



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA – CCEN  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGG

DIANDRA SOARES DE ARAUJO

**VULNERABILIDADE À EROÇÃO COSTEIRA NO  
MUNICÍPIO DE BAÍA DA TRAIÇÃO – PARAÍBA, BRASIL**

JOÃO PESSOA  
2023

DIANDRA SOARES DE ARAUJO

**VULNERABILIDADE À EROÇÃO COSTEIRA NO  
MUNICÍPIO DE BAÍA DA TRAIÇÃO – PARAÍBA, BRASIL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Geografia.

Orientadora: Christianne Maria da Silva Moura

JOÃO PESSOA

2023

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

A663v Araujo, Diandra Soares de.

Vulnerabilidade à erosão costeira no município de  
Baía da Traição - Paraíba, Brasil. / Diandra Soares de  
Araujo. - João Pessoa, 2023.

87 f. : il.

Orientação: Christianne Maria da Silva Moura.  
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Erosão costeira - Baía da Traição. 2.  
Vulnerabilidade costeira - Geoindicadores. 3. Zona  
costeira - Baía da Traição - Vulnerabilidade. I. Moura,  
Christianne Maria da Silva. II. Título.

UFPB/BC

CDU 627.222.21(043)

**“VULNERABILIDADE À EROSÃO COSTEIRA NO  
MUNICÍPIO DE BAÍA DA TRAIÇÃO – PARAÍBA, BRASIL”**

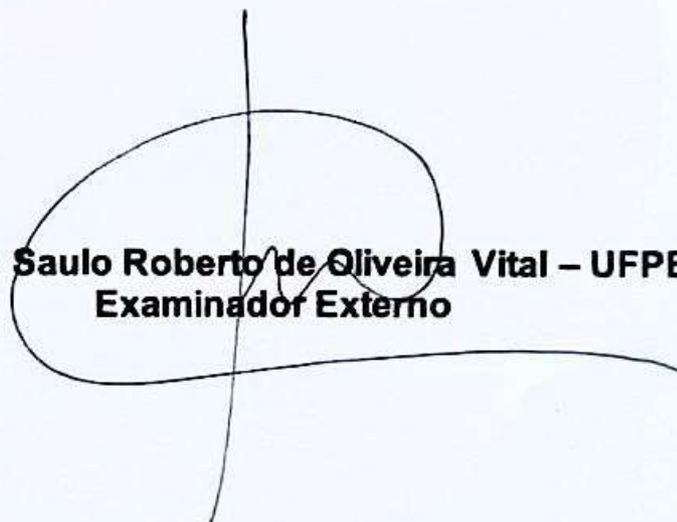
**DIANDRA SOARES DE ARAUJO**

**Período Letivo: 2023.2**

*Christianne Maria da Silva Moura*  
**Profa. Dra. Christianne Maria da Silva Moura – UFPB**  
**Orientadora**



**Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima – UFPB**  
**Examinador Interno**



**Prof. Dr. Saulo Roberto de Oliveira Vital – UFPB**  
**Examinador Externo**

**João Pessoa - Paraíba**  
**2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao João, meu marido, por todo amor, por ajudar a trazer à tona o melhor de mim, pelo companheirismo, por tornar todos os dias melhores e por toda ajuda neste trabalho e apoio em minha vida.

À Cida, minha mãe, ao Araujo, meu pai, e à Fernanda, minha irmã, por terem sempre feito o melhor por minha educação e para que eu me tornasse uma pessoa melhor, por todo sacrifício e entrega e por terem sempre me apoiado.

Às minhas melhores amigas, Amora, Karol, Livia, Marcella e Priscilla, pelos anos de amizade e apoio, por nossas conversas de todos os dias e por terem se tornado parte da minha vida.

À Christianne, minha orientadora, pela orientação neste trabalho, pela confiança, pelo conhecimento compartilhado, pela paciência e por toda ajuda.

Aos professores que compuseram a minha banca de qualificação e de defesa final, Eduardo Viana e Saulo Vital, pela paciência e por toda ajuda e contribuição que deram a mim e a este trabalho.

Ao GEPEC, Grupo de Estudos e Pesquisa do Espaço Costeiro, principalmente aos amigos Nádja, Jefferson e Charriere, por toda contribuição e apoio a este trabalho, no compartilhamento de materiais, nas atividades de campo e nos estudos.

## RESUMO

Baía da Traição é um município paraibano localizado na Região Geográfica Intermediária de João Pessoa e na Região Geográfica Imediata de Mamanguape - Rio Tinto, e sua porção leste é banhada pelo Oceano Atlântico. No entanto, a ocupação desenfreada e sem organização na planície costeira do município, somada a fatores naturais, são os elementos responsáveis pela erosão que afeta a zona costeira do município, tornando-a um ambiente vulnerável. Diversas metodologias têm sido utilizadas na tentativa de avaliar a vulnerabilidade costeira de praias em todo o mundo, uma delas consiste no uso de geoindicadores. Considerando a ausência de estudos sobre esse assunto, a presente pesquisa tem como objetivo geral identificar a vulnerabilidade à erosão costeira no município de Baía da Traição, através de geoindicadores físicos e antrópicos. Para isso, foi necessária a realização de alguns procedimentos metodológicos, sendo eles: levantamento bibliográfico; coleta de dados secundários; realização de atividades de campo; e uso de ferramentas de SIG (Sistema de Informações Geográficas), através da análise da evolução da linha de costa do município objeto deste estudo e tratamento dos resultados em ambiente SIG. Para a definição do grau de vulnerabilidade à erosão costeira de Baía da Traição, foi realizada uma adaptação da metodologia proposta por Sousa et al. (2011); Menezes et al. (2018); e Bush et al. (1999). Dessa forma, foram definidos 29 pontos distribuídos pela orla do município, distando 500 metros entre si, e alguns geoindicadores foram analisados como a morfologia da praia, a presença de campos de dunas e de vegetação, a posição da linha de costa (através da ferramenta CASSIE, abreviação para Coastal Analyst System From Space Imagery Engine), entre outros. Cada um dos geoindicadores supracitados foi classificado de acordo com o seu potencial para a vulnerabilidade costeira, que após a realização das etapas da pesquisa pôde ser definida como alta, moderada ou baixa. Após a realização de todas as etapas da pesquisa, foi possível obter o panorama atual da vulnerabilidade à erosão a qual a zona costeira de Baía da Traição está sujeita, dessa forma, a pesquisa demonstrou que 56,36% da extensão da zona costeira do município estudado encontra-se em vulnerabilidade moderada, 26,80% em vulnerabilidade baixa e 16,82%, em vulnerabilidade alta. Foi possível verificar que as áreas de maior densidade ocupacional coincidem com as áreas de maior vulnerabilidade. Por outro lado, alguns fatores foram determinantes para tornar algumas praias menos vulneráveis, como a presença de dunas, de *beach rocks*, de vegetação e a ausência de construções na praia. Através do estudo realizado, foi possível compreender que é necessário que os órgãos públicos desenvolvam projetos a fim de acompanhar a situação das áreas de vulnerabilidade média e alta à erosão costeira de Baía da Traição. Apesar de serem apresentadas no trabalho algumas estratégias de adaptação utilizadas no Brasil e no mundo para a contenção dos efeitos da erosão costeira, nenhuma dessas medidas devem ser tomadas sem a discussão com a comunidade acadêmica e com a comunidade local, pois todas podem apresentar consequências negativas, inclusive a intensificação do problema.

**Palavras-chave:** Erosão costeira; Vulnerabilidade costeira; Geoindicadores.

## ABSTRACT

Baía da Traição is a municipality in Paraíba located in the Intermediate Geographic Region of João Pessoa and in the Immediate Geographic Region of Mamanguape - Rio Tinto, and its eastern portion is bathed by the Atlantic Ocean. However, the unrestrained and unorganized occupation of the coastal plain of the municipality, added to natural factors, are the elements responsible for the erosion that affects the coastal zone of the municipality, making it a vulnerable environment. Several methodologies have been used to assess the coastal vulnerability of beaches worldwide, including geoindicators. Considering the absence of studies on this subject, this research aims to identify vulnerability to coastal erosion in the municipality of Baía da Traição through physical and anthropogenic geoindicators. For this, it was necessary to carry out some methodological procedures, namely: bibliographic survey, secondary data collection, field activities, and the use of GIS (Geographic Information System) tools, through the analysis of the evolution of the coastline of the municipality object of this study and treatment of the results in a GIS environment. To define the degree of vulnerability to coastal erosion of Baía da Traição, an adaptation of the methodology proposed by Sousa et al. (2011); Menezes et al. (2018); and Bush et al. (1999) were carried out. Thus, 29 points distributed along the edge of the municipality were defined, 500 meters apart, and some geoindicators were analyzed, such as the morphology of the beach, the presence of dunes and vegetation fields, the position of the coastline (through the CASSIE tool, short for Coastal Analyst System From Space Imagery Engine), among others. Each geoindicator was classified according to its potential for coastal vulnerability, which, after carrying out the research stages, could be defined as high, moderate, or low. After carrying out all stages of the research, it was possible to obtain the current panorama of the vulnerability to erosion to which the coastal zone of Baía da Traição is subject. Thus, the research showed that 56.36% of the extension of the coastal zone of the municipality studied is in moderate vulnerability, 26.80% is in low vulnerability, and 16.82% is in high vulnerability. It was possible to verify that the areas of higher occupational density coincide with those of greater vulnerability. On the other hand, some factors were decisive in making some beaches less vulnerable, such as the presence of dunes, beach rocks in some areas, vegetation, and the absence of buildings on the beach. Through the study, it was possible to understand that public agencies must develop projects to monitor the situation of areas of medium and high vulnerability to coastal erosion in Baía da Traição. Although some adaptation strategies used in Brazil and the world to contain the effects of coastal erosion are presented in the work, none of these measures should be taken without discussion with the academic community and the local community, as all of them may have negative consequences, including the intensification of the problem.

