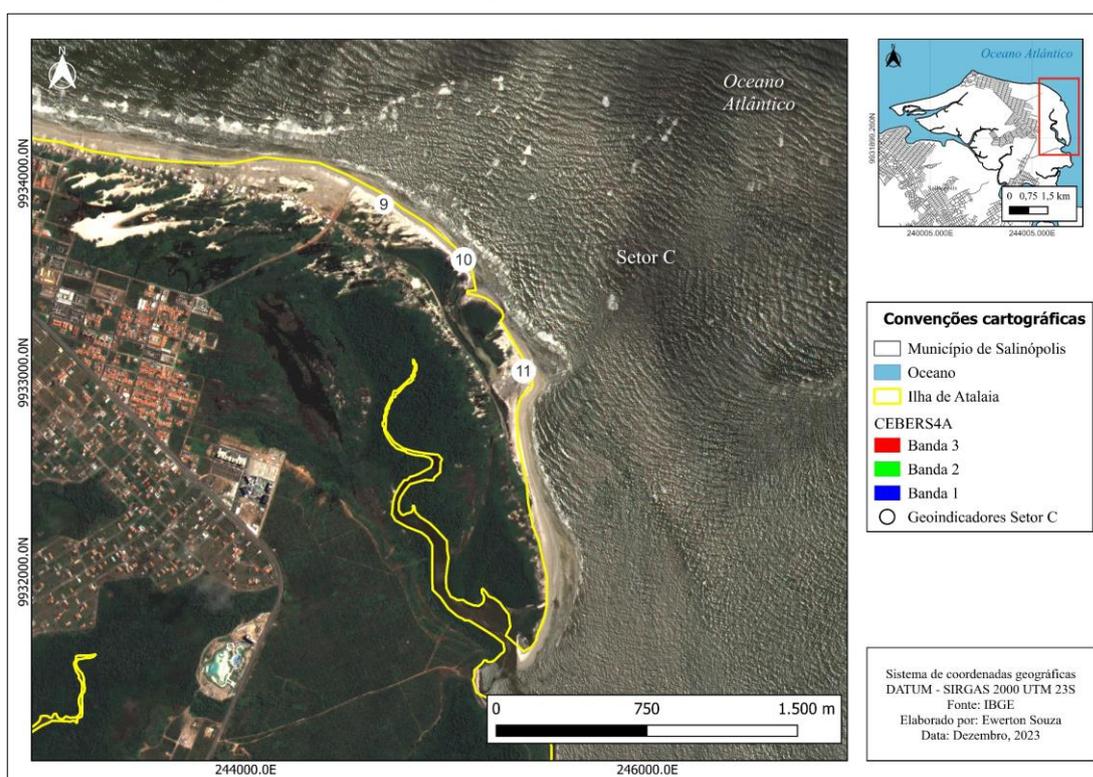
A análise morfodinâmica costeira combina observações morfológicas e dinâmicas para proporcionar uma descrição abrangente e consistente da praia e da zona de arrebenção (Calliari et al., 2003). O termo "morfodinâmica" refere-se à adaptação da topografia da faixa costeira para acomodar os efeitos gerados por ondas, marés e correntes litorâneas, bem como pela própria topografia (Roso, 2002). Na mesma praia, o tamanho dos grãos e a inclinação aumentam de acordo com a exposição da faixa costeira; à medida que ocorre erosão ou acúmulo de sedimentos, a inclinação da praia se modifica. Praias sujeitas a erosão tendem a apresentar superfícies mais planas, enquanto aquelas que recebem acréscimo de sedimentos tendem a ter uma inclinação mais pronunciada. Os grãos de maior tamanho são encontrados em áreas de maior turbulência, com a dimensão dos grãos diminuindo à medida que a turbulência diminui (Silva et al, 2015).

Nesse sentido, durante a estação mais chuvosa, as praias podem sofrer a perda de sedimentos para o transporte oceânico, pois os estuários e canais de marés experimentam maior volume de água. Nesse período, as ondas tornam-se mais energéticas em comparação com a estação menos chuvosa, levando à formação de barras calhas situadas a centenas de metros da costa, alinhadas paralelamente à linha de costa (Braga, 2007). Tais Características foram identificadas e catalogadas por levantamento de fotografia aéreas no Setor B (Figura 36).

5.3 Setor C (praia da Sofia)

Os pontos de coleta dos geoindicadores no Setor C foram, respectivamente, 9, 10 e 11. Vale ressaltar que este setor está totalmente inserido no contexto do MONA e, as características investigadas corroboram uma área menos susceptível a erosão ainda que haja geoindicadores relacionados a esses processos (Figura 37). Ademais, a coleta do primeiro e do segundo pontos do setor, registrou-se um geoindicador de erosão cada. Já o ponto 11, tivera o registro de dois geoindicadores de erosão e um de acumulação. A vegetação na linha de frente da costa, conforme indicado pelo geoindicador número 44, sofreu alterações devido à erosão, mas a extensão limitada dessas mudanças mostra que a erosão não é o processo dominante na área.

Figura 37: Localização dos pontos de coleta de indicadores, Setor C



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 16: Geoindicadores de erosão e acumulação por ponto de coleta, Setor C, Atalaia, Salinópolis, PA

GEOINDICADORES DE EROSÃO	PARÂMETROS	Nº. DO INDICADOR
Ponto 9		
Posição da LMA em relação à base da duna	$\leq 1\text{m}$	2
Ponto 10		
Presença de filetes de escoamento de água subsuperficial sobre a praia.	<25% da extensão do setor	40
Ponto 11		
Afloramento de rochas sedimentares ou solos subjacentes ao manguezal ou de sedimentos lamosos subjacentes à praia / Paleomangue	<25% da extensão do setor	36
Faixa frontal de vegetação modificada pela erosão	<25% da extensão do setor	44
GEOINDICADORES DE ACUMULAÇÃO	PARÂMETROS	Nº do indicador
Ponto 11		
Largura da superfície de pós-praia	$\geq 51\text{m}$	70

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir das informações do Quadro 16, identifica-se que no Ponto 10, o foco está na presença de filetes de escoamento de água subsuperficial sobre a praia que está relacionada a modificação geomorfológica da praia nos últimos 20 anos, conforme analisado no Capítulo 3. Dessa forma, isso pode ser interpretado como um indicativo de uma drenagem superficial limitada, potencialmente influenciando a erosão e a deposição de sedimentos na área.

O Ponto 11 apresenta uma complexidade maior, com a identificação de vários geoindicadores. Primeiramente, observa-se o afloramento de sedimentos lamosos classificados como paleomangue. Além disso, há a presença de uma faixa frontal de vegetação modificada por processos erosivos, possivelmente atrelados a fenômenos de maré. Por fim, ainda no Ponto 11, há um geoindicador de acumulação: a largura da superfície de pós-praia, que é superior a 51 metros. Este geoindicador sugere uma área de deposição significativa de sedimentos, o que pode ser um sinal de estabilidade geomorfológica em contraste com as áreas de erosão observadas.

Quadro 17: Amostra de geoindicadores aferidos em campo, Setor C, Ilha de Atalaia, Salinópolis, PA.

Geoindicador local	Descrição	Número do geoindicador	Registro de campo	Ponto de campo
Posição da LMA em relação à base da duna	$\leq 1m$	2		9
Afloramento de rochas sedimentares ou solos subjacentes ao manguezal ou de sedimentos lamosos subjacentes à praia / paleomangue	<25% da extensão do setor	36		11

<p>Presença de filetes de escoamento de água subsuperficial sobre a praia.</p>	<p><25% da extensão do setor</p>	<p>40</p>		<p>10</p>
<p>Faixa frontal de vegetação modificada pela erosão</p>	<p><25% da extensão do setor</p>	<p>44</p>		<p>11</p>

Largura da superfície de pós-praia	$\geq 51\text{m}$	70		11
------------------------------------	-------------------	----	---	----

Fonte: Elaborado pelo autor.

Outrossim, uma feição de destaque deste setor é a presença de paleomangue, compreendido na pesquisa como geoindicador erosivo o qual correspondem a ecossistemas costeiros fósseis que fornecem registros valiosos das condições ambientais passadas e dos processos de mudança no nível do mar. Os paleomangues holocênicos da costa amazônica oferecem perspectivas sobre as mudanças ambientais ao longo de milhares de anos (Oliveira et al, 2003). Esses dados são cruciais para a compreensão das interações entre as variações do nível do mar e a dinâmica costeira, a citar, os fenômenos erosivos ou de acumulação identificados na localidade.

Para Montenegro et al., (2009), paleomangues são depósitos sedimentares antigos, muitas vezes ricos em matéria orgânica e sais, que se formaram em condições ambientais similares às dos manguezais atuais. Estes depósitos são testemunhos de períodos históricos onde o nível do mar era diferente, permitindo a existência de manguezais em locais que hoje podem estar mais distantes da costa ou mesmo no interior continental. A presença de paleomangues é uma das causas apontadas para a salinização de águas subterrâneas. Isso ocorre quando a água em contato com esses antigos depósitos de mangue dissolve os sais neles contidos, aumentando a salinidade da água subterrânea (Hirata et al., 2012). Portanto, os paleomangues são importantes indicadores paleoambientais e podem influenciar a qualidade das águas subterrâneas devido à sua composição salina residual (Figura 38).