**Keywords:** Coastal erosion; Coastal vulnerability; Geoindicators.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Mapa de localização do município Baía da Traição – PB .....	13
<b>Figura 2</b> - Mapa da geologia de Baía da Traição .....	14
<b>Figura 3</b> - Beach rocks (Ponta das Trincheiras).....	15
<b>Figura 4</b> - Muro costeiro em Torcross (Devon, Inglaterra) .....	34
<b>Figura 5</b> - Revestimento geossintético: geotubos colapsados, em Cox's Bazar, Bangladesh .....	35
<b>Figura 6</b> - Campo de espigões na Praia de Iracema, Fortaleza, Ceará.....	36
<b>Figura 7</b> - Quebra-mares destacados e segmentados na Praia do Janga, Paulista, Pernambuco .....	37
<b>Figura 8</b> - Dique coberto por grama e concreto e protegido por enrocamento na Holanda .....	39
<b>Figura 9</b> - Copacabana em 1921 .....	41
<b>Figura 10</b> - Copacabana em 2017 .....	41
<b>Figura 11</b> - Interface de seleção de módulo no CASSIE .....	47
<b>Figura 12</b> - Interface de seleção de satélite no CASSIE .....	47
<b>Figura 13</b> - Interface de delimitação de área de interesse no CASSIE.....	48
<b>Figura 14</b> - Interface de seleção do período de análise e filtro de nuvens no CASSIE .....	48
<b>Figura 15</b> - Interface de escolha de imagens por data, hora e nível de nuvens .....	49
<b>Figura 16</b> - Definição dos parâmetros de análise no CASSIE .....	50
<b>Figura 17</b> - Mapa de distribuição dos pontos de coleta dos geoindicadores .....	54
<b>Figura 18</b> - Mapa de transectos gerados pelo Cassie.....	57
<b>Figura 19</b> - Mapa do grau de vulnerabilidade à erosão costeira de Baía da Traição .....	60
<b>Figura 20</b> - Mapa da vulnerabilidade do Trecho A .....	62
<b>Figura 21</b> - Casa construída sobre as dunas no trecho A.....	63
<b>Figura 22</b> – Mapa da vulnerabilidade do Trecho B .....	64
<b>Figura 23</b> - Dunas localizadas no trecho sul da zona costeira do município .....	65
<b>Figura 24</b> – Mapa da vulnerabilidade do Trecho C .....	66
<b>Figura 25</b> - Bares na areia.....	67
<b>Figura 26</b> - Mapa da vulnerabilidade do Trecho D .....	68
<b>Figura 27</b> - Trecho com faixa de praia mais larga.....	69
<b>Figura 28</b> - Mapa da vulnerabilidade do Trecho E .....	70
<b>Figura 29</b> - Indicador de erosão costeira.....	71
<b>Figura 30</b> - Resquícios de construções.....	71
<b>Figura 31</b> - Indicador de ineficácia de estrutura de contenção de ondas no trecho E .....	72
<b>Figura 32</b> - Casas com estruturas de contenção de ondas .....	72
<b>Figura 33</b> - Mapa da vulnerabilidade do Trecho F .....	73
<b>Figura 34</b> - Falésias na Praia do Forte.....	37
<b>Figura 35</b> - Dunas nas imediações da Praia das Cardosas .....	39
<b>Figura 36</b> - Rio Camaratuba .....	41
<b>Figura 37</b> - Depósitos flúvio-marinhos nas imediações do Rio Camaratuba .....	41

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Definição dos parâmetros de análise de alteração de linha de costa .....	51
<b>Tabela 2</b> - Geoindicadores para avaliação da vulnerabilidade costeira .....	53
<b>Tabela 3</b> - Coordenadas geográficas dos pontos de coleta .....	55
<b>Tabela 4</b> - Classificação da alteração da linha de costa dos pontos de coleta em Baía da Traição conforme os parâmetros de Esteves e Finkl (1998) .....	58
<b>Tabela 5</b> - Grau de vulnerabilidade através dos Geoindicadores .....	59

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNDO	Banco Nacional de Dados Oceanográficos
CASSIE	Coastal Analysis via Satellite Imagery Engine
CHM	Centro de Hidrografia da Marinha
CIRM	Comissão Interministerial para os Recursos do Mar
COMEG	Comissão Estadual de Gerenciamento Costeiro da Paraíba
CPRM	Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais
CTE	Comissão Técnica Estadual
GEE	Google Earth Engine
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEME	Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PNGC	Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PMN	Política Marítima Nacional
PNRM	Política Nacional para os Recursos do Mar
Procosta	Programa Nacional para Conservação da Linha de Costa
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SUDEMA	Superintendência de Administração do Meio Ambiente
ZC	Zona Costeira

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	12
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
3.1 ZONA COSTEIRA .....	17
3.2 EROSÃO COSTEIRA.....	18
3.3 VULNERABILIDADE COSTEIRA .....	19
3.4 GEOINDICADORES .....	21
3.5 ASPECTOS LEGAIS DE PROTEÇÃO À ZONA COSTEIRA .....	22
3.5.1 Nível Federal .....	23
3.5.2 Nível Estadual .....	27
3.5.3 Nível Municipal .....	29
3.6 ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO .....	30
3.6.1 Seawall ou muros de praia ou muros costeiros .....	33
3.6.2 Revetment ou Revestimento .....	35
3.6.3 Groynes ou Espigões .....	36
3.6.4 Detached Breakwater ou Quebra-mar destacado .....	37
3.6.5 Diques .....	38
3.6.6 Dunas Artificiais.....	39
3.6.7 Alimentação ou engordamento artificial de praias ou Beach Nourishment .....	40
3.6.8 Eco-Engenharia e Soluções Híbridas .....	42
<b>4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>45</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>57</b>
5.1 GEOINDICADORES DE VULNERABILIDADE COSTEIRA .....	57
5.1.1 Trecho A.....	63
5.1.2 Trecho B.....	65
5.1.3 Trecho C.....	67
5.1.4 Trecho D.....	69
5.1.5 Trecho E.....	70
5.1.6 Trecho F .....	74
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>81</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A zona costeira brasileira é considerada pela Constituição Federal de 1988 como patrimônio nacional. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2018), a linha de costa brasileira possui 8.500 km de extensão e abrange 17 estados brasileiros. O litoral brasileiro possui grande importância biológica e, além de abrigar uma alta diversidade de vida marinha, entre flora e fauna, ainda está associado a ecossistemas como manguezais e restingas. O litoral brasileiro também possui uma grande importância no que se refere à questão econômica e social. De acordo com o Censo Demográfico de 2010, 26,58% da população brasileira vivia em municípios da zona costeira. Ademais, o litoral brasileiro representa forte importância para o turismo, para a pesca e para outras atividades econômicas.

A Paraíba, estado brasileiro localizado na Região Nordeste, possui toda sua porção leste banhada pelo Oceano Atlântico. O turismo na Paraíba possui grande importância na arrecadação financeira do estado, e o seu litoral é um dos responsáveis por isso. Todos os municípios paraibanos banhados pelo Oceano Atlântico possuem no turismo e na pesca duas grandes fontes de renda. Em Baía da Traição não é diferente, as praias mais centrais do município recebem constantemente grande número de turistas.

Em Baía da Traição, é possível encontrar um alto número de construções na linha de costa (habitação, bares, restaurantes e pousadas). Acredita-se que o fenômeno da erosão costeira possa ocorrer em decorrência do desequilíbrio causado pela relação entre a dinâmica natural do ambiente costeiro e as ocupações humanas. Para Freitas (2018), a zona costeira se torna cada vez mais uma região de risco, por ser uma área associada ao avanço da linha de costa, a inundações, alagamentos e deslizamentos.

A Prefeitura de Baía da Traição considerando, entre outras coisas, a erosão causada pelo avanço do mar além da normalidade, estabeleceu, através do Decreto nº 23 de 13 de setembro de 2019, situação de emergência nas áreas afetadas pela erosão. Moura e Pereira (2020) afirmam que processos erosivos atuais ou pretéritos atuam em mais de 60% das praias de Baía da Traição.

Há alguns fatores que influenciam na mobilidade da linha de costa. No Brasil e no mundo, há praias que estão sujeitas a processos de acreção, outras que estão sujeitas a processos erosivos e outras que se encontram em estabilidade. De acordo

com Coelho (2020), a interação entre os fatores naturais e antrópicos na zona costeira pode resultar na erosão costeira, processo capaz de causar prejuízos econômicos e sociais diversos. Segundo Luijendijk et al. (2018), 24% das praias do mundo estão passando por processos erosivos, enquanto 28% estão em acreção e 48% estão estáveis.

Bulhões (2020) define erosão costeira como a resultante na paisagem da deficiência no balanço sedimentar em determinado segmento da linha de costa, durante determinado intervalo de tempo. Segundo Coelho (2020), o processo de erosão costeira apresenta importância ambiental e ecológica fundamental, ao exercer influência na alteração e, em alguns casos, na supressão de parte da biodiversidade da zona costeira, com impactos diretos e indiretos, o que causa prejuízos econômicos e sociais. Fatores climáticos, ocupação humana, exploração econômica, vegetação, arrecifes, tipo de relevo e tipo de solo são alguns dos fatores capazes de provocar a mobilidade de uma linha de costa, tornando-a mais ou menos vulnerável aos processos erosivos.

Lins-de-Barros (2011) define vulnerabilidade como o grau de exposição ao impacto de determinado perigo e ao grau com o qual se pode absorver e se recuperar desses impactos. De acordo com Lins-de-Barros (2010), vulnerabilidade costeira é a capacidade da linha de costa, dos ecossistemas costeiros e da população, de resistir, se recuperar (grau de resiliência) ou se adaptar aos impactos causados por esses perigos.

Para Neves (2003), o monitoramento das variações da posição da linha de costa se constitui como uma ferramenta de grande importância para o planejamento de municípios localizados no litoral. De acordo com a autora, há fenômenos que podem alterar o balanço local de sedimentos, como a mudança na dinâmica de foz de rios e canais de maré, a captura de sedimentos em pontais arenosos, os efeitos hidrodinâmicos relacionados com arenitos de praia, as alterações no regime de ondas, em virtude das oscilações da circulação atmosférica, e as atividades antrópicas em geral.

Ainda de acordo com Neves (2003), na Paraíba, de maneira mais específica, os processos erosivos atuantes na zona costeira podem ser explicados pelo balanço negativo de sedimentos, pela concentração de energia de ondas em virtude do fenômeno de refração em feições morfológicas submersas, e pela ocupação desordenada. A autora também considera que a construção de estruturas de

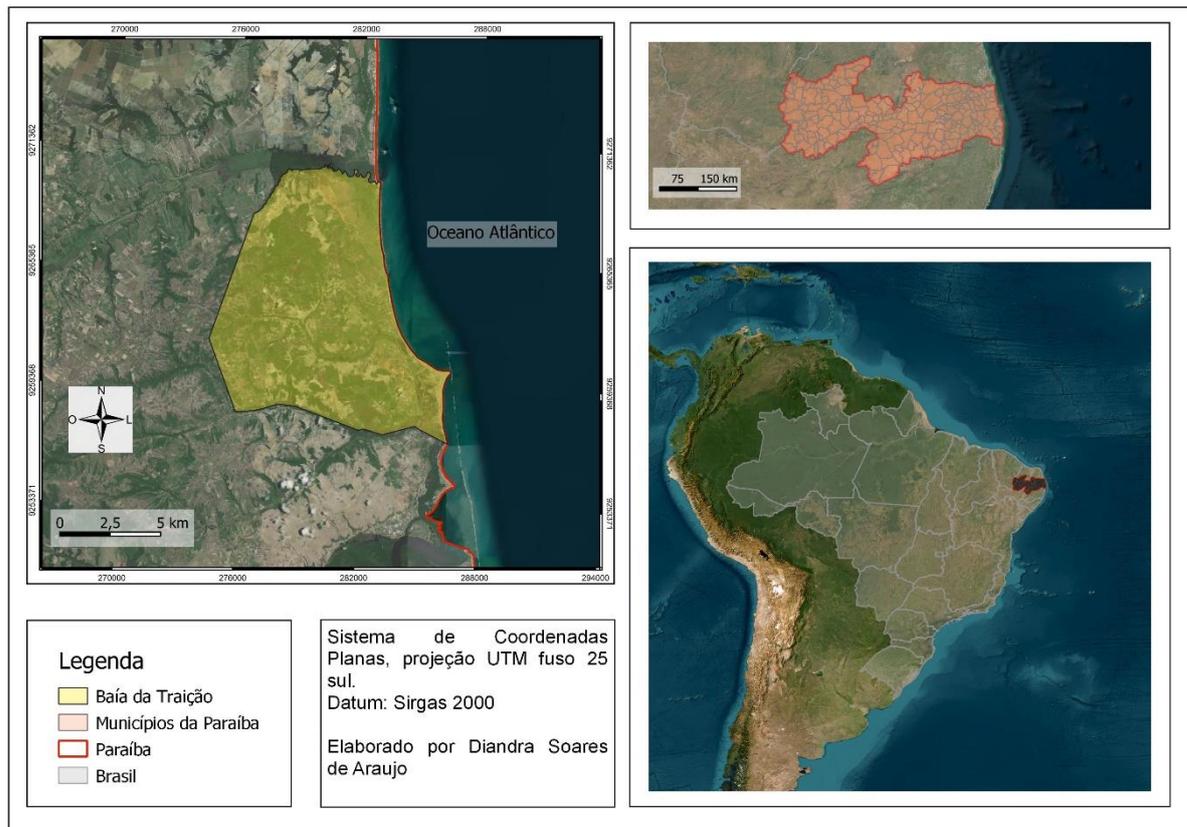
contenção da erosão costeira pode acabar intensificando o problema erosivo em praias próximas.