Figura 38 - Paleomangue, Setor C, praia da Sofia.



Fonte: Acervo do autor

Outra feição pertinente no Setor C são os canais maré identificados no ponto de coleta 10, que características geomorfológicas importantes em regiões costeiras, formando-se onde as marés dominam os processos de sedimentação e erosão. Na costa atlântica do Pará, esses canais são particularmente relevantes. Estudos realizados no estuário do rio Pará, por exemplo, revelam a presença de cerca de cem canais de maré, desempenhando papéis ecológicos e socioeconômicos significativos (Rollnic e Rosário, 2016). Esses canais são caracterizados por um regime de maré assimétrico, com a maré de enchente geralmente mais curta do que a maré de vazante, uma peculiaridade influenciada pela geomorfologia local e pela ausência de descarga efetiva de rios (Figura 39). A presença de bancos de areia na foz desses canais retém a água no interior, prolongando a duração das marés de vazante. A variação sazonal, com ciclos de marés secas e chuvosas, também influencia significativamente o comportamento hidrodinâmico e sedimentar desses sistemas (Rollnic e Rosário, 2016). Tais características tornam os canais de maré na região costeira do Pará fundamentais para o entendimento da dinâmica costeira e dos processos ecológicos associados.

Figura 39 - Canal de maré, Setor C, praia da Sofia.

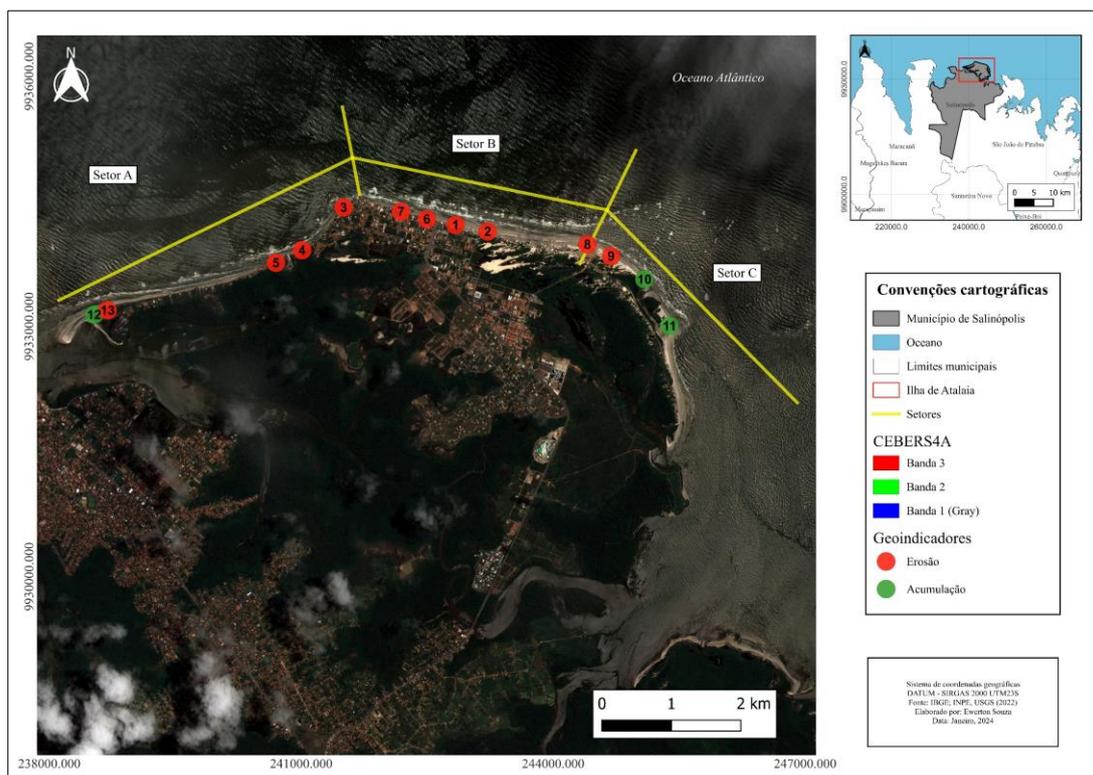


Fonte: Acervo do autor

5.4 Análise integrada da susceptibilidade a erosão a partir de geoindicadores e movimento da linha de costa.

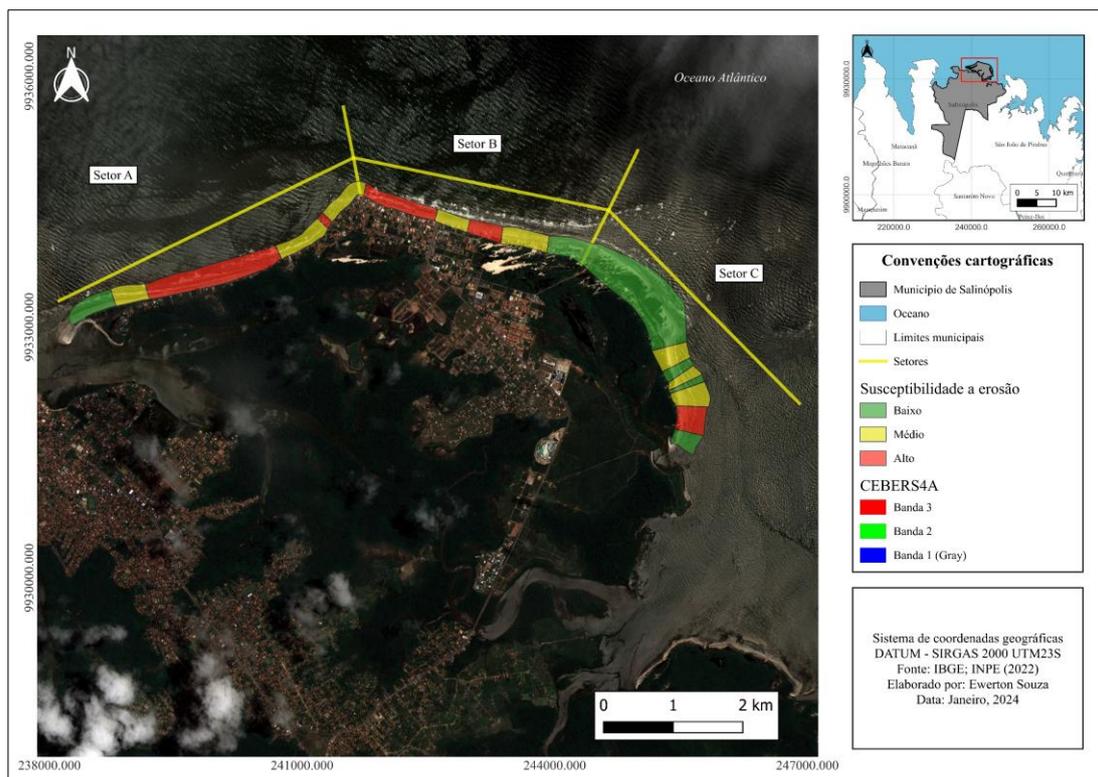
A análise de geoindicadores conduzida nas praias do Farol Velho, Atalaia e Sofia em 2023, revelou áreas de alta susceptibilidade à erosão costeira juntamente com a sobreposição da análise da LC (Figura 40). Notadamente na zona central do Setor A, observou-se geoindicadores de degradação das dunas fronteiriças, avanço sobre a linha costeira, formações de barrancos e vestígios de construções urbanas anteriores, que foram deslocadas ou abandonadas devido à erosão costeira (Figura 41). Este trecho do estudo é marcado pela presença intensiva de estruturas destinadas a conter a erosão, como muros de proteção e pedras colocadas diante de residências, restaurantes e hotéis, influenciando fortemente a transformação da paisagem local.

Figura 40 - Síntese analítica dos geoindicadores em erosão e acumulação, ilha de Atalaia, Salinópolis.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 41 - Grau de susceptibilidade à erosão, ilha de Atalaia, 2023



Fonte: Elaborado pelo autor.