Em virtude da gama de problemas que podem ser gerados pelo processo de erosão costeira no litoral do município de Baía da Traição, percebe-se a necessidade de realização de estudos sobre esse tema, em específico, na área apresentada, visando mitigar perdas e danos socioeconômicos, ambientais e físicos. Acredita-se, então, que parte das praias do município sejam áreas de grande vulnerabilidade aos processos erosivos. Além disso, acredita-se, também, que as construções (habitações, bares, entre outras) na planície costeira, tenham um forte papel na redução do aporte sedimentar e, assim, contribuem para a evolução da erosão.

### 1.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Baía da Traição é um município paraibano localizado na Região Geográfica Intermediária de João Pessoa e na Região Geográfica Imediata de Mamanguape - Rio Tinto. Limita-se ao sul com o município de Marcação, à oeste com o município de Rio Tinto, ao norte com o município de Mataraca e à leste com o Oceano Atlântico (figura 1).

**Figura 1** - Mapa de localização do município Baía da Traição – PB



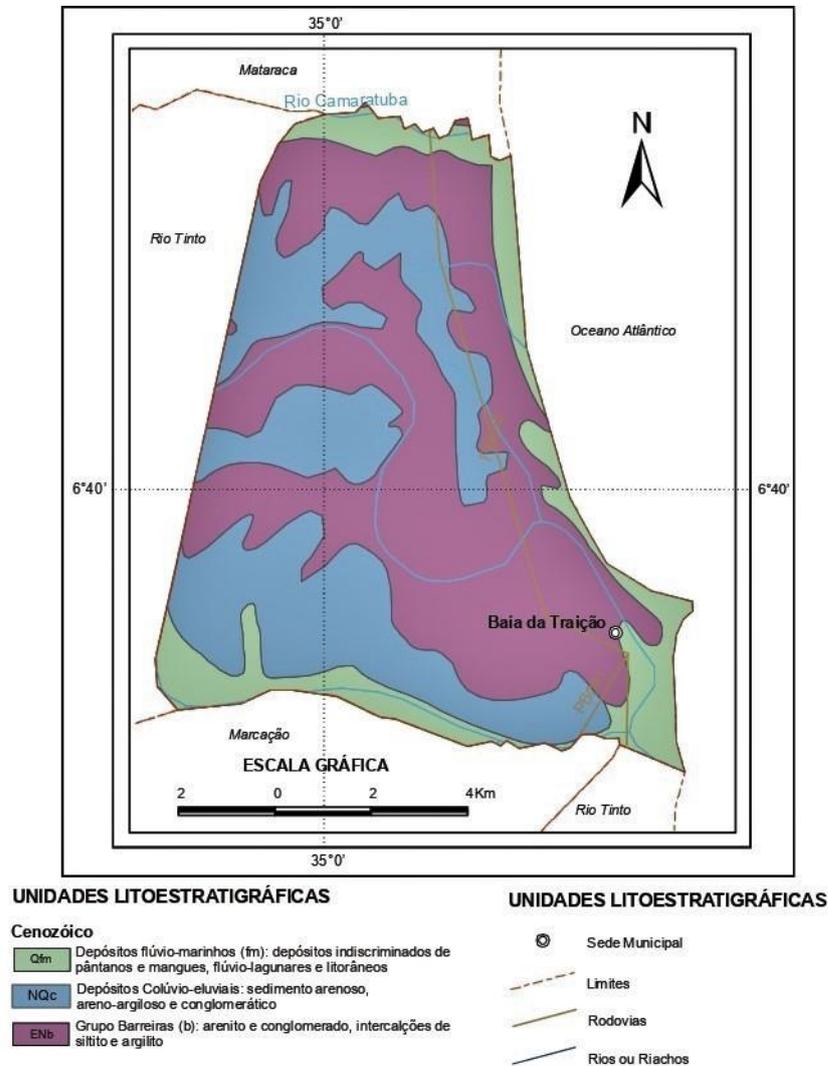
**Fonte:** Elaboração própria a partir de dados do IBGE e Google Earth.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população de Baía da Traição no último Censo Demográfico, realizado em 2022, era de 9.224 pessoas. Ainda de acordo com o IBGE, o percentual de população ocupada é de 9,21% e o salário médio dos trabalhadores formais era de 1,6 salários mínimos. O município possui cerca de 102,756 km<sup>2</sup> de área total e 15 km de extensão de linha de costa. De acordo com o Censo de 2010, 71% da população de Baía da Traição se autodeclara indígena, sendo assim, é o quarto município brasileiro com maior proporção de indígenas no total da população.

O município possui um litoral de falésias, dunas, praias e uma linha de formação recifal (*beach rocks*) de arenitos (Mota, 2011), que se estende por cerca de 5km ao norte, desde o limite sul do município. Segundo a Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM), do Serviço Geológico do Brasil (BRASIL, 2005), o município está inserido na unidade geoambiental dos Tabuleiros Costeiros; a vegetação predominante é de floresta subperenifólia, com partes de floresta

subcaducifolia e transição cerrado/floresta; o clima é do tipo tropical chuvoso com verão seco.

**Figura 2 - Mapa da geologia de Baía da Traição**



**Fonte:** Brasil (2005).

De acordo com Mota (2011), o ambiente recifal presente no município é formado por blocos rochosos de arenito, com conchas fósseis em sua composição. Ainda de acordo com a autora, a barreira recifal é recortada por fendas profundas, cavernas, locas e depressões, e é, em geral, plano em sua superfície, sem formações proeminentes devido à ação das ondas.

De acordo com Souza e Galvão (2011), a corrente de deriva litorânea que possui o sentido sul – norte, atuante no local, e os recifes, fazem com que os sedimentos originários do estuário do rio Mamanguape, localizado ao sul do

município, sejam direcionados para o tómbolo na Ponta das Trincheiras (figura 3). Segundo os autores, esse é o local onde os sedimentos aportam e ficam retidos, ocasionando um aporte negativo nas outras áreas.

**Figura 3** - Beach rocks (Ponta das Trincheiras)



**Fonte:** Jornal do Comércio (2022).

Ainda segundo Souza e Galvão (2011), Baía da Traição encontra-se em uma região de topografia plana, em uma área de contato entre a zona de praia e os vales do tabuleiro costeiro. Para os autores, a ocupação humana nas praias do município é realizada, em grande parte dos casos, de forma espontânea. Os autores afirmam que não houve um plano de expansão ordenada e essa falta de planejamento territorial e urbano provoca complicações ambientais e alterações diversas no meio físico local, e, além disso, as unidades residenciais estão cada vez mais avançando em direção à linha de costa.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar a vulnerabilidade à erosão costeira no município de Baía da Traição, através de geoindicadores físicos e antrópicos.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever as consequências socioeconômicas causadas pela erosão costeira;
- Selecionar o conjunto de geoindicadores mais apropriados para o estudo da vulnerabilidade à erosão costeira do município de Baía da Traição
- Classificar a zona costeira de Baía da Traição de acordo com o grau de vulnerabilidade à erosão costeira.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 ZONA COSTEIRA

A zona costeira é o espaço de interação entre ar, mar e terra (BRASIL, 2018). Desse modo, a zona costeira recebe influência do continente, através do transporte de sedimentos pelas bacias hidrográficas, e do mar, através da influência das ondas, marés e ventos (BRASIL, 2018). No entanto, Martins et. al. (2004) ressaltam que as zonas costeiras são ambientes dinâmicos, e que normalmente estão sob constante mudança causada por fenômenos naturais e por atividades humanas.

Diante disso, pode-se afirmar que a zona costeira representa uma área de contradição: por um lado, a zona costeira é responsável por um conjunto de serviços ambientais, sem os quais a manutenção da qualidade de vida humana poderia se tornar impossível, já que estão diretamente relacionados ao equilíbrio ambiental dos ecossistemas (BRASIL, 2018); por outro lado, a própria existência da vida humana com suas diversas influências sobre esses ambientes, grande parte das vezes negativas, impõe a estes ambientes uma situação de risco e de vulnerabilidade. É necessário ressaltar que essas influências negativas podem ser de diversas naturezas, todas elas resultado do desenvolvimento econômico. Aqui, podem ser citadas as atividades econômicas, a expansão urbana e as mudanças climáticas. Essas pressões causadas pelas atividades antrópicas colocam em risco uma série de ecossistemas marítimos e ecossistemas associados.

De acordo com Oliveira (2019), a zona costeira é local de grande pressão humana, onde a sua crescente ocupação ocasiona uma série de impactos ambientais negativos, alterando a qualidade socioambiental, através da falta de planejamento e da falta de gestão. De acordo com o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2016) em seu relatório intitulado “impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas”, o aumento do nível relativo do mar possui como principais consequências:

aumento da erosão costeira (linha de costa oceânica e estuarina); migração vertical do perfil praial; aumento da frequência, intensidade e magnitude das inundações costeiras; mudanças nos processos sedimentares e conseqüentemente no balanço sedimentar costeiro; perdas de terrenos naturais e urbanizados; fragmentação e até perda completa de ecossistemas lindeiros à linha de costa oceânica e estuarina/lagunar; migração vertical de espécies e até de ecossistemas inteiros; aumento da vulnerabilidade de

pessoas e bens; redução dos espaços habitáveis; salinização do aquífero costeiro e das águas superficiais; comprometimento dos sistemas de saneamento básico (esgoto e água potável); impactos positivos e negativos nas atividades portuárias/retroportuárias; perda de solos férteis; problemas nas atividades agropecuárias, industriais, turísticas e de serviço-comércio; comprometimento dos recursos pesqueiros; comprometimento da beleza cênica; perda de potencial turístico; alto custo para manutenção/recuperação/mitigação; problemas de aplicação da legislação ambiental vigente; prejuízos socioeconômicos e perda da qualidade de vida (PBMC, 2016, p. 16).

É importante ressaltar que as zonas costeiras podem ser consideradas objeto de estudo para diversas áreas, incluindo a Geografia. Para Muehe (2009), as características multidisciplinares dos ambientes marinhos caracterizam uma interseção entre o físico, o biológico, o social e o econômico, representando amplo campo de atuação das diversas especialidades e mais particularmente da Geografia Marinha.

Considerando que as praias arenosas constituem ambientes de extrema dinâmica, qualquer modificação no volume de areia que sai de um segmento litorâneo deve ser equilibrada por um volume equivalente proveniente de outra fonte, seja do continente ou da plataforma marinha rasa. A ausência de reposição do volume de sedimentos perdidos por um segmento litorâneo resultará na diminuição da faixa litorânea, caracterizada como erosão costeira; por outro lado, havendo um aporte excessivo de sedimentos que ultrapasse a capacidade de transporte pelos agentes costeiros, a linha de costa será submetida à progradação ou acreção (NEVES, 2003).

### 3.2 EROSÃO COSTEIRA

A origem etimológica da palavra "erosão" remonta ao latim erodere, que denota a ação de corroer ou devorar (OLIVEIRA et al., 2017). Corrêa (2022) define erosão como o processo de degradação ao qual rochas e solos são submetidos em virtude da ação do intemperismo químico ou da influência mecânica exercida pelos agentes de transporte, tais como água de rios, precipitação pluviométrica, ventos, degelo, ondas e correntes marítimas. Dessa maneira, são categorizados como erosões hídricas, eólicas e glaciais todos os processos de desgaste ocasionados pelas águas, ventos e geleiras, respectivamente (OLIVEIRA et al., 2017).