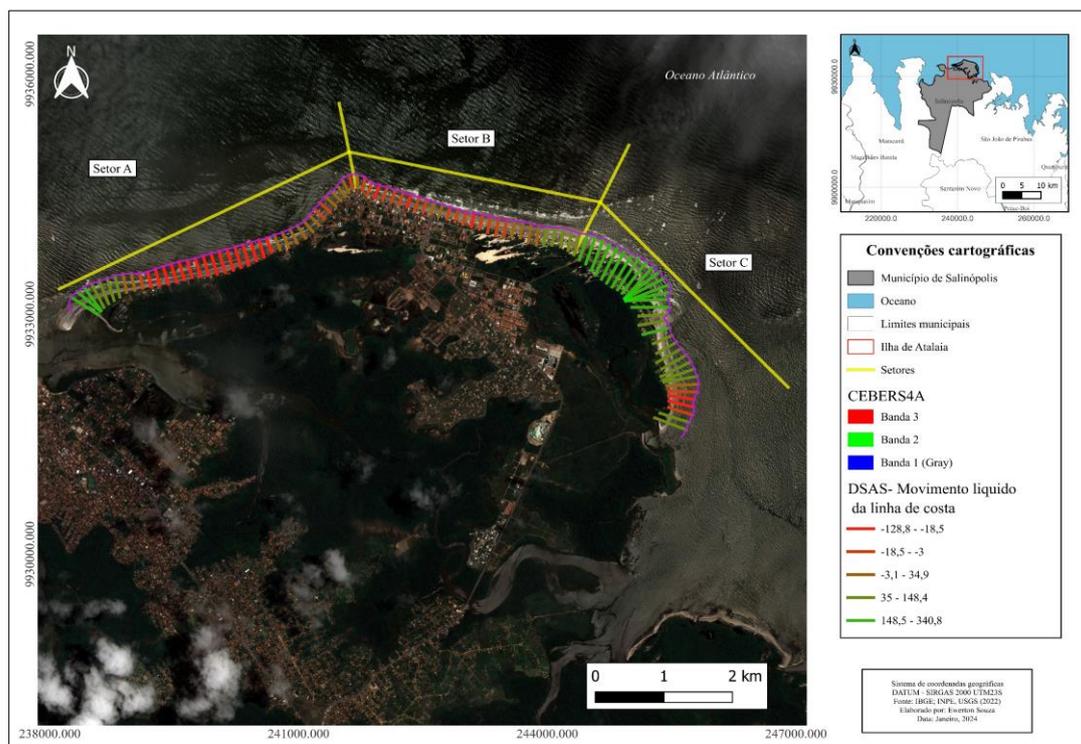
Verifica-se conformidade com a análise da LC, pois os transectos relacionados a variação erosivas (classificados em gradiente vermelho), estão consonância com os geoindicadores coletados em campo, principalmente na porção mesial da praia do Farol, nos pontos de coleta 05, onde foram identificados geoindicadores atrelados erosão severa (Figura 41).

A categoria de suscetibilidade moderada foi detectada a oeste da praia do Farol Velho, em áreas semiurbanizadas, e em certos locais na praia do Atalaia, onde a urbanização ainda é incipiente. Nestes pontos, há dunas com cobertura vegetal limitada ou inexistente, tornando-as mais vulneráveis aos fenômenos que promovem a erosão costeira. Uma faixa estreita de média susceptibilidade à erosão foi notada no leste da área analisada, em meio a zonas de baixa suscetibilidade, relacionada a um dos acessos à praia do Atalaia, onde o ambiente foi parcialmente alterado por construções urbanas. Verifica-se conformidade com a análise da LC, uma vez que as tonalidades próximas do amarelo, indicam uma variação de taxas moderadas.

Por outro lado, áreas com baixa susceptibilidade foram identificadas exclusivamente no leste da Ilha do Atalaia, região que demonstra uma maior preservação

ambiental, caracterizada por campos de dunas com vegetação de restinga desenvolvida, manguezais internos intactos e ausência de edificações urbanas. Verifica-se conformidade com a análise da LC, onde é evidente acumulação neste setor, representadas por coloração verde, as quais possuem variação de 35m a 340m (Figura 42).

Figura 42 - Movimento líquido da linha costa, ilha de Atalaia, 2002 a 2022.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.5 Proposições para estudos futuros

A análise da susceptibilidade à erosão na ilha de Atalaia, no município de Salinópolis, Pará, evidencia a necessidade de abordagens integradas e sustentáveis para a mitigação dos impactos erosivos. A partir dos dados obtidos, pode-se balizar medidas que visam a prevenção de danos à comunidade local e a preservação dos ecossistemas costeiros.

A revegetação das áreas mais suscetíveis à erosão deve ser considerada uma medida de contenção. Plantas nativas, como as espécies de restinga, têm raízes profundas que ajudam a estabilizar o solo e a reduzir a velocidade da erosão. A criação de cinturões verdes ao longo das zonas costeiras pode servir como uma barreira natural contra o avanço do mar, protegendo tanto o ambiente quanto as infraestruturas locais.

Além disso, a construção de infraestruturas verdes, como parques e áreas de lazer que incorporem a vegetação costeira, pode fornecer uma dupla função de recreação e proteção ambiental. A integração de espaços verdes nas áreas urbanas costeiras ajuda a mitigar os efeitos erosivos ao mesmo tempo em que melhora a qualidade de vida dos residentes.

O monitoramento contínuo da linha de costa é outra ação fundamental. A utilização de tecnologias de sensoriamento remoto e geoprocessamento permite acompanhar as mudanças na linha de costa em tempo real, possibilitando ações preventivas mais eficazes. Essa abordagem deve ser complementada com levantamentos periódicos em campo para validar os dados obtidos remotamente.

A educação e conscientização da comunidade local são igualmente importantes. Programas educacionais que informem sobre os riscos da erosão e as melhores práticas para a proteção costeira podem engajar a população na preservação do seu ambiente. A participação comunitária em projetos de revegetação e manutenção de áreas protegidas fortalece o vínculo entre os moradores e o meio ambiente.

Adicionalmente, a implementação de políticas públicas que restrinjam a construção em áreas de alta susceptibilidade à erosão é essencial. A legislação deve ser clara quanto às áreas onde a urbanização é permitida e onde é necessário preservar o ambiente natural. Essas políticas devem ser apoiadas por incentivos para o desenvolvimento sustentável e a utilização de materiais e técnicas de construção que minimizem o impacto ambiental.

A criação de um plano de gestão integrada para a ilha de Atalaia pode coordenar as ações de revegetação, construção de infraestruturas verdes, monitoramento e educação. Esse plano deve envolver diferentes setores da sociedade, incluindo órgãos governamentais, instituições de pesquisa, ONGs e a comunidade local, garantindo que todas as partes interessadas tenham voz no processo de tomada de decisão. A colaboração entre diferentes regiões costeiras enfrentando problemas semelhantes pode proporcionar uma troca valiosa de experiências e soluções. A criação de redes de cooperação entre municípios costeiros permite compartilhar conhecimentos, tecnologias e recursos, fortalecendo a capacidade de resposta às ameaças de erosão.

Não obstante, a pesquisa científica contínua é crucial para entender as dinâmicas costeiras e a eficácia das medidas implementadas. Estudos que explorem a resposta dos

ecossistemas às ações de mitigação e que identifiquem novas estratégias de proteção podem contribuir para o aprimoramento das práticas de gestão costeira.

Portanto, as proposições para a ilha de Atalaia devem focar em soluções baseadas na natureza e em abordagens integradas que contemplem a revegetação, construção de infraestruturas verdes, monitoramento contínuo, educação comunitária, políticas públicas claras e pesquisa científica contínua. Essas ações, coordenadas através de um plano de gestão integrada, têm o potencial de mitigar os impactos da erosão, proteger a comunidade local e preservar os ambientes costeiros.

Considerações finais

O estudo da paisagem realizado na Ilha de Atalaia, Salinópolis, PA, oferece uma visão abrangente da estrutura e funcionamento da paisagem local, evidenciando as dinâmicas de uso e cobertura do solo e suas implicações ecológicas e socioeconômicas. A análise identifica várias classes de uso e cobertura do solo, incluindo áreas urbanizadas, vegetação secundária, pastagens, florestas ombrófilas, manguezais arbóreos, formações campestres (restingas), áreas descobertas (praias, dunas, e extensões de areia) e corpos de água, destacando a diversidade e complexidade da paisagem da Ilha de Atalaia.

As principais unidades de paisagem identificadas na pesquisa foram: a) praia e pós-praia, b) dunas móveis, c) planície fluvio-marinha, d) rios (corpos hídricos), e) áreas urbanizadas e f) áreas descampadas. Estas unidades foram analisadas em laboratório e confirmadas in loco durante o trabalho de campo. A partir desta investigação, delineou-se os processos de funcionamento dessas paisagens, bem como de seus sistemas geocológicos.

A pesquisa revela uma expansão urbana, especialmente nas áreas costeiras sujeitas a fenômenos intensos, como erosão e desenvolvimento econômico desenfreado, muitas suprimindo a vegetação natural. Não obstante, as áreas de praia e pós-praia, dunas móveis, planícies fluvio-marinhas, e rios são fundamentais na manutenção da biodiversidade, estabilidade ecológica, e atividades econômicas locais, como o turismo. Estas unidades de paisagem, interconectadas e influenciadas por fatores naturais como clima, regime de marés, transporte eólico e correntes litorâneas, são essenciais para a ecologia costeira e atividades de lazer, enfrentando desafios como a erosão costeira que impacta diretamente sua integridade e funcionalidade.