Os processos erosivos resultam de fenômenos frequentes que transformam o solo e alteram a dinâmica e distribuição dos sedimentos ao longo da costa (LACERDA

et al., 2022). A erosão que ocorre na área costeira pode ser classificada como o movimento da linha de costa em direção ao continente (AGUIAR DA SILVA, 2021).

Aguiar da Silva (2021) considera que os principais mecanismos naturais que contribuem para a erosão costeira são o baixo aporte sedimentar do continente causado pela ausência da vegetação de restinga, que contribui para fixação de dunas, e pela intensificação das tempestades sobre os oceanos. O autor, no entanto, considera que é necessário incluir como responsável pela erosão costeira a urbanização das áreas litorâneas ao longo do século XX. Para Braga et al. (2019), as construções realizadas pelas populações cada vez mais próximas ao mar têm potencializado o fenômeno da erosão, somadas à ação de agentes físicos oceanográficos e meteorológicos.

De acordo com Negrão et al. (2022), pesquisas realizadas em ambientes costeiros, focadas nas mudanças morfológicas e na identificação de áreas vulneráveis à erosão, acreção ou estabilidade, possuem grande importância por fornecerem subsídios para a elaboração de políticas de gerenciamento costeiro. Além disso, de acordo com os autores, contribuem para o planejamento e desenvolvimento de atividades humanas mais sustentáveis em uma determinada região.

### 3.3 VULNERABILIDADE COSTEIRA

Para Nzualo e Silvestre (2020), o termo vulnerabilidade está ligado à ideia de predisposição de algo ser negativamente afetado. Segundo Cutter (2011), vulnerabilidade é o potencial para a perda e abarca as condições que submetem pessoas e lugares em uma situação de risco diante de uma ameaça e as condições relativas à capacidade da população, da infraestrutura ou dos sistemas físicos de resposta ou recuperação, quando expostas a ameaças. Lins-de-Barros (2011), sob essa mesma perspectiva, define vulnerabilidade como o grau de exposição ao impacto de determinado perigo e ao grau com o qual se pode absorver e se recuperar desses impactos.

Ainda na mesma linha de pensamento, Santos e Caldeyro (2007) definem a vulnerabilidade como a condição intrínseca de possibilidades de resultados quando há uma interação com um evento, gerando, assim, respostas diferentes dependendo das características naturais e humanas do lugar. Os autores consideram que há duas

questões que devem ser consideradas no entendimento da vulnerabilidade, a persistência (medida em que um sistema se distancia de sua estabilidade sem alterar essencialmente seu estado, quando exposto à alguma perturbação) e a resiliência (capacidade de um sistema em voltar à sua estabilidade, após a exposição à perturbação). Sendo assim, os autores afirmam que lugares de baixa persistência e baixa resiliência possuem uma vulnerabilidade alta e um evento adverso pode causar danos irreparáveis.

A ONU (2004) conceitua vulnerabilidade como as condições determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a susceptibilidade de uma comunidade aos impactos de eventos perigosos. Além disso, a ONU (2004) conceitua o termo risco como a probabilidade de consequências prejudiciais ou perdas (mortes, ferimentos, danos a propriedades, meios de subsistência, interrupção da atividade econômica ou danos ao meio ambiente) resultantes das interações entre ameaças naturais ou induzidas pelo homem e condições vulneráveis. Para Nicolodi e Petter (2010), o conceito de risco está intrinsecamente ligado a um evento que pode ou não se concretizar, sua existência apenas se configura quando ocorre a valoração de um bem, material ou imaterial, visto que o risco é inerente à percepção de que há a possibilidade de perda.

De acordo com Lins-de-Barros (2010), vulnerabilidade costeira é a capacidade da linha de costa, dos ecossistemas costeiros e da população de resistir, se recuperar (grau de resiliência) ou se adaptar aos impactos causados por esses perigos. De acordo com Silva e Suzki (2021), a costa litorânea se torna vulnerável por se tratar de um ambiente altamente sensível em virtude de sua complexidade hidrodinâmica e sedimentológica.

Vulnerabilidade refere-se ao estado ou estrutura das comunidades costeiras (estrutura social, edificações, economias e ambiente de suporte) que as torna mais propensas a serem afetadas ou prejudicadas por um evento devido a um ou mais dos riscos costeiros (IOC, 2009). O estudo da vulnerabilidade, dessa forma, pode fornecer informações sobre perdas e danos de possíveis eventos de risco. Quando avaliado de maneira adequada, o estudo da vulnerabilidade costeira se torna fundamental para estimar os riscos para as comunidades costeiras causados tanto por eventos de risco de início rápido, quanto por eventos de risco progressivo na costa (IOC, 2009).

Segundo Bulhões (2020), existe a necessidade de estabilização da linha de costa e redução dos impactos decorrentes da erosão costeira. Entretanto, o autor

considera que, em muitos casos, as intervenções são projetadas para conter os impactos negativos da erosão costeira para o homem, e não para conter as suas causas.

De acordo com Almeida (2011), os conceitos de vulnerabilidade e de risco indicam uma situação ou um estado futuro. Sousa (2007) compreende que a vulnerabilidade não pode ser analisada exclusivamente do ponto de vista natural ou exclusivamente do ponto de vista antrópico. A vulnerabilidade deve então ser analisada de acordo com a síntese ou a união das interações socioambientais espacializadas em uma área.

De acordo com Lins-de-Barros (2020), a integração das dimensões envolvidas no tema analisado, partindo de uma visão sistêmica, holística, é necessária para que se possa compreender plenamente as problemáticas vivenciadas nas zonas costeiras. A abordagem holística, multidisciplinar e integrada confere ao geógrafo um papel destacado nas avaliações de vulnerabilidade, considerando sua capacitação no uso de ferramentas de SIG e sua competência na realização de análises espaciais integradas.

### 3.4 GEOINDICADORES

Geoindicadores podem ser definidos como medidas de processos geológicos e fenômenos que ocorrem na superfície da Terra ou perto dela e estão sujeitos a alterações significativas para a compreensão das mudanças ambientais ao longo de períodos de até 100 anos (BERGER, 1997). Sob essa mesma perspectiva, Oliveira et al. (2017) consideram que os geoindicadores são parâmetros de processos geológicos e de fenômenos que ocorrem na superfície terrestre que fornecem elementos para uma avaliação ambiental.

Para Dinotte et al. (2020), geoindicadores se configuram como ferramentas importantes para o desenvolvimento de pesquisas sobre impactos ambientais causados pela urbanização. De acordo com Lima e Amaral (2015), os geoindicadores são instrumentos qualitativos com validade científica para a identificação rápida de riscos potenciais, permitindo também a rápida elaboração de planos de mitigação e gestão.

O uso de geoindicadores em pesquisas costeiras pode contribuir para o gerenciamento e gestão, principalmente em locais onde os recursos são limitados e

faltam dados históricos adequados sobre o posicionamento da linha de costa (BUSH et al., 1999). Além disso, o uso dos geoindicadores pode ajudar a obter uma avaliação imediata dos riscos costeiros (BUSH et al., 1999).

Para Menezes et al. (2020), a avaliação da vulnerabilidade à erosão costeira através da análise de geoindicadores é uma metodologia que viabiliza a detecção de fatores que intensificam as alterações dos ambientes, considerando os cenários atuais.

Para Alves Filho (2017), pesquisas sobre geoindicadores possibilitam a geração de dados para a compreensão das alterações ambientais atuais e pretéritas e permitem a identificação das alterações ligadas às causas naturais e ligadas às causas antrópicas.

Segundo Menezes et al. (2018), o uso de geoindicadores, através de um conjunto de observações, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, pode ser uma importante ferramenta para a realização da estimativa da vulnerabilidade à erosão costeira. Para o autor, utilizar geoindicadores para avaliação da vulnerabilidade à erosão costeira possibilita prever quais os fatores que potencializam os cenários atuais da zona costeira.

Estudos sobre áreas em que ocorre erosão costeira através da análise de geoindicadores físicos e antrópicos têm sido realizados, conforme é possível verificar em Vieira et al. (2020), Rudorff e Bonetti (2010), Martins et al. (2016), Menezes et al. (2018), Menezes et al. (2020), Gomes e Bulhões (2022), Souza e Nicolodi (2016), Lima e Amaral (2015), Negrão et al. (2022), entre outros.

### **3.5 ASPECTOS LEGAIS DE PROTEÇÃO À ZONA COSTEIRA**

De acordo com Poletti (2020), os registros mais antigos que se referem à gestão e governança costeiras são década de 1960, através de ações pontuais na Costa Oeste dos Estados Unidos, com o projeto *The San Francisco Bay Conservation and Development Commission* em 1965). Considerando o avanço da urbanização em direção à linha de costa, o aquecimento dos oceanos e elevação do nível do mar, eventos climáticos extremos, atividades econômicas, entre outros diversos fatores que colocam em risco a zona costeira brasileira, o governo brasileiro, ao longo dos anos, publicou uma série de dispositivos legais de proteção à zona costeira, através de leis, decretos, programas e planos. Além disso, também há diversos dispositivos legais no

âmbito do estado da Paraíba e, mais especificamente, no âmbito do município de Baía da Traição. De maneira resumida, pode-se verificar a seguir os dispositivos mais relevantes para este trabalho destinados à gestão costeira e, de maneira mais específica, à mitigação da erosão costeira.

### 3.5.1 Nível Federal

Em 12 de setembro de 1974, foi criada a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), com o objetivo de coordenar as ações relativas à Política Nacional para os Recursos do Mar (PNRM).

Em 1988, em 16 de maio, foi publicada a Lei 7.661, lei responsável por instituir o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), plano integrante da PNRM e da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA). Essa lei define que a Zona Costeira é o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre. Além disso, a respeito dessa lei, há alguns artigos relevantes a serem citados aqui:

“Art. 2º [...] o PNGC visará especificamente a orientar a utilização racional dos recursos na Zona Costeira, de forma a contribuir para elevar a qualidade da vida de sua população, e a proteção do seu patrimônio natural, histórico, étnico e cultural”.

Já o seu Art. 3º determina que o PNGC deverá prever o zoneamento de usos e atividades na ZC (Zona Costeira), priorizando a conservação e proteção dos recursos naturais, baías e enseadas, praias, restingas, dunas, entre outros.

Ainda em 1988, foi promulgada a Constituição da República Federativa do Brasil, no dia 05 de outubro, que, em seu § 4º do Art. 255, determina que “[...] a Zona Costeira é patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais”.

Em 1988 também houve a publicação do Decreto nº 96.000, que normalizava a realização de pesquisa e investigação científica na plataforma continental e em águas sob jurisdição brasileira.

Ainda a respeito da Lei 7.661, observa-se que esta foi regulamentada pelo Decreto Nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004. Este decreto foi criado com o objetivo de definir normas gerais para a gestão ambiental da zona costeira do país, e estabelecer as bases para a formulação de políticas, planos e programas federais,

estaduais e municipais. O decreto dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima.

Em seu Art. 3º, o Decreto Nº 5.300 de 7 de dezembro de 2004 define que a faixa marítima, que compõe a ZC, corresponde ao “espaço que se estende por doze milhas náuticas, medido a partir das linhas de base, compreendendo, dessa forma, a totalidade do mar territorial”; já a faixa terrestre, que também compõe a ZC, corresponde ao “espaço compreendido pelos limites dos Municípios que sofrem influência direta dos fenômenos ocorrentes na zona costeira”. Além disso, em seu Art. 24, determina que “A gestão da orla marítima terá como objetivo planejar e implementar ações nas áreas que apresentem maior demanda por intervenções na zona costeira, a fim de disciplinar o uso e ocupação do território”.

É definido pelo Decreto 5.300 de 2004, em seu Art. 23, que os limites da orla marítima são estabelecidos da seguinte maneira:

- I - marítimo: isóbata de dez metros, profundidade na qual a ação das ondas passa a sofrer influência da variabilidade topográfica do fundo marinho, promovendo o transporte de sedimentos;
- II - terrestre: cinquenta metros em áreas urbanizadas ou duzentos metros em áreas não urbanizadas, demarcados na direção do continente a partir da linha de preamar ou do limite final de ecossistemas, tais como as caracterizadas por feições de praias, dunas, áreas de escarpas, falésias, costões rochosos, restingas, manguezais, marismas, lagunas, estuários, canais ou braços de mar, quando existentes, onde estão situados os terrenos de marinha e seus acrescidos.

Em seu parágrafo VI do § 1º, o Decreto 5.300/04 determina que na faixa terrestre será observada, complementarmente, a ocorrência de aspectos geomorfológicos, os quais implicam o seguinte detalhamento dos critérios de delimitação: [...] áreas sujeitas à erosão: substratos sedimentares como falésias, cordões litorâneos, cabos ou pontais, com larguras inferiores a cento e cinquenta metros, bem como áreas próximas a desembocaduras fluviais, que correspondam a estruturas de alta instabilidade, podendo requerer estudos específicos para definição da extensão da faixa terrestre da orla marítima.

Sobre a Lei nº 7.661/88 e o Decreto 5.300, o MMA (BRASIL, 2018) considera que se tratam de dispositivos legais que não foram desenvolvidos ou possuem poucos usos pelos usuários potenciais (gestores, pesquisadores e estudantes).

Já em 1992, de acordo com Polleti (2020), na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, foi adotado de maneira definitiva o termo

gestão costeira integrada, através da Agenda 21 (UNITED NATIONS, 1992) em seu capítulo 17, capítulo destinado à proteção dos oceanos, de todos os tipos de mares e das zonas costeiras, e proteção, uso racional e desenvolvimento de seus recursos vivos. De acordo com a Agenda 21, “o ambiente marinho forma um todo integrado que é um componente essencial do sistema que possibilita a existência de vida sobre a Terra, além de ser uma riqueza que oferece possibilidades para um desenvolvimento sustentável”. Além disso, há na Agenda 21 o compromisso dos Estados costeiros de praticar um gerenciamento integrado e sustentável das zonas costeiras e do meio ambiente marinho sob suas jurisdições nacionais.

No subitem 17.4, a Agenda 21 diz que

A despeito dos esforços nacionais, sub-regionais, regionais e mundiais, verifica-se que as maneiras como atualmente se aborda o gerenciamento dos recursos marinhos e costeiros nem sempre foi capaz de atingir o desenvolvimento sustentável; e os recursos costeiros, bem como o meio ambiente costeiro, vêm sofrendo um processo acelerado de degradação e erosão em muitos lugares do mundo (UNITED NATIONS, 1992).

Ainda de acordo com a Agenda 21, a respeito da destruição física das zonas costeiras e marinhas que provoca degradação do meio ambiente marinho, as medidas prioritárias precisariam envolver controle e prevenção da erosão e do silte na costa resultantes de causas antrópicas.

Em 11 de outubro de 1994, foi publicado o Decreto Nº 1.265, que aprovava a Política Marítima Nacional (PMN). Já em 23 de fevereiro de 2005, através do Decreto nº 5.377, foi aprovada uma atualização da PNRM, considerando as notáveis alterações no cenário nacional e internacional relativos aos mares, oceanos e zonas costeiras.

É apenas em 2018 que é instituído o Procosta (Programa Nacional para Conservação da Linha de Costa), no âmbito do MMA. De acordo com o MMA, o objetivo do programa é estabelecer no país um programa de monitoramento, gestão e conservação da atual linha de costa e da ZC, considerando as pressões antrópicas e naturais, incidentes que ocorrem nessas áreas e a necessidade de planejamento a longo prazo. Ainda de acordo com o MMA, o Procosta se estabelece como:

uma das melhores ferramentas para o desenvolvimento de um planejamento estratégico para enfrentamento dos efeitos da mudança do clima é a elaboração de estudos que envolvam análises de risco, vulnerabilidades e impactos associados a cenários atuais e futuros, além de projeções de eventos extremos. [...] Atualmente, a maioria das medidas adotadas para preservar as infraestruturas e atividades humanas diante de perigos naturais

são, na verdade, respostas visando à resistência a eventos extremos. Estas medidas conservadoras e de proteção em curto prazo são prejudiciais ao meio ambiente e à sociedade, pois envolvem um custo econômico elevado, além de apresentarem alto risco de falhas futuras. Para elevar a efetividade das ações de adaptação deve-se pensar em longo prazo, buscando a mudança de atividades para a adequação ao ambiente em transformação, projetos de construções inovadores, realocação de infraestrutura e/ou pessoas e novos usos do espaço físico.

De acordo com o documento descritivo do Procosta, a estrutura do programa é proposta para que seja composta por quatro projetos interdependentes, são eles:

A) Projeto Alt-Bat, que possui o objetivo de compatibilização dos níveis de referência para descrição e representação do relevo terrestre (altimetria) e submarino (batimetria) da costa brasileira. De acordo com o documento, essa compatibilização garante que não haja descontinuidade na transição entre os modelos de altitudes e profundidades;

B) Projeto Projeção de Linhas de Costa Futuras e Identificação de Perigos, que possui o objetivo de realizar projeções sobre as alterações previstas para a linha de costa brasileira (como, por exemplo, a perda de habitats por erosão ou inundação), considerando cenários futuros para os intervalos temporais de 05, 10, 25, 50 e 100 anos. Com este projeto, de acordo com o MMA, será possível quantificar os perigos (erosão, elevação do nível do mar, tempestades, entre outros) aos quais a ZC estará sujeita. Segundo o documento, o mapeamento dos perigos e das áreas vulneráveis, aliados a medidas de planejamento urbano e gestão costeira, se constituem como as melhores ferramentas para a redução de danos socioambientais e econômicos. A proposta é que o estudo das vulnerabilidades na ZC brasileira seja realizado de maneira integrada, pois os dados atuais se configuram como insuficientes para a simulação de cenários futuros em escala nacional. Dessa forma, o resultado que se espera deste projeto são dois produtos: mapas com as projeções para a linha de costa brasileira nos intervalos temporais de 05, 10, 25, 50 e 100 anos; e mapa com a identificação e quantificação dos perigos que ameaçam a ZC.

C) Projeto Riscos Costeiros e Estratégias de Adaptação, com o objetivo de realizar a avaliação dos riscos potenciais para a ZC, considerando os aspectos socioambiental e econômico, a partir da linha de costa atual, da projeção dos cenários futuros e do mapeamento dos perigos. Através deste projeto, deverão ser mapeadas as estruturas ambientais (formações vegetais, geológica, entre outros) e humanas (cidades, indústrias, portos, entre outros) que estarão sob ameaça. Além disso, um

segundo objetivo do projeto é a proposição de estratégias para adaptação aos riscos. Este projeto pretende levar em consideração o risco das cidades costeiras frente à elevação do nível médio do mar, o comprometimento da drenagem e sistemas de esgotamento, também frente à elevação do nível médio do mar, os riscos ao sistema de transporte, frente ao aumento na temperatura (que pode ocasionar rachamento em estradas e enchentes), o aumento dos fenômenos oceânicos, entre outros. Espera-se que este projeto resulte em dois produtos: mapas com a identificação dos riscos na ZC; e plano de ação com as estratégias para adaptação aos riscos.

D) Projeto Monitoramento e Gestão para a Conservação da Linha de Costa, com o objetivo de estabelecer um programa de diagnóstico, monitoramento e gestão contínuos da ZC brasileira, para fomentar o estabelecimento de uma cultura de análise de risco. O resultado esperado deste projeto é o conhecimento sobre as condições futuras dos ecossistemas costeiros.

### 3.5.2 Nível Estadual

Em 03 de dezembro de 1987, através do Decreto Estadual nº 12.254, considerando a Política Nacional de Desenvolvimento Costeiro posta em prática pelo Governo Federal, foi criada a Comissão Estadual de Gerenciamento Costeiro da Paraíba (COMEG-PB), com o objetivo de promover o zoneamento do litoral paraibano e disciplinar seu uso e ocupação racional, protegendo e valorizando seus ecossistemas. A COMEG foi modificada pelo Decreto 12.552 de 12 de julho de 1988, e teve seu regimento aprovado apenas em 16 de fevereiro de 1989, através do Decreto Estadual nº 12.965. Em seu regimento, no parágrafo único do Artigo 2º do Capítulo I, é determinado que a referida Comissão deverá se constituir em um fórum permanente de debates, na busca de soluções para os problemas da costa paraibana, entre as instituições e a comunidade. A COMEG era presidida, inicialmente, pelo superintendente do Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba (IDEME), mas posteriormente, em 21 de fevereiro de 1990, teve sua presidência transferida para o superintendente da Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA). Ainda em 1990, em 17 de abril, através do Decreto Estadual 13.622, a COMEG passou a integrar a estrutura organizacional da SUDEMA.

A Constituição do estado da Paraíba, promulgada em 05 de outubro de 1989, determina em seu Artigo 227 que o meio ambiente é do uso comum do povo e

essencial à qualidade de vida, sendo dever do Estado defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. O parágrafo único do Artigo 227 determina que incube ao Poder Público [...] VII - considerar de interesse ecológico do Estado toda a faixa de praia de seu território até cem metros da maré de sizígia, entre outros, sendo dever de todos preservá-los, nos termos desta Constituição e da lei; [...] IX - designar os mangues, estuários, dunas, restingas, recifes, cordões litorâneos, falésias e praias, como áreas de preservação permanente.

Em seu Artigo 229 é determinado que a zona costeira no estado paraibano é patrimônio ambiental, cultural, paisagístico, histórico e ecológico, na faixa de quinhentos metros de largura, a partir da preamar de sizígia para o interior do continente, e que cabe ao órgão estadual de proteção ao meio ambiente sua defesa e preservação, na forma da lei. Ainda no Artigo 229, em seu § 1º O plano diretor dos Municípios da faixa costeira disciplinará as construções, obedecidos, entre outros, os seguintes requisitos:

a) nas áreas já urbanizadas ou loteadas, obedecer-se-á a um escalonamento de gabaritos a partir de doze metros e noventa centímetros, compreendendo pilotis e três andares, podendo atingir trinta e cinco metros de altura, no limite da faixa mencionada neste artigo; b) nas áreas a serem urbanizadas, a primeira quadra da praia deve distar cento e cinquenta metros da maré de sizígia para o continente, observado o disposto neste artigo; c) constitui crime de responsabilidade a concessão de licença para a construção ou reforma de prédios na orla marítima, em desacordo com o disposto neste artigo; d) excetua-se do disposto nas alíneas anteriores, a área do porto organizado do Município de Cabedelo, constituída na forma da legislação federal e respectivas normas regulamentares, para as construções e instalações industriais.