As análises das áreas durante o processamento das imagens permitiram a investigação dos processos ocorrentes na LC da ilha de Atalaia em dois períodos. O primeiro de 2002 a 2013 e outro de 2013 a 2022. O estudo das áreas progradacionais e retrogradacionais da área apontam uma mudança no Setor B e C, sendo identificado nessa área um significativo recuo e um avanço da LC, respectivamente. Embora, em termos constata-se que houve o predomínio geral da progradação da linha de costa da ilha de Atalaia. Os dados demonstram que ocorreu um total de 230.546 m² de áreas onde o fenômeno erosivo atuou com taxa anual de 11.527 m². No mesmo sentido, o recuo linear

médio, no intervalo considerado, foi de 87,80m, traduzido por uma taxa de 4,39 m/ano. Em contrapartida, as áreas de avanço da linha de costa somaram um total de 825.719m² a uma taxa média anual de 41.285m²/ano.

As análises dos geoindicadores em campo permitiram a compreensão de processos dinâmicos que não são perceptíveis durante a investigação em laboratório. No setor A (praia do farol) identificou-se processos de erosão severa que se estendem por grande parte deste setor. No setor B (praia do Atalaia), a densidade das vias municipais e a estruturação do terreno apontam para uma maior ocupação e, possivelmente, uma maior influência antrópica sobre a linha de costa. Isso pode resultar em uma dinâmica costeira alterada, com processos de erosão ou acumulação influenciados pela intervenção humana, como construções e outras modificações do ambiente natural. No setor C (praia da Sofia), as tendências de progradação foram corroboradas em campo, vide que esta área possui pouca interferência humana na LC, e suas características estão em conformidade com o funcionamento da paisagem local com processos, possivelmente, relacionados a regulação biológica desta área.

O presente estudo explorou a dinâmica costeira na Ilha do Atalaia, Salinópolis, Pará, oferecendo uma perspectiva sobre os processos de erosão costeira e as transformações ambientais ocorridas entre 2002 e 2022 combinando os estudos de geocologia da paisagem e análises espaciais de erosão costeira. A metodologia adotada, centrada na análise de geoindicadores e no monitoramento da linha de costa, provou ser eficaz no discernimento das complexidades envolvidas na interação entre as forças naturais e a atividade humana. Esta abordagem permitiu não apenas um mapeamento detalhado das mudanças físicas na região, mas também uma compreensão mais profunda dos impactos socioambientais resultantes.

Os dados coletados e analisados revelam tendências de erosão nos setores A e B e mudanças na paisagem costeira, trazendo à tona a necessidade urgente de estratégias de gestão costeira mais efetivas e sustentáveis. A pesquisa destaca a importância de uma abordagem integrada que considere tanto os aspectos físicos quanto os socioeconômicos para mitigar os impactos adversos sobre as comunidades locais e o ecossistema.

Investigações futuras poderiam se concentrar em avaliar a eficácia das medidas de gestão costeira implementadas e explorar novas estratégias que alinhem a preservação ambiental com o desenvolvimento sustentável. Além disso, estudos longitudinais que

continuem a monitorar as mudanças na Ilha do Atalaia forneceriam dados valiosos para avaliar a evolução a longo prazo da linha de costa e a eficácia das políticas de gestão costeira.

Em suma, a pesquisa representa contribuições no estudo da dinâmica costeira no nordeste paraense e serve como um chamado à ação para a adoção de práticas de gestão costeira mais robustas e baseadas em evidências. Através de uma combinação de pesquisa rigorosa, análise crítica e perspectivas orientadas para o futuro, este trabalho contribui para o campo da geografia costeira e para a formulação de políticas de gestão ambiental sustentável.

Referências

AB'SABER, Aziz Nacib. Geografia e planejamento. *Revista de História*, v. 39, n. 80, p. 257-271, 1969.

AIROLDI, L., Abbiati, M., Beck, M.W., Hawkins, S.J., Jonsson, P.R., Martin, D., Moschella, P., Sundelof, A., Thompson, R.C. E Aberg, P. (2005). An Ecological Perspective on The Deployment and Design Of Low-Crested And Other Hard Coastal Defence Structures. *Coastal Engineering*, 52. Disponível Em: <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2005.09.007>. Acesso Em: 10 jan. 2017.

AMARAL, Dário Dantas Do Et Al. Restingas Do Litoral Amazônico, Estados Do Pará E Amapá, Brasil. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 2008.

APOSTOLOPOULOS, Dionysios; NIKOLAKOPOULOS, Konstantinos. A Review and Meta-Analysis Of Remote Sensing Data, GIS Methods, Materials And Indices Used For Monitoring The Coastline Evolution Over The Last Twenty Years. *European Journal Of Remote Sensing*, V. 54, N. 1, P. 240-265, 2021.

ARIZA, Camila Guedes; ARAÚJO NETO, Mário Diniz de. Contribuições da geografia para avaliação de impactos ambientais em áreas urbanas, com o emprego da metodologia Pressão-Estado Impacto-Resposta (PEIR). 2010.

BARRETO, Cairo Eduardo Carvalho; DA SILVA PIMENTEL, Marcia Aparecida. O Risco Socialmente Construído Em Uma Cidade Da Zona Costeira Amazônica, Dinâmica Ambiental E Ocupação Do Solo Em Vigia De Nazaré/PA, Brasil. *Brazilian Journal Of Environmental Sciences (RBCIAMB)*, V. 58, N. 2, P. 192-202, 2023.

BERTRAND, G. Paisagem E Geografia Física Global: Esboço Metodológico. *Caderno De Ciências Da Terra*. São Paulo: Instituto De Geografia, USP, 1971.

BERTRAND, Georges et al. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. São Paulo: USP, 1972.

BINDA, A. L. Geomorfologia Urbano-Ambiental. *Rev. Geografia E Pesquisa*, Ourinhos, V.2, N.1, P. 57-67, 2008.

Blanco, Breno Dos Santos; Souza, Wendel Patrick Costa; Da Luz, Luziane Mesquita. Analysis Of The Coastal Dynamics On The Edges Of Murubira And Ariramba, Mosqueiro Island–Belém (Pa), Through Geoindicators/Análise Da Dinâmica Costeira Nas Orlas Do Murubira E Ariramba, Ilha De Mosqueiro–Belém (Pa), Através De Geoindicadores. *William Morris Davis-Revista De Geomorfologia*, V. 4, N. 1, P. 1-27, 2023.

BOAK, Elizabeth H.; TURNER, Ian L. Shoreline Definition and Detection: A Review. *Journal Of Coastal Research*, V. 21, N. 4, P. 688-703, 2005.

BOJORGE-GARCÍA, Miriam G.; CANTORAL URIZA, Enrique A. A importância ecológica das algas nos rios. *Hidrobiológico*, v. 26, não. 1 pág. 1-8, 2016.

BONILHA, Giovane De Oliveira. Zoneamento Geoambiental Mediante Aplicação Da Geoecologia De Paisagens: Ordenamento Territorial Do Município Do Rio Grande/RS. 2019. Dissertação De Mestrado. FURG.

BONNA, J. L. Mapeamento Pedológico E De Suscetibilidade Erosiva No Alto Córrego Prata (Ouro Preto-MG). 2011. 119 F. Dissertação (Mestrado Em Geografia) – Universidade Federal De Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

BORGES, L. A. C; REZENDE, J. L. P E COELHO JÚNIOR, L. M. Aspectos Técnicos E Legais Que Fundamentam O Estabelecimento Das APP Nas Zonas Costeiras – Restingas, Dunas E Manguezais. *Revista Da Gestão Costeira Integrada* 9(1), P. 39-56, 2009. 18p.

Braga, F. P. S. (2007) – Morfologia E Sedimentologia Da Praia De Macromaré De Ajuruteua, Pará: Um Estudo Para Definição De Índices De Sensibilidade Ambiental Ao Derramamento De Óleo. 116p., Dissertação De Mestrado, Instituto De Geociências, Universidade Federal Do Pará, Belém, PA, Brasil. Disponível Em: [Http://Www.Cprm.Gov.Br/Publique/Media/Mestre_Francisca_Braga.Pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/Media/Mestre_Francisca_Braga.Pdf). Acesso Em: janeiro De 2014.

BRAGA, Ronaldo Cruz; PIMENTEL, Márcia Aparecida Silva. Índice De Vulnerabilidade Diante Da Variação Do Nível Do Mar Na Amazônia: Estudo De Caso No Município De Salinópolis-Pará (Index Of Vulnerability Faced With The Variation Of The Sea Level In The Amazon: Case Study In The Municipality Of Salinópolis-Pará). *Revista Brasileira De Geografia Física*, V. 12, N. 2, P. 534-561, 2019.

BRASIL, COSTEIRA NO. Panorama Da Erosão Costeira No Brasil. 2018.

BRASIL. Lei Nº 7.661, De 16 De Maio De 1988. Dispõe Sobre O Plano Nacional De Gerenciamento Costeiro (PNGC). Disponível Em: [Www.Planalto.Gov.Br](http://www.planalto.gov.br). Acesso Em: 12 Dez. 2022.