Apenas em 12 de dezembro de 2003, através da Lei nº 7.507, é instituído o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro, com o objetivo de planejar e gerenciar a utilização racional dos recursos naturais da ZC, para a melhoria da qualidade de vida das populações locais e a conservação dos ecossistemas costeiros em condições que assegurem a qualidade ambiental, com vistas ao desenvolvimento sustentável, de maneira integrada e participativa, atendidos os seguintes objetivos específicos:

I - Compatibilização dos usos e das atividades antrópicas, com a garantia da qualidade ambiental, através da harmonização dos interesses socioeconômicos, de agentes externos ou locais, com o desenvolvimento sustentável, sem prejuízo da

competência municipal na mesma matéria; II - Controle do uso e da ocupação do solo, da utilização dos recursos naturais em Zona Costeira, objetivando a minimização dos conflitos entre os diversos usos e atividades, em harmonia com a legislação Federal, aplicável à espécie; III - Definição de ações de conservação ambiental de áreas significativas e representativas dos Ecossistemas Costeiros; IV - Garantia de manutenção dos Ecossistemas Costeiros, assegurada através da avaliação da capacidade de suporte ambiental, considerando a necessidade de desenvolvimento socioeconômico da região; V - Planejamento e gestão das atividades na Zona Costeira de modo integrado, descentralizado e participativo; VI - Promoção da Educação Ambiental, condição básica para a sustentabilidade do desenvolvimento socioambiental.

Em 18 de dezembro de 2007, através do Decreto Estadual nº 28.948, é criada a Comissão Técnica Estadual do Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima (CTE do Projeto Orla no Estado da Paraíba).

### 3.5.3 Nível Municipal

No dia 02 de dezembro de 2017 foi aprovado em audiência pública o Plano de Gestão Integrada da Orla de Baía da Traição – PB. O processo de elaboração do plano teve início em dezembro de 2013. O seu objetivo é criar diretrizes e linhas de atuação para a orla do município, além de definir as responsabilidades, para prevenir, regular, corrigir e/ou amenizar os impactos sobre o ambiente natural e o patrimônio público causados pela intervenção antrópica, muitas vezes realizada de maneira desordenada, ilegal ou imprópria. Através do Decreto nº 05 da Prefeitura Municipal de Baía da Traição, publicado em 1º de março de 2018, foi criado o Comitê Gestor Municipal do Projeto Orla de Baía da Traição, para coordenar as ações de implantação, desenvolvimento e monitoramento dos Planos de Gestão Integrada da Orla Marítima e Fluvial do município.

Conforme já citado anteriormente, o Decreto nº 12 de 1º de março de 2021 da Prefeitura Municipal de Baía da Traição foi publicado para declarar situação de emergência por 180 dias nas áreas do município afetadas pela erosão marinha, nas áreas entre coordenadas geográficas: Latitude/SI=6°40'30.83527 e Longitude(W)=34°57'6.1704° e Latitude(S)= 6°40'30.8424" e Longitude (W)= 34°.57'6.21" e em todos os trechos destruídos pelo avanço do mar, para

desenvolvimento de ações de resposta, assistência à população e restabelecimento de toda área destruída. Em 2019, a Prefeitura Municipal de Baía da Traição já havia publicado o Decreto nº 23, no dia 13 de setembro, também para declarar situação de emergência, por 90 dias, nas áreas afetadas pela erosão marinha, situadas entre a Latitude-6.687916 e Longitude 34.93650 e a Latitude- 6.670724 e Longitude 34.954323 e em todos os trechos destruídos pelo avanço do mar.

### **3.6 ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO**

De acordo com Souza (2009), as consequências da erosão costeira não se limitam aos danos causados na praia, já que também podem causar danos a vários ambientes naturais e ainda atingir usos e atividades antrópicas. Para a autora, destacam-se os seguintes impactos possíveis causados pela erosão costeira: redução na largura de praia; desaparecimento do pós-praia; desequilíbrio ou perda de habitats naturais; aumento na frequência e magnitude de inundações costeiras; aumento da intrusão salina no aquífero costeiro e nas drenagens superficiais da planície costeira; aumento na erosão em desembocaduras de rios e estuários; perda de propriedades e bens públicos e privados ao longo da linha de costa; destruição de estruturas artificiais próximas à linha de costa; problemas ou colapso de sistemas de esgotamento sanitário; redução da adequação para banho das águas costeiras como resultado do aumento da poluição e contaminação das águas e sedimentos; perda de recursos pesqueiros; perda de valor paisagístico; perda no valor imobiliário; comprometimento do potencial turístico.

Souza (2009b) ainda acrescenta a essas possíveis consequências os prejuízos nas atividades socioeconômicas realizadas na região costeira; a artificialização da linha de costa causada pela construção de obras costeiras (para proteção e/ou recuperação ou mitigação); e os grandes investimentos com recuperação de praias e reconstrução da orla marítima.

Nesse mesmo contexto, o PBMC (2016) apresenta alguns outros impactos que podem ser causados pela erosão costeira, como a possível fragmentação ou perda completa de ecossistemas lindeiros à linha de costa oceânica e estuarina; a migração vertical de espécies e até de ecossistemas inteiros; redução de espaços habitáveis; problemas nas atividades agropecuárias; problemas nas atividades industriais; problemas nas atividades de comércio; perda de qualidade de vida; entre outros.

O Plano de Gestão Integrada da Orla de Baía da Traição afirma que, provavelmente, o avanço da linha de costa em direção ao continente se deve às alterações na configuração da orla na região.

De acordo com o documento do Plano de Gestão Integrada da Orla de Baía da Traição, o litoral do município é suscetível a múltiplos problemas, entre eles, destacam-se: erosão costeira; poluição do Rio Camaratuba; desmatamento; presença de resíduos sólidos nas praias; exploração inadequada dos recursos naturais; extinção de nascentes fluviais; assoreamento dos cursos de água; falta de planejamento urbano; risco de contaminação do solo e da água devido ao uso inadequado de sistemas sépticos; extração de areia das dunas; construções sobre os cordões dunares; perda de biodiversidade; entre outros.

Ainda de acordo com o Plano de Gestão Integrada da Orla de Baía da Traição, há algumas atividades responsáveis por gerar os problemas destacados acima, são elas: ausência de procedimentos adequados para destinação do lixo; ausência de regras para o uso e ocupação da área; uso da área para o turismo sem regras definidas; esgotos e efluentes de usina de cana-de-açúcar; desmatamento de nascentes para plantio de cana-de-açúcar; presença de ocupações irregulares de estabelecimentos na faixa litorânea e residências; tráfego de veículos na praia; ausência de planejamento urbano e de conscientização ambiental; pesca predatória; exploração madeireira nos manguezais; queimadas às margens do rio Sininbu; entre outros.

O Plano de Gestão Integrada da Orla de Baía da Traição ainda apresenta quais as consequências para os problemas citados acima, são eles: alteração da beleza cênica do local; perda de patrimônio ambiental; prejuízo para a atividade produtiva local; dificuldade na definição de regras de uso e ocupação da área; destruição de propriedades; impacto negativo no mercado imobiliário; limitação ao uso da praia; risco de acidentes; redução na área de lazer; destruição de dunas; destruição de vegetação; comprometimento dos arrecifes; degradação das falésias; extinção das desovas de tartarugas; entre outros.

De maneira resumida, no caso do município de Baía da Traição, os processos erosivos já estão causando prejuízos, principalmente no que diz respeito à perda de propriedades, conforme já explanado anteriormente. Nesse mesmo sentido, é perceptível que, muito provavelmente, se nada for feito, o avanço da linha de costa tende também a afetar outras residências ali localizadas.

Além disso, considerando o avanço da linha de costa em direção ao continente em algumas praias do município, também é possível afirmar que o encurtamento da largura da praia está diretamente atrelado às consequências de perda de valor paisagístico, perda no valor imobiliário, perdas para o turismo, perdas de espaços de lazer para a comunidade local, perdas para os serviços e comércio, além dos riscos à biodiversidade e as possibilidades de alto investimento tanto de origem pública como de origem particular, na tentativa de parar ou reduzir a erosão no local.

De acordo com Mentaschi et al. (2018), um planejamento costeiro eficaz e estratégias de adaptação oportunas são necessários para interromper a tendência de aumento da erosão costeira e reduzir os riscos associados. Para Bulhões (2020), considerando o panorama dos processos erosivos que afetam as regiões costeiras em âmbito global e a consequente deterioração da infraestrutura pública e privada construída e valorizada pelo ser humano, existe historicamente uma necessidade de estabilização da linha costeira e de mitigação dos efeitos adversos ocasionados pela erosão costeira.

Ainda de acordo com Bulhões (2020), em grande parte dos casos, as intervenções realizadas são concebidas com o objetivo de conter os efeitos da erosão, em vez de abordar suas causas fundamentais. Desse modo, para o autor, o enfoque recai não tanto na erosão como problema central, mas sim nos impactos negativos que ela implica para as atividades humanas, tais como a perda de infraestrutura de caráter público ou privado. Nessa perspectiva, o autor conclui que apesar dos esforços empreendidos, a erosão costeira se mantém como uma ameaça constante e persistente.

A fim de reduzir ou mitigar os problemas de erosão costeira, costuma-se considerar a realização de obras de proteção costeira (BULHÕES, 2020). De acordo com Mangor et al. (2017), a escolha da medida em uma determinada situação depende de três condições principais, sendo elas: o tipo de problema (erosão costeira, degradação da praia ou inundação); as características morfológicas (o tipo de perfil costeiro e o tipo de litoral; e tipo de uso e ocupação do solo (infraestrutura/habitação, recreação, agricultura, entre outros).

De acordo com Koerner et al. (2013), há duas lógicas distintas de abordagens para lidar com o problema da erosão costeira. A primeira delas, para os autores, consiste em interferir na dinâmica marinha e costeira e a segunda delas consiste em interferir na organização humana, permitindo que a dinâmica marinha atue

naturalmente. Como exemplos da primeira abordagem, os autores citam a proteção e estabilização da linha costeira por meio de métodos rígidos, como blocos de concreto, muros de proteção, espigões, quebra-mares, entre outros, ou a recuperação da praia por meio de métodos flexíveis, como engorda de praia. No caso da segunda abordagem, os autores afirmam que consiste no recuo das construções, onde o homem adapta-se à dinâmica da costa, ou também pode manter as construções existentes sem intervenção planejada.

Segundo Bulhões (2020), há dois tipos de obras de defesa do litoral, que podem ser classificadas como obras rígidas ou obras artificiais e obras naturais. De acordo com o autor, as obras artificiais podem ser construídas de maneira perpendicular à costa, para tentar reduzir o transporte sedimentar, ou de maneira longitudinal, para fixar a posição de linha de costa ou conter o efeito das ondas.

No caso das obras naturais, o autor considera que consistem em maneiras de replicar artificialmente os efeitos proporcionados pelas praias e dunas, que atuam como linhas naturais de defesa costeira, através do preenchimento artificial de praias ou sistemas de transposição artificial de sedimentos. Ainda de acordo com o autor, essas obras chamadas naturais são, normalmente, aliadas às obras rígidas, ou são empregadas como medidas mitigadoras para reduzir os impactos resultantes das intervenções iniciais.

A partir do próximo parágrafo, são apresentados alguns exemplos das obras mais utilizadas para defesa do litoral. Ressalta-se, entretanto, que todas as estratégias abordadas neste trabalho são apenas uma explanação de técnicas utilizadas no Brasil e no mundo e podem resultar em consequências negativas, inclusive a própria intensificação do problema ou apenas a transferência do problema para áreas adjacentes. Sendo assim, é necessário o desenvolvimento de programas e projetos entre os órgãos públicos, a comunidade acadêmica e a comunidade local, para acompanhar a situação da vulnerabilidade à erosão costeira em Baía da Traição.