BRASIL. Ministério Do Meio Ambiente; Ministério Do Planejamento, Orçamento E Gestão. PROJETO ORLA: Fundamentos Para Gestão Integrada. Brasília: MMA/SQA; Brasília: MP/SPU, 2006. 73p.

BRITO, Francinete Maria Oliveira De. Salinópolis-Pa: (Re) Organização Socioespacial De Umlugar Atlântico-Amazônico. Florianópolis: UFSC (Dissertação De Mestrado), 2004. 121p.

BRUUN, Per. Design and Construction of Mounds For Breakwaters And Coastal Protection. Elsevier, 2013.

BULHÕES, Eduardo. Erosão Costeira E Soluções Para A Defesa Do Litoral. MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, FM; PINHEIRO, L. Geografia Marinha: Oceanos E Costas Na Perspectiva De Geógrafos. Rio De Janeiro: PGGM, P. 655-688, 2020.

BUSH, David M. Et Al. Utilization of Geoindicators for Rapid Assessment Of Coastal-Hazard Risk And Mitigation. *Ocean & Coastal Management*, V. 42, N. 8, P. 647-670, 1999.

CALLIARI, Lauro Júlio Et Al. Morfodinâmica Praial: Uma Breve Revisão. *Revista Brasileira De Oceanografia*, V. 51, P. 63-78, 2003.

CARAPUÇO, Mafalda Marques et al. Coastal geoindicators: Towards the establishment of a common framework for sandy coastal environments. *Earth-Science Reviews*, v. 154, p. 183-190, 2016.

CARNEIRO, M. C. S. M.; COUTINHO, N. P. Tecnologias Da Geoinformação No Monitoramento Da Erosão Costeira - Estudo A Partir De Olinda. 2003. Dissertação (Mestrado Em Gestão E Políticas Ambientais) - Universidade Federal De Pernambuco, Recife, 2003.

CARVALHO, F. S.; Oliveira, M. R. Análise Geográfica da Ilha de Atalaia: Um Estudo de Caso em Salinópolis, Pará. *Revista Geográfica Brasileira*, v. 14, n. 2, p. 87-102, 2021.

CARVALHO, J. C. (Org). Processos Erosivos No Centro Oeste Brasileiro. Brasília, DF: UNB, FINATEC, 2006. 464p.

CPTEC. Banco De Dados Meteorológico (Modelo WWATCH). São Paulo, SP, Brasil. 2013. Disponível Em: [Http://Bancodedados.Cptec.Inpe.Br](http://Bancodedados.Cptec.Inpe.Br). Acesso Em: janeiro De 2024.

DA COSTA, Adênio Miguel Silva; DE LIMA, Aline Maria Meiguins; DE ANDRADE, Milena Marília Nogueira. Alterações Na Paisagem E Seus Efeitos Sobre As Áreas De Preservação Permanente Em Bacias Hidrográficas No Nordeste Do Estado Do Pará. *Revista Brasileira De Geografia Física*, V. 12, N. 07, P. 2729-2740, 2019.

DA SILVA RODRIGUES, Hygson Et Al. Vulnerabilidade Econômica: Produto Da Erosão Costeira Em Ajuruteua-Bragança/PA. *Research, Society And Development*, V. 10, N. 16, P. E109101623822-E109101623822, 2021.

DE AGUIAR, Ponciana Freire Et Al. Mudanças Morfológicas Na Linha De Costa Das Praias De Almofala E Da Barreira Em Médio Período (1958-2004) Utilizando Técnicas De Sensoriamento Remoto. *REVISTA GEONORTE*, V. 3, N. 5, P. 1612–1623-1612–1623, 2012.

DE FARIAS, Eduardo Guilherme Gentil; MAIA, Luís Parente. Uso de técnicas de geoprocessamento para a análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos

do Estado do Ceará, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management*, v. 10, n. 4, p. 521-544, 2010.

DE FRANÇA, Carmena Ferreira Et Al. Erosão Da Orla Costeira Grande-Bispo, Ilha De Mosqueiro, Belém-PA, Através Da Análise De Indicadores. *Geografia Ensino & Pesquisa*, P. E20-E20, 2020.

DE GOUVEIA SOUZA, Celia Regina. A Erosão Costeira E Os Desafios Da Gestão Costeira No Brasil. *Revista De Gestão Costeira Integrada-Journal Of Integrated Coastal Zone Management*, V. 9, N. 1, P. 17-37, 2009.

DE OLIVEIRA ESTEVES, Cláudio Jesus. Risco E Vulnerabilidade Socioambiental: Aspectos Conceituais. *Caderno IPARDES-Estudos E Pesquisas*, V. 1, N. 2, P. 62-79, 2011.

DE OLIVEIRA, Ulisses Rocha Et Al. Análise Da Dinâmica Praial Após A Deposição De Lama Em 2014 Na Praia Do Cassino (RS, Brasil) Utilizando Aeronave Remotamente Pilotada. *Revista Brasileira De Geomorfologia*, V. 21, N. 3, 2020.

DE SOUZA NEGRÃO, Yago; SOUSA, Herilene Chaves; RANIERI, Leilane Almeida. Vulnerabilidade À Erosão Costeira Em Praias Amazônicas E A Ocupação Populacional Em Áreas De Riscos. *Revista Brasileira De Geomorfologia*, V. 23, N. 2, P. 1264-1284, 2022.

DE SOUZA NEGRÃO, Yago; SOUSA, Herilene Chaves; RANIERI, Leilane Almeida. Vulnerabilidade À Erosão Costeira Em Praias Amazônicas E A Ocupação Populacional Em Áreas De Riscos. *Revista Brasileira De Geomorfologia*, V. 23, N. 2, P. 1264-1284, 2022.

DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação). Tábuas de maré. Disponível em: <https://Www.Marinha.Mil.Br/Chm/Dados-Do-Segnav-Publicacoes/Tabuas-Das-Mares> . Acesso em: 29 de outubro de 2023.

EL-ROBRINI, M. Et Al. Pará. In: MUEHE, D. (Org.). *Panorama Da Erosão Costeira No Brasil*. Ministério Do Meio Ambiente, Secretaria De Recursos Hídricos E Qualidade Ambiental, Departamento De Gestão Ambiental Rural, Brasília, DF, 2018. P. 759.

FILGUERAS, A. S.; SILVA, T. S. da; CORRÊA, I. C. S. Impactos do Aumento do Nível do Mar e Ocupação do Solo sobre Zonas Úmidas Costeiras: Metodologia Aplicada à Baía da Babitonga (SC). *Sociedade & Natureza*, [s.l.], 2023. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/download/69403/37200>. Acesso em: 08 de fev. 2024.

FORBES, D. L.; LIVERMAN, D. G. E. Geological Indicators in The Coastal Zone. In: BERGER, A. R.; IAMS, W. J. (Ed.). *Geoinicators. Assessing Rapid Environmental Changes in Earth Systems*. Rotterdam (Holanda): A. A. Balkema, 1996. P. 175-192.

FRANÇA, C. F. Et. Al. Dinâmica Costeira Através Da Análise De Indicadores. Estudos De Caso: Ilhas De Mosqueiro, Cotijuba, Marajó E Ajuruteua (Brasil), Beira (Moçambique) E Santiago De Cuba. Ananindeua, PA: Editora Itacaiúnas, 2022.

FRANÇA, C. F.; SILVA, R. R. P.; FERREIRA JÚNIOR, J. L. A.; ARAÚJO, F. A. Erosão Da Orla Costeira Grande-Bispo, Ilha De Mosqueiro, Belém-PA, Através Da Análise De Indicadores. Revista Geografia Ensino & Pesquisa, V. 24, E20, 2020 (Disponível Em <https://Periodicos.Ufsm.Br/Geografia/Article/View/33940>).

FRANÇA, C. F.; SOUZA FILHO, P. W. M. Análise Das Mudanças Morfológicas De Médio Período Na Margem Leste Da Ilha De Marajó (PA) Em Imagem Landsat. Revista Brasileira De Geociências, V. 33, N. 2 (Suplemento), P. 127-136, 2003.

FRITZEN, Maycon; BINDA, Andrey Luis. Alterações no ciclo hidrológico em áreas urbanas: cidade, hidrologia e impactos no ambiente. Ateliê Geográfico, v. 5, n. 3, p. 239-254, 2011.

FURTADO, Ana Maria Medeiros; DA PONTE, Franciney Carvalho. Mapeamento De Unidades De Relevô Do Estado Do Pará. Revista Geoamazônia, V. 1, N. 02, P. 56-67, 2014.

GALERA, R. A. et al. Impactos locais das mudanças climáticas na Zona Costeira do estado de São Paulo-Brasil. Contribuciones a las Ciencias Sociales, [s.l.], 2023. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/2381>. Acesso em: 08 de fev. 2024.

GONÇALVES, Márcia Lobo Et Al. Característica Temporal Da Precipitação No Período De 2012-2013 Em Cuiarana-Salinópolis, Região Nordeste Do Estado Do Pará. Monografia (Bacharelado Em Meteorologia) – Faculdade De Meteorologia, Universidade Federal Do Pará, P. 27. 2014.

GUTIERREZ, Carlos Benedito Barreiros Et Al. Disposição A Pagar Pelo Uso E Conservação De Um Lago No Cenário Amazônico: O Caso Do Lago Da Coca-Cola, Salinópolis-Pará. Revista ESPACIOS| Vol. 37 (Nº 19) Año 2016, 2016.

HAYASHI, Sanae N. Et Al. Status of Mangroves Land Use on The Brazilian Amazon Coast From Rapideye Imagery And GEOBIA Approach. Anais Da Academia Brasileira De Ciências, V. 95, P. E20210468, 2023.

HAYASHI, Sanae N. et al. The effect of anthropogenic drivers on spatial patterns of mangrove land use on the Amazon coast. PLoS One, v. 14, n. 6, p. e0217754, 2019.

HIMMELSTOSS, Emily A. Et Al. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.0 User Guide. US Geological Survey, 2018.

HIMMELSTOSS, Emily Et Al. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.0 User Guide. US Geological Survey, 2018.

HIRATA, Ricardo et al. Coqueiral: uma proposta metodológica para solucionar o problema de salinização do Sistema Aquífero da Planície do Recife (PE). 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico 2010. Rio De Janeiro: IBGE, 2010.

KOMAR, Paul D. CRC Handbook of Coastal Processes And Erosion. 1983.

LIMA, D. da C. A; et al. AS PAISAGENS DA ZONA COSTEIRA DO MARANHÃO: O CASO DOS MUNICÍPIOS DE ROSÁRIO, AXIXÁ E ICATU. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 24, n. 93, p. 246–260, 2023. DOI: 10.14393/RCG249365004. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/65004> . Acesso em: 4 mar. 2024.

LIMBERGER, L. Abordagem Sistêmica E Complexidade Na Geografia. Geografia – V. 15, Nº 2, Jul/Dez, 2006.

LINS-DE-BARROS, F. M. Risco E Vulnerabilidade À Erosão Costeira No Município De Maricá, Rio De Janeiro. Dissertação (Mestrado Em Geografia). Programa De Pós-Graduação Em Geografia, Rio De Janeiro, 2005.

LINS-DE-BARROS, Flavia Moraes. Análise Integrada Da Vulnerabilidade Costeira E Riscos Associados. In: Anais Do VI Congresso Planejamento E Gestão Das Zonas Costeiras Dos Países De Expressão Portuguesa. Ilha De Boa Vista, Cabo Verde, CD-ROM. 2011.

LINS-DE-BARROS, Flavia Moraes; MILANÉS, C. Os Limites Espaciais Da Zona Costeira Para Fins De Gestão A Partir De Uma Perspectiva Integrada. Gestão Ambiental E Sustentabilidade Em Áreas Costeiras E Marinhas: Conceitos E Práticas, V. 1, P. 22-50, 2020.

MÁCOLA, Gilberto; EL-ROBRINI, Maâmar. Ilha Dos Guarás (Mariteua)-Município De Curuçá (NE Do Pará): Aspectos Físicos, Meteorológicos E Oceanográficos. Belém: Convênio Departamento Nacional De Produção Mineral/Companhia De Pesquisas De Recursos Minerais, 2004.

MAIDJELELE, Gudo Bai Armando. Proposta de abordagem integrada para gestão ambiental da planície fluvio-marinha do rio Pungué, no município da Beira/Moçambique. 2016.

MARINHO, R. 2009. Faces Da Expansão Urbana Em Salinópolis, Zona Costeira Do Estado Do Pará. Dissertação De Mestrado, Programa De Pós-Graduação Em Geografia Do Instituto De Filosofia E Ciências Humanas Da Universidade Federal Do Pará. Belém.

MARINO, Márcia Thelma Rios Donato; FREIRE, George Satander Sé; HORN FILHO, Norberto Olmiro. Aspectos geológicos e geomorfológicos da zona costeira entre as praias do Futuro e Porto das Dunas, região metropolitana de Fortaleza, (RMF), Ceará, Brasil. 2012.

MARTINI, L. C. P.; UBERTI, A. A. A.; SCHEIBE, L. F.; COMIN, J. J.; OLIVEIRA, M. A. T. Avaliação Da Suscetibilidade A Processos Erosivos E Movimentos De Massa: Decisão Multicriterial Suportada Em Sistemas De Informações Geográficas. Geol. USP Sér. Cient., São Paulo, V. 6, N. 1, P. 41-52, jul. 2006.

MARTINS, K. A.; DE SOUZA PEREIRA, P.; PEREIRA LINO, A.; MIKOSZ GONÇALVES, R. DETERMINAÇÃO DA EROÇÃO COSTEIRA NO ESTADO DE PERNAMBUCO ATRAVÉS DE GEOINDICADORES. Revista Brasileira de Geomorfologia, [S. l.], v. 17, n. 3, 2016. DOI: 10.20502/rbg.v17i3.854. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/854> . Acesso em: 4 mar. 2024.

MARTINS, Karoline Angélica Et Al. Determinação Da Erosão Costeira No Estado De Pernambuco Através De Geoindicadores. Revista Brasileira De Geomorfologia, V. 17, N. 3, 2016.

MARTINS, Karoline Angélica et al. Determinação da erosão costeira no Estado de Pernambuco através de geoindicadores. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 17, n. 3, 2016.

MAZZER, Alexandre M.; DILLENBURG, Sergio R.; SOUZA, CR De G. Proposta De Método Para Análise De Vulnerabilidade À Erosão Costeira No Sudeste Da Ilha De Santa Catarina, Brasil. Revista Brasileira De Geociências, V. 38, N. 2, P. 278-294, 2008.

MEIRELES, A. J. De A.; SILVA, E. V. Da; THIERS, P. R. L. OS CAMPOS DE DUNAS MÓVEIS: FUNDAMENTOS DINÂMICOS PARA UM MODELO INTEGRADO DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DA ZONA COSTEIRA. GEOUSP Espaço E Tempo (Online), [S. L.], V. 10, N. 1, P. 101-119, 2006. DOI: 10.11606/Issn.2179 0892.Geosp.2006.74010. Disponível Em: <https://Www.Revistas.Usp.Br/Geosp/Article/> Acesso Em: 05 jan. 2024.

MELO, Paulo Alves. Apropriação Da Natureza E Sensibilidade Ambiental De Paisagens Costeiras: Proposições Para A Gestão Ambiental Da Urbana De Salinópolis-PA. Belém, 2008, 96p. Dissertação De Mestrado, Universidade Federal Do Pará.

MENDES, Amílcar Carvalho E SILVA, Márcio Souza. Diagnóstico Geoambiental Da Ilha Do Atalaia-Salinópolis/PA. IV Congresso Da Associação Brasileira De Estudos Do Quaternário E Reunião Sobre O Quaternário Da América Do Sul. Resumos Expandidos. P. 357-361. Curitiba, 1997.

MENDES, Amílcar Carvalho E SILVA, Márcio Souza. Diagnóstico Geoambiental Da Ilha Do Atalaia-Salinópolis/PA. IV Congresso Da Associação Brasileira De Estudos Do Quaternário E Reunião Sobre O Quaternário Da América Do Sul. Resumos Expandidos. P. 357-361. Curitiba, 1997.

MISHRA, M. Et Al. The Development And Research Trend Of Using Dsas Tool For Shoreline Change Analysis: A Scientometric Analysis. Journal Of Urban And Environmental Engineering, V. 14, P. 69-77, 2020. Disponível Em: <https://doi.org/10.4090/juee.2020.v14n1.069077>.

MMA – Ministério Do Meio Ambiente. 2002. Projeto Orla: Fundamentos Para Gestão Integrada. Ministério Do Meio Ambiente, Secretaria De Patrimônio Da União. Brasília, DF. 2002. CDU 502.63(210.5):504.06

MMA - Ministério Do Meio Ambiente. 2018. PROCOSTA, Programa Nacional Para Conservação Da Linha De Costa. Ministério Do Meio Ambiente, Secretaria De

MONTEIRO, C. A. F. Geossistemas, A História De Uma Procura. São Paulo. Contexto, 2000.

MONTEIRO, Sergiomar Villanova. A Reorganização Espacial De Salinópolis A Partir De Sua Transformação Em Estância Hidromineral (1967 A 1986). UFPA - Campos Universitário De Bragança, 1993. 65p.

MONTENEGRO, S. M. G. L. Et Al. Águas Subterrâneas Na Zona Costeira Da Planície Do Recife (PE): Evolução Da Salinização E Perspectivas De Gerenciamento. Revista Brasileira De Recursos Hídricos, V. 14, N. 3, P. 81-93, 2009.

MUEHE, D. (Org.). Panorama Da Erosão Costeira No Brasil. 1.Ed. Brasília: MMA, 2018. 759 P.

MUEHE, D. (Org.) Erosão E Progradação Do Litoral Brasileiro. 1.Ed. Brasília: MMA, 2006. 4 6p.