### 3.6.1 Seawall ou muros de praia ou muros costeiros

De acordo com Mangor et al. (2017), muros de praia são estruturas inseridas para separar as áreas terrestres das áreas aquáticas, com o objetivo de evitar a erosão costeira e outros danos resultantes da ação das ondas e das marés, como as inundações. Essas estruturas costeiras geralmente possuem uma grande massa,

sendo projetadas para resistir à força total das ondas e das marés. Muros costeiros podem ser construídos com concreto, rochas ou pneus (Rao et al., 2013) (figura 4).

Se, por um lado, de acordo com Rao et al. (2013), os muros de praia oferecem um elevado nível de proteção contra inundações costeiras, demandando menor espaço em comparação com outras opções e possibilitando a implementação gradual de melhorias, por outro lado, a possibilidade de erosão na base do *seawall* pode causar problemas de instabilidade, impactar a disponibilidade de sedimentos, exigir investimentos contínuos em manutenção, reduzir a área de habitat intertidal e causar instabilidade devido a transbordamentos. De acordo com Mangor et al. (2017), o muro costeiro diminui a liberação de sedimentos na área que protege e resulta em um impacto negativo no balanço de sedimentos ao longo das linhas costeiras adjacentes.

**Figura 4** - Muro costeiro em Torcross (Devon, Inglaterra)



**Fonte:** N. Chadwick – CC-BY-SA/2.0<sup>1</sup>.

Sob essa perspectiva, de acordo com o livro *Panorama da Erosão Costeira no Brasil* (Brasil, 2018), os muros costeiros contribuem de maneira significativa para a degradação das praias, uma vez que impedem a migração natural dessas áreas em direção ao continente e resultam em seu desaparecimento gradual. Além dos processos naturais de erosão costeira, a implementação de estruturas rígidas desencadeia um agravamento dessa erosão (Brasil, 2018).

---

<sup>1</sup> Disponível em: [geograph.org.uk/p/3301406](http://geograph.org.uk/p/3301406).

### 3.6.2 Revetment ou Revestimento

De acordo com Mangor et al. (2017), *revetment* diz respeito à proteção feita com pedras, unidades de concreto, lajes, entre outros, construída para proteger um talude, a base de um penhasco ou de uma duna, e muitas vezes é utilizado como complemento a outros tipos de proteção. Um exemplo desse tipo de obra pode ser verificado na figura 5.

**Figura 5** - Revestimento geossintético: geotubos colapsados, em Cox's Bazar, Bangladesh



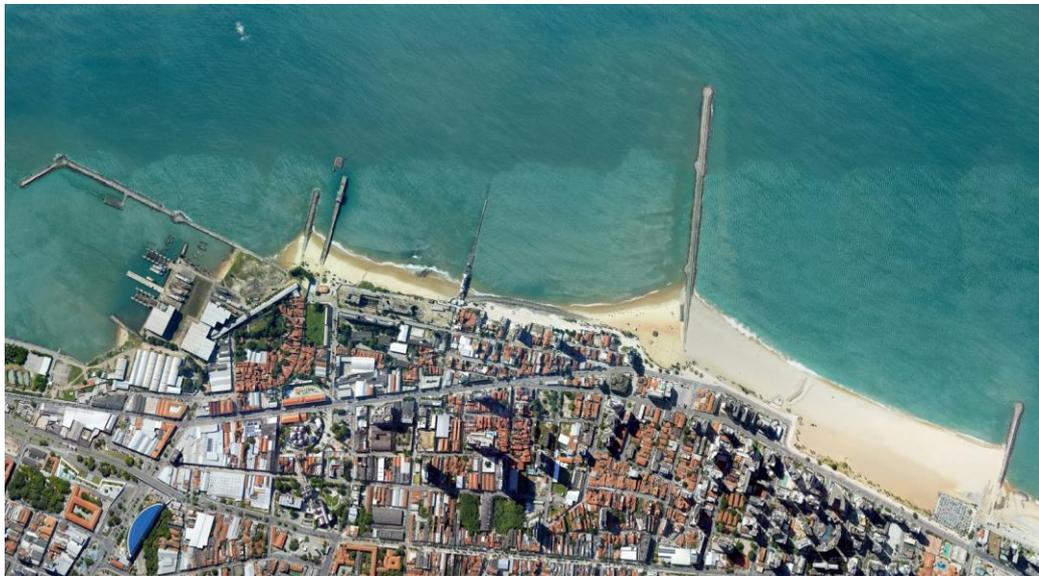
**Fonte:** Mangor et al, 2017.

Sua definição, de acordo com Mangor et al. (2017), é muito similar à de um muro costeiro, no entanto, não oferece proteção contra inundações. Os revestimentos podem ser inclinados e ter estruturas permeáveis, como pedras naturais ou blocos de concreto, aumentando assim a absorção de energia das ondas e minimizando a reflexão seus impactos. Além disso, o autor considera que os revestimentos também podem ser constituídos de sacos, colchões e tubos de geotêxtil preenchidos com areia (figura 5). Ainda de acordo com o autor, revestimentos são uma estrutura mais flexível do que um muro costeiro, sendo assim, mais fáceis de modificar diante de mudanças futuras no nível do mar.

### 3.6.3 Groynes ou Espigões

Para Bulhões (2020), espigões (figura 6) são uma das opções mais utilizadas de defesa do litoral. De acordo com o autor, essas estruturas podem ser construídas utilizando diferentes materiais, tais como blocos rochosos, concreto, madeira, metal ou tecidos sintéticos resistentes, que são preenchidos com areias ou outros materiais, como os geotêxteis.

**Figura 6** - Campo de espigões na Praia de Iracema, Fortaleza, Ceará



**Fonte:** Google Earth, 2023.

Mangor et al. (2017) afirmam que espigões são normalmente construídos perpendicularmente à linha da costa com o objetivo de proteger uma área, bloqueando (parcialmente) o transporte de sedimentos, fazendo com que a areia se acumule no lado à montante do espigão. No entanto, os autores consideram que esta retenção de areia causa um déficit no sedimento transportado e esse tipo de proteção costeira está sempre associado à erosão correspondente no lado à sotavento da estrutura. Dessa forma, para os autores, a construção dessa estrutura apenas transfere o problema de erosão para a área à jusante. De acordo com Netto et al. (2017), espigões podem agir isoladamente ou em conjunto de maneira a formar um campo de espigões.

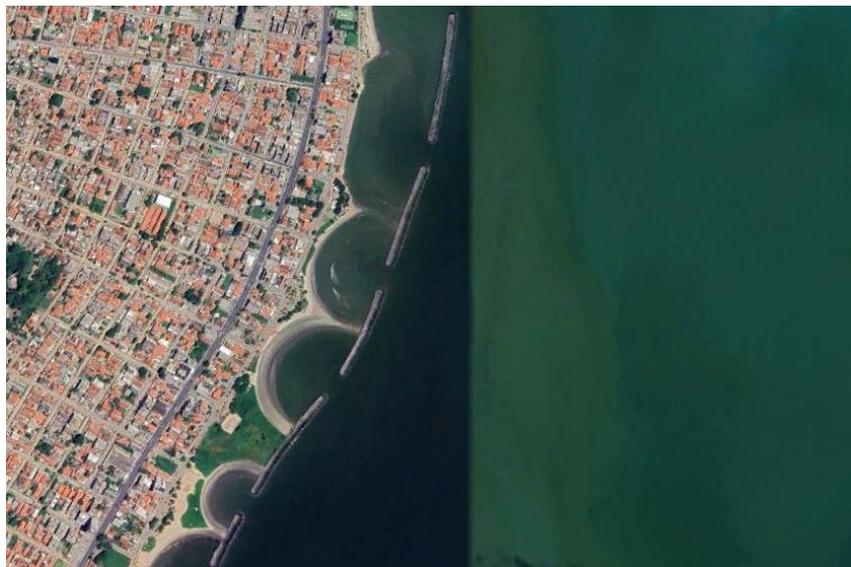
Mangor et al. (2017) concluem que a eficiência de espigões como medida de proteção depende do comprimento dos espigões em relação à largura da zona

litorânea, bem como do número e espaçamento entre eles. Nesse mesmo sentido, Bulhões (2020) afirma que é sempre esperado que ocorra erosão à sotamar da estrutura, dessa forma, para resolver esse problema, uma solução comumente proposta é a construção de novos espigões ou a associação a outras estruturas, como quebra-mares. No entanto, ainda de acordo com Bulhões (2020), essa iniciativa resulta em uma linha de costa ainda mais artificializada, gerando potencialmente novos impactos negativos.

#### 3.6.4 Detached Breakwater ou Quebra-mar destacado

De acordo com Netto et al. (2017), quebra-mares são estruturas construídas a certa distância da costa, posicionadas de forma paralela a ela, podendo ser submersas ou não (figura 7). Sua principal função é intervir nas ondas, dissipando sua energia antes que atinjam a praia, o que resulta na redução do seu poder erosivo. Segundo Bulhões (2020), quebra-mares podem ser construídos utilizando materiais de diversas formas, tamanhos e estruturas, sendo os mais comuns apresentados na forma de uma pilha de blocos rochosos ou blocos de concreto com formas complexas.

**Figura 7** - Quebra-mares destacados e segmentados na Praia do Janga, Paulista, Pernambuco



Fonte: Google Earth, 2023.

No entanto, de acordo com Bulhões (2020), essas estruturas favorecem a deposição de sedimentos criando uma saliência na linha de costa, e quando esta se une ao quebra-mar, é criado um tómbolo. Bulhões (2020) ainda afirma que quebra-

mares podem ser dimensionados como uma estrutura única, para proteger um segmento menor da praia, ou podem ser projetados de forma segmentada. No caso da abordagem segmentada, há vantagens para a proteção de um segmento maior do litoral, com um impacto ligeiramente menor nos processos dinâmicos ao longo da linha de costa. Mangor et al. (2017) apresenta dois outros possíveis impactos na construção de quebra-mares, que consiste no impacto visual, através da obstrução da vista, resultando em uma problemática para o turismo e lazer, e o risco para banhistas, que ao nadarem atrás dos quebra-mares podem estar sujeitos aos perigos de circulação de correntes.

### 3.6.5 Diques

De acordo com Bulhões (2020), diques são estruturas de engenharia caracterizados por sua forma longitudinal e possuem como objetivo primordial a prevenção do alagamento de áreas costeiras de baixa altitude, mesmo em regiões onde não há antecedentes de processos erosivos. Para Mangor et al. (2017), diques normalmente são compostos por areia com uma camada de solo de prado coberta de grama, no entanto, a ação intensa das ondas pode exigir a proteção frontal do dique com um revestimento. Dessa forma, segundo Bulhões (2020), a superfície dessas estruturas é normalmente estabilizada utilizando grama ou vegetação com estrutura mais densa, asfalto, blocos de rochas ou concreto (figura 8).

**Figura 8** - Dique coberto por grama e concreto e protegido por enrocamento na Holanda



**Fonte:** Kobus van Leer (Pixabay).

Segundo Rao et al. (2013), diques frequentemente constituem-se como a opção de defesa rígida mais econômica e oferecem maior dissipação de energia das ondas e menor erosão do que estruturas verticais. Por outro lado, os autores consideram que a construção de diques requer altos volumes de materiais e espaço, além de necessitar de manutenção constante e, ainda, pode incentivar padrões de assentamento que aumentam a possibilidade de desastres a longo prazo.

### 3.6.6 Dunas Artificiais

Para Mangor et al. (2017), uma duna natural representa a própria resposta resiliente da natureza frente à erosão costeira e riscos de inundação. Os autores consideram que em regiões caracterizadas por dunas naturais que são impactadas por fortes ventos, erosão costeira pronunciada, degradação da faixa de areia e episódios de inundação, a implementação de dunas artificiais se apresenta como uma medida de proteção complementar viável. Essa abordagem, de acordo com os autores, pode ser implementada de maneiras diversas e, inclusive, pode-se observar uma transição gradual do enfoque na restauração de dunas para a criação de dunas artificiais.

Ainda de acordo com Mangor et al. (2017), dunas artificiais potencializam os processos naturais de crescimento da duna e é um método de proteção ambientalmente sustentável, assim, conseguem fornecer proteção flexível contra a erosão costeira. Os autores consideram que à medida que a duna é gradualmente erodida, a areia é liberada para os processos litorâneos, e o impacto nas praias adjacentes é positivo, além disso, o volume e a qualidade da areia alimentada determinam a durabilidade da proteção.

Para Bulhões (2020), as dunas exercem a função de revestimentos costeiros que promovem a dissipação da energia das ondas, além de refleti-las de volta à praia. Além disso, o autor considera que tanto as dunas naturais como as dunas artificiais desempenham o papel de uma barreira física entre o oceano e as áreas costeiras, sendo capazes de se mover naturalmente durante eventos de alta energia.

### 3.6.7 Alimentação ou engordamento artificial de praias ou Beach Nourishment

Segundo Bulhões (2020), alimentação artificial de praias trata-se de um conjunto de intervenções de engenharia que tem como objetivo principal aumentar artificialmente o volume de areia em um segmento específico da costa. O objetivo dessa técnica, de acordo com o autor, é restabelecer ou melhorar as características geomorfológicas e sedimentares das praias, promovendo a sua estabilidade e proteção contra processos erosivos.

A alimentação artificial de praias envolve a deposição de grandes volumes de areia de alta qualidade na área costeira, na faixa de praia emersa, o que promove seu alargamento em direção ao mar e fortalece seu volume e sua elevação altimétrica, ou na área submarina adjacente, nas proximidades dos fundos marinhos, a fim de dissipar a energia das ondas antes de atingir a praia emersa (PINTO et al., 2018). Um dos exemplos de uso dessa técnica é a praia de Copacabana, onde a obra de alargamento ocorreu entre os anos de 1969 e 1970 (BULHÕES, 2020), conforme as figuras 9 e 10.

**Figura 9** - Copacabana em 1921



**Fonte:** Fundação Biblioteca Nacional (Augusto Malta)

**Figura 10** - Copacabana em 2017



**Fonte:** Wikimedia Commons (Francisco Anzola)<sup>2</sup>.

Para Pinto et al. (2018), o grau de sucesso dessa técnica pode ser muito variável e específico de cada local, dessa maneira, o processo de alimentação artificial de praias pode levar meses ou décadas para sua conclusão. As condições, de acordo com o autor, que podem influenciar em sua eficácia, são: tendência erosiva, grau de

---

<sup>2</sup> Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=71348579>>

exposição, configuração da praia, comprimento da linha de costa, taxas de transporte sedimentar transversal e longitudinal e condições meteorológicas e oceanográficas.

Diferentemente das técnicas que consistem na inserção de estruturas rígidas ao longo da praia, a alimentação artificial de praias não impede o transporte de sedimentos ao longo do litoral (BULHÕES, 2020). Para Pinto et al. (2018), trata-se de uma abordagem utilizada para proteção e defesa costeira, bem como para a regeneração de praias, que é considerada ambientalmente aceitável, permitindo a potencialização de atividades recreativas. Os autores ainda consideram que essa técnica tem sido mais utilizada nas últimas décadas em detrimento de medidas de estabilização por estruturas rígidas.

Por outro lado, de acordo com Rao et al. (2013) após a realização da alimentação artificial de praias, são necessários reabastecimentos periódicos. Além disso, Pinto et al. (2018) considera que essa técnica oferece alto risco às comunidades biológicas, já que estas são arrastadas juntamente com os sedimentos e deslocadas de seus habitats naturais, e posteriormente depositadas no local do enchimento, resultando em uma alta taxa de mortalidade e em sua destruição parcial ou total. Para os autores, outros impactos associados ao uso da alimentação artificial de praias é o aumento da turbidez ou do ruído e escoamento de óleos ou combustível para o mar.

Nesse sentido, de acordo com Bulhões (2020), em Marataízes (Espírito Santo), foi realizada a alimentação artificial da praia somada à outras estruturas de contenção, no entanto, apesar de resolver localmente a erosão costeira, esta foi transportada para áreas imediatas à sul. Além disso, o autor ainda considera que a eficácia dos projetos de restauração artificial de praias é limitada pelos custos envolvidos e pela capacidade de manutenção, dessa maneira, à medida que as fontes locais de materiais se esgotam, os custos tendem a aumentar.

### 3.6.8 Eco-Engenharia e Soluções Híbridas

Para Souza et al. (2005), as estruturas rígidas, como por exemplo as citadas anteriormente, causam um impacto significativo na circulação das correntes costeiras, devido à modificação do ângulo de incidência das ondas, do perfil da praia e do regime sedimentar. Em geral, de acordo com os autores, estruturas como essas intensificam os problemas erosivos. Além disso, os autores também afirmam que recifes artificiais implantados em áreas de plataforma continental interna rasa também podem alterar o

clima de ondas, o padrão de refração das ondas incidentes e estacionárias, resultando em modificações no perfil da praia, inversões nas células de deriva litorânea e erosão costeira.

Ainda de acordo com Souza et al. (2005), as estruturas artificiais que não estão alinhadas paralelamente à linha de costa desempenham um papel significativo na captura de sedimentos, uma vez que interrompem as correntes de deriva litorânea, resultando na divisão da célula original em duas células de deriva litorânea menores. Isso leva, segundo os autores, à acumulação de sedimentos à montante da estrutura (que agora se torna a zona à sotavento de uma das novas células) e à intensificação da erosão a jusante da estrutura (que se torna a zona à barlavento da outra nova célula).

De acordo com Bulhões (2020), há a proposição de soluções para mitigar os impactos negativos das estruturas rígidas de defesa do litoral, já que essas ameaçam os ecossistemas costeiros e estuarinos. Essas medidas, de acordo com o autor, também são chamadas de "infraestrutura baseada na natureza", "engenhando com a natureza", "construindo com a natureza", "engenharia leve", "infraestrutura azul/verde" e "costas vivas".

Para Morris et al. (2018), habitats naturais fornecem serviços de proteção contra riscos costeiros por meio de processos ecossistêmicos, como o aumento do atrito do leito, a deposição de sedimentos e a formação de biomassa vertical. Além disso, os autores também consideram que a destruição dos habitats é maior nas áreas mais densamente povoadas e que o impacto para os seres humanos é maior durante a erosão.

Morris et al. (2018) também afirmam que as medidas baseadas na natureza, por meio da restauração ou criação de habitats, possuem grande potencial para a defesa costeira. A proteção, de acordo com os autores, oferecida por essas medidas, se dá através de processos ecossistêmicos, como aumento da fricção no leito, redução local da profundidade da água, deposição de sedimentos e formação de biomassa vertical.

Outras opções nesse sentido são sugeridas por Rao et al. (2013), como o reflorestamento de áreas de manguezal, reflorestamento de vegetação nativa em geral, redução na extração de corais, redução de desmatamento e aumento na fiscalização. No entanto, os benefícios oferecidos por essas medidas envolvem um

alto grau de incerteza, de acordo com os autores, mas, de uma maneira geral, essas medidas tendem a ser menos custosas do que medidas rígidas de engenharia.

Para Bulhões (2020), outra opção é combinar estratégias de proteção costeira que se fundamentam na recomposição ou conservação de ecossistemas costeiros e estuarinos, juntamente com a implementação de infraestrutura rígida construída e outras práticas já estabelecidas pela atividade humana, considerada como “solução híbrida”. O autor considera que esta opção oferece benefícios consorciados para o meio físico, biótico e socioeconômico.

Há, ainda, outra forma de lidar com o problema da erosão costeira, considerada como mecanismos e estratégias de retração e sacrifício (BULHÕES, 2020). O autor considera que retração se trata de remobilizar a estrutura construída para terrenos à retaguarda, fora do alcance da área em erosão, tratando-se de uma estratégia de menor custo e podendo ser mais efetiva do que realizar intervenções estruturais de defesa do litoral. Já o sacrifício, de acordo com o autor, equivale a não tomar nenhuma medida para combater a erosão costeira ou proteger a linha de costa, e apenas se limitar a não fazer nada.

Nesse caso, Bulhões (2020) considera que há áreas em que os custos para a compra de terras, desapropriação, demolição e relocação da infraestrutura existente, podem se tornar impeditivos para essa medida, gerando, muitas vezes, ações judiciais de longo prazo. O sacrifício, de acordo com o autor, normalmente é aderido após fortes tempestades ou furacões que danificam severamente as propriedades ou em áreas onde a erosão costeira é reconhecida como crônica. Ainda de acordo com o autor, no entanto, o sacrifício ou mesmo a retração são vistas, muitas vezes, pela comunidade como uma falha na gestão do risco nas zonas costeiras.

De maneira geral, Neves e Muehe (2008) consideram que deve haver uma adesão ao Gerenciamento Costeiro Integrado onde algumas ações devem ser incluídas, como: monitoramento ambiental permanente; propostas de ordenamentos municipais para ocupação urbana; políticas estaduais de gerenciamento costeiro; planejamento prévio e priorização de estudos para as formas clássicas de respostas (recuo, acomodação e proteção); entre outras.

## 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Na primeira etapa da pesquisa, foi realizado um levantamento nas bibliotecas de institutos e universidades da Paraíba e bibliotecas digitais. Informações e dados secundários que complementaram a pesquisa (mapas, imagens de satélite, *shapefiles* e pesquisas amostrais) foram catalogadas em órgãos governamentais, como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA), Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Programa de Geologia e Geofísica Marinha (PGGM). Também foram levantados os dispositivos legais, em âmbito local e nacional, de proteção da zona costeira, para conhecer as ferramentas e aplicações utilizadas pelo Estado para a proteção da zona costeira e de seus recursos ambientais.

Na segunda etapa da pesquisa, foi realizada a identificação de geoindicadores. Utilizou-se uma adaptação das metodologias propostas por Menezes et al. (2018); Bush et al. (1999) e Sousa et al. (2011), que através de variáveis verificadas na área de estudo, possibilitaram avaliar a vulnerabilidade costeira.

Os geoindicadores que foram utilizados nesta pesquisa para a avaliação da vulnerabilidade costeira foram: a) a morfologia da praia, b) a posição da linha de costa, c) os campos de dunas, d) a exposição às ondas, e) a distância da foz de rios, f) a vegetação, g) as estruturas costeiras, h) a impermeabilidade do solo. Cada um dos geoindicadores supracitados foi classificado de acordo com o seu potencial para a vulnerabilidade costeira, conforme a Tabela 1. Para a coleta dos geoindicadores, foram realizados três trabalhos de campo nas datas 30 de maio de 2022, 07 de junho de 2022 e 13 de julho de 2022. Além disso, também foi necessário realizar revisão bibliográfica, análise de imagens de satélite em ambiente SIG e o uso da ferramenta CASSIE, abreviação para Coastal Analyst System From Space Imagery Engine. Os procedimentos para a coleta e análise de cada geoindicador estão especificados a seguir:

a) Morfologia da praia: de acordo com Menezes et al. (2018), este geoindicador é fator resultante de processos hidrodinâmicos e geológicos. Em complemento, segundo Novak e Lamour (2021), a largura da faixa de praia é resultado tanto da evolução natural da linha de costa, como das formas de urbanização e sua evolução. Ainda segundo os autores, no caso