MUEHE, D. (Org.). Nicolodi, J. L. Geomorfologia. In: ZAMBONI, A.; NICOLODI, J. L. (Orgs.). Macrodiagnóstico Da Zona Costeira E Marinha Do Brasil. Brasília: Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente E Dos Recursos Naturais Renováveis, 2008. P. 23-41.

MUEHE, D. C. E. H. Et Al. Erosão E Progradação Do Litoral Brasileiro. Brasília: Ministério Do Meio Ambiente, V. 1, P. 475, 2006.

MUEHE, D. Critérios Morfodinâmicos Para O Estabelecimento De Limites Da Orla Costeira Para Fins De Gerenciamento. Revista Brasileira De Geomorfologia, V. 2, N. 1, P. 35-43, 2001.

MUEHE, D. O Litoral Brasileiro E Sua Compartimentação. In: Cunha, S.B., Guerra, A.J.T. (Orgs.). Geomorfologia Do Brasil. 4. Ed. Rio De Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. P. 273-349.

MUEHE, Dieter (Org.). NICOLODI, João Luiz. Geomorfologia. In: ZAMBONI, Ademilson;NICOLODI, João Luiz (Org). Macrodiagnóstico Da Zona Costeira E Marinha Do Brasil. Brasília: Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente E Dos Recursos Naturais Renováveis, 2008. P.23-41.

MUEHE, Dieter. Aspectos Gerais Da Erosão Costeira No Brasil. Mercator-Revista De Geografia Da UFC, V. 4, N. 7, P. 97-110, 2005.

NEVES, C. E. D. O Uso Do Geossistema No Brasil: Legados Estrangeiros, Panorama Analítico E Contribuições Para Uma Perspectiva Complexa. São Paulo (Brasil): Repositório Digital Da Universidade Estadual Paulista (UNESP) (Dissertação De Mestrado), 2019.

NEVES, S. C. R.; FRANÇA, C. F.; SILVA, R. R. P. Morfologia E Dinâmica Da Orla Costeira Do Marau, Ilha De Mosqueiro, Belém, Pará. Geosul, V.34, N. 73, P. 107- 125, dez. 2019.

NORDSTROM, Karl F. Cyclic And Seasonal Beach Response: A Comparison Of Oceanside And Bayside Beaches. Physical Geography, V. 1, N. 2, P. 177-196, 1980.

OLIVEIRA, Deilsa Soares; SENNA, Cristina Do Socorro Fernandes De. Diversidade E Composição De Paleomangues Holocênicos Da Costa Norte Amazônica. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA DO MUSEU GOELDI, 11., 2003, Belém. Livro De Resumos. Belém, MPEG, 2003

OLIVEIRA, W. S. de. Evolução no Uso e Ocupação das Falésias na Comunidade de Redonda no Município de Icapuí-CE: Aspectos Socioambientais. [s.l.]: Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, 2023. Disponível em: <https://www.uern.br/controladepaginas/ppgeo-dissertacoes/arquivos>. Acesso em: 08 de fev. 2024.

PARÁ, Secretaria Do Estado De Meio Ambiente E Sustentabilidade. Lei N° 9.064, De 25 De Maio De 2020, Estabelece A Política Estadual De Gerenciamento Costeiro (PGEC/PA). Disponível Em: <https://Www.Semas.Pa.Gov.Br/Legislacao/Files/Pdf/6556.Pdf> . Acesso Em: 16 de dez. 2022.

PASSERI, Davina L. et al. The dynamic effects of sea level rise on low-gradient coastal landscapes: A review. Earth's Future, v. 3, n. 6, p. 159-181, 2015.

PEREIRA, C. B.; ANDRADE, M. M. N. Geodiversidade Na Zona Costeira Do Pará: Mapeamento E Análise Dos Serviços Ecossistêmicos Em Salinópolis, PA. In: SEABRA,

G. (Org.). Terra: Paisagens & Sociobiodiversidade (Vol. 2, Pp. 277-289). Ituiutaba: Barlavento, 2023.

PICANÇO, Maria Do Socorro Monteiro. Formas De Relevo E Dinâmica Costeira Em São Caetano De Odivelas (PA). 2013. 103 F. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Do Pará, Instituto De Filosofia E Ciências Humanas, Belém, 2013. Programa De Pós-Graduação Em Geografia.

PINHEIRO, César Di Paula Da Silva; ROSA, Amanda Gama; SOUSA, Adriano Marlisom Leão De. Análise Dos Impactos Socioambientais Na Zona Costeira Do Município De Salinópolis/PA. *Drd – Desenvolvimento Regional Em Debate*, V. 10, P. 222-244, 2020. Disponível Em: <Http://Repositorio.Ufra.Edu.Br/Jspui/Handle/123456789/1023>. Acesso Em: 20 de janeiro de 2024.

PROJETO ORLA. Guia De Implementação/ Ministério Do Meio Ambiente, Ministério Do Planejamento, Orçamento E Gestão. Brasília: MMA, 2007. 36p.

RADAMBRASIL, Projeto. Levantamento De Recursos Naturais. Ministério Das Minas E Energia, Departamento Nacional Da Produção Mineral, Projeto Radambrasil, 1973.

RANIERI, Leilanne A.; MAÂMAMAR, EL-ROBRINI. Evolução Da Linha De Costa De Salinópolis, Nordeste Do Pará, Brasil. *Pesquisas Em Geociências*, V. 42, N. 3, P. 207-226, 2015.

RANIERI, Leilanne Almeida; EL-ROBRINI, Maâmar. Condição Oceanográfica, Uso E Ocupação Da Costa De Salinópolis (Setor Corvina–Atalaia), Nordeste Do Pará, Brasil. *Revista De Gestão Costeira Integrada-Journal Of Integrated Coastal Zone Management*, V. 16, N. 2, P. 133-146, 2016.

RANIERI, Leilanne Almeida; EL-ROBRINI, Maâmar. Morfologia E Sedimentação Em Praias Oceânicas Da Amazônia Oriental Durante A Variação Anual De Chuvas. *Revista Brasileira De Geografia Física*, V. 13, N. 05, P. 2086-2102, 2020.

REIS, CHRISTIANNE MARIA MOURA. DASHBOARD SUSTAINABILITY NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS JAGUARIBE, CABELO E CUIÁ NA CIDADE DE JOÃO PESSOA (PB). *Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental*, Departamento De Gestão Ambiental Territorial. Brasília, DF. 2018. ISBN: 978-85-7738-362-7.

RODRIGUES, Elisangela Ronconi. Práticas em recuperação de áreas degradadas. Editora Senac São Paulo, 2023.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. D.; CAVALCANTI, A. P. B. *Geocologia Da Paisagem: Uma Visão Geossistêmica Da Análise Ambiental*. Fortaleza: EDUFC, 2004

RODRIGUEZ, José Manuel Mateo; DA SILVA, Edson Vicente. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. *Mercator*, v. 1, n. 1, 2002.

RODRIGUEZ, José Manuel Mateo; SILVA, Edson Vicente Da; CAVALCANTI, Agostinho de Paula Brito. *Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental*. Imprensa Universitária, 2022.

ROLLNIC, M.; ROSÁRIO, R. P. Tide Propagation In Tidal Courses Of The Pará River Estuary, Amazon Coast, Brazil. *Proceedings 12th International Coastal Symposium (Plymouth, England), Journal Of Coastal Research, Special Issue No. 65, Pp. 1581–1586, ISSN 0749-0208, 2016. Disponível Em: https://Consensus.App/Papers/Tide-Propagation-Tidal-Courses-Pará-River-Amazon-Coast-Rollnic/76e387860a925925a7fa6a2f0b689d1f/?Utm_Source=Chatgpt. Acesso Em: 20 De janeiro, 2024.*

ROSA, Amanda Gama Et Al. Avaliação Da Dinâmica De Ocupação Da Terra Em Salinópolis/PA Com Base No Modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR). *Revista Ibero-Americana De Ciências Ambientais*, V. 12, N. 7, P. 414-432, 2021.

ROSA, Amanda Gama. *Dinâmica Da Ocupação Da Terra E Sua Influência Na Suscetibilidade À Erosão Em Salinópolis - PA, Brasil*. Orientador: Adriano Marlison Leão De Sousa. 2022. 169 F. Tese (Doutorado Em Ciências Ambientais) – Universidade Federal Do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária, Instituto De Geociências, Programa De Pós-Graduação Em Ciências Ambientais. Belém, 2022. Disponível Em: <https://Repositorio.Ufpa.Br/Jspui/Handle/2011/15853>. Acesso Em: 05 de janeiro, 2024.

Roso, R.H., 2002. *Avaliação Da Aplicabilidade De Conceitos De Morfodinâmica De Praia No Planejamento De Desembarque De Anfíbios*. MS Dissertation - Universidade Federal Do Rio De Janeiro, Rio De Janeiro, 179p.

RUDORFF, F. M.; BONETTI, J. Avaliação Da Suscetibilidade À Erosão Costeira De Praias Da Ilha De Santa Catarina. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, Itajaí, V. 14, N. 1, P. 9-20, 2010.

SANTOS, C. D., & Souza, R. M. (2022). Interação entre processos naturais e ocupação humana na dinâmica da erosão costeira: uma análise em municípios do Nordeste do Pará. *Revista de Geografia Aplicada*, 8(2), 45-58.

SARMENTO, Jane Carla Dos Santos. *Unidades Geoambientais Da Ilha Do Atalaia: Uma Contribuição Para O Planejamento Ambiental Do Município De Salinópolis-PA*. Orientadora: Márcia Aparecida Da Silva Pimentel; Coorientador: Eder Mileno Silva De Paula. 2021. 69 F. Dissertação (Mestrado Em Geografia) - Instituto De Filosofia E Ciências Humanas, Universidade Federal Do Pará, Belém, 2021. Disponível Em: [Http://Repositorio.Ufpa.Br:8080/Jspui/Handle/2011/15369](http://Repositorio.Ufpa.Br:8080/Jspui/Handle/2011/15369). Acesso Em: 05 jan. 2024.

SEGUNDO, G. H. C. (2007) – Processos Oceanográficos Na Região Costeira E Estuarina Do Rio Caeté, Pará, Brasil. 139p., Dissertação De Doutorado, Instituto De Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil. Disponível Em: [Http://Www.Bdtd.Ndc.Uff.Br/Tde_Arquivos/8/TDE-2011-05-02T080346Z2892/Publico/Microsoft%20Word%20%20Tese_Georgenes_Versao_Completal.Pdf](http://www.bdt.dnrc.gov.br/tde_arquivos/8/TDE-2011-05-02T080346Z2892/Publico/Microsoft%20Word%20%20Tese_Georgenes_Versao_Completal.Pdf). Acesso Em: janeiro de 2014.

SEMAS. Pará. Estudo De Criação Do Monumento Natural Da Atalaia. Secretaria De Estado De Meio Ambiente E Sustentabilidade Do Pará, 2014. Disponível Em: [Https://Www.Semas.Pa.Gov.Br/Wpcontent/Uploads/2014/11/2014_Estudo_Criacao_MN_Atalaia_17112014.Pdf](https://www.semas.pa.gov.br/wpcontent/uploads/2014/11/2014_Estudo_Criacao_MN_Atalaia_17112014.Pdf). Acesso Em: 10 De janeiro De 2024

SERAFIM, M. B.; BONETTI, J. Vulnerabilidade Das Praias Do Estado De Santa Catarina A Eventos De Erosão E Inundação Costeira: Proposta Metodológica Baseada Em Um Índice Multicritério. *Quaternary And Environmental Geosciences*, Curitiba, V. 08, N. 02, P. 36-54, 2017.

SILVA, Camille Vasconcelos Et Al. ANÁLISE MULTITEMPORAL DA DINÂMICA DA PAISAGEM E DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) DA ILHA DE MOSQUEIRO/PA. 2021.

SILVA, Cleverson Guizan Et Al. Ambientes De Sedimentação Costeira E Processos Morfodinâmicos Atuantes Na Linha De Costa. Introdução À Geologia Marinha. Rio De Janeiro: Interciência, P. 175-218, 2004.

SILVA, Márcio Souza Da. Morfoestratigrafia E Evolução Holocênica Da Planície Costeira De Salinópolis, Nordeste Do Estado Do Pará. Dissertação De Mestrado. Curso De Pós-Graduação Em Geologia E Geoquímica. Universidade Federal Do Pará. Belém, 1996. 142p

SILVA, Paulo Victor Magno Et Al. Estudo Da Morfodinâmica Sazonal E Quantificação De Transporte Sedimentar Costeiro Nas Praias De Fortalezinha E Princesa, Algodual/Maiandeuá (Nordeste Do Estado Do Pará). 2015.

SMALL, C.; NICHOLLS, R.J. A Global Analysis of Human Settlement In Coastal Zones. *Journal Of Coastal Research*, V.1, N.3, P. 54-5, 2003

SMITH, Martyn J.; CROMLEY, Robert G. Measuring Historical Coastal Change Using GIS And The Change Polygon Approach. *Transactions In GIS*, V. 16, N. 1, P. 3-15, 2012.

SOTCHAVA, Viktor Borisovich. Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. *Biogeografia*. São Paulo, n. 14, p. 1-24, 1978.

SOUZA FILHO, P.W.M. Análise Multitemporal E Multisensor (TM Landsat E Radarsat) Da Dinâmica De Ambientes Costeiros Dominados Por Macromaré Na Planície Costeira

Bragantina-Pará. Belém: Universidade Federal Do Pará. Centro De Geociências: 236p. (Tese De Doutorado).CD-ROM, 2001.

SOUZA FILHO, Pedro Walfir Martins; EL-ROBRINI, Maâmar. Morfologia, Processos De Sedimentação E Litofácies Dos Ambientes Morfo-Sedimentares Da Planície Costeira Bragantina, Nordeste Do Pará, Brasil. Geonomos, 1996.

SOUZA, C. R. De G. A Erosão Nas Praias Do Estado São Paulo: Causas, Consequências, Indicadores De Monitoramento E Risco. In: BONONI, V. L. R.; SANTOS JUNIOR, N. A. (Org.). Memórias Do Conselho Científico Da Secretaria Do Meio Ambiente: A Síntese De Um Ano De Conhecimento Acumulado, P. 48-69. Instituto De Botânica – Secretaria Do Meio Ambiente Do Estado De São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 2009

SOUZA, Geisa Bethânia Nogueira De. Uso Do Solo Da Ilha Do Atalaia No Município De Salinópolis (PA): Desafios Para O Reordenamento Territorial. 2012. 143 F. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Do Pará, Núcleo De Meio Ambiente, Belém, 2012. Programa De Pós-Graduação Em Gestão De Recursos Naturais E Desenvolvimento Local Na Amazônia. Disponível Em: <[Http://Repositorio.Ufpa.Br/Jspui/Handle/2011/9853](http://Repositorio.Ufpa.Br/Jspui/Handle/2011/9853)>. Acesso Em:.06 jan. 2024.

SOUZA, Geisa Bethania Nogueira De; ROCHA, Gilberto De Miranda. Ordenamento Territorial Na Ilha Do Atalaia, Salinópolis (PA): Uma Análise A Partir Dos Diferentes Trechos De Ocupação. Revista Do IHGP [online], V. 5, P. 137-751, 2018.

Souza, R. M., et al. (2024). Estratégias de gestão costeira para a mitigação da erosão costeira em Salinópolis, Pará. Revista Brasileira de Estudos Costeiros, 15(1), 78-92.

SOUZA, W. Dinâmica Costeira Da Orla Da Baía Do Sol (Ilha De Mosqueiro-PA) E Sua Relação Com A Vulnerabilidade À Erosão. Monografia (Bacharelado Em Geografia) – Faculdade De Geografia E Cartografia, Universidade Federal Do Pará. Pará, P. 92. 2021.

SOUZA.D. L. De. 2014. Produção Do Espaço, Infraestrutura Turística E Desenvolvimento Socioespacial: Uma Análise Do Complexo Orla Do Maçarico E Da Urbanização Da Praia Do Atalaia Em Salinópolis- PA. Dissertação De Mestrado. Universidade Federal Do Pará, 184p.

SZLAFSZTEIN, Cláudio Fabian. Indefinições E Obstáculos No Gerenciamento Da Zona Costeira Do Estado Do Pará, Brasil. Revista De Gestão Costeira Integrada- Journal Of Integrated Coastal Zone Management, V. 9, N. 2, P. 47-58, 2009.

TROMBETTA, Thaísa Beloti Et Al. Atenuação Da Energia Das Ondas Sobre Uma Rampa Que Atua Como Estrutura De Proteção Costeira Na Plataforma Sul Do Brasil (Attenuation Of The Wave Energy On A Ramp That Acts As Coastal Protection Structure In The South Platform Of Brazil). Revista Brasileira De Geografia Física, V. 11, N. 4, P. 1303-1320, 2018.

TURNER, Monica G. Landscape ecology: what is the state of the science? *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, v. 36, p. 319-344, 2005.

UNDP (United Nations Development Programme). *Governance For Sustainable Human Development*. UNDP: New York, 2004. 14p.

VIDAL, M. R. *Geoecologia Das Paisagens: Fundamentos E Aplicabilidades Para O Planejamento Ambiental No Baixo Curso Do Rio Curu-Ceará-Brasil*. 2014. Tese (Doutorado Em Geografia) – Universidade Federal Do Ceará, Fortaleza.

VIDAL, Maria Rita; DOS SANTOS MASCARENHAS, Abraão Levi. *Estrutura E Funcionamento Das Paisagens Litorâneas Cearenses À Luz Da Geoecologia Das Paisagens*. *GEOUSP Espaço E Tempo (Online)*, V. 24, N. 3, P. 600-615, 2020.

VILLWOCK, J.; LESSA, G.; SUGUIO, K.; ANGULO, R.; DILLENBURG, S. *Geologia E Geomorfologia De Regiões Costeiras*. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. (Editores). *Quaternário Do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005, P. 94-109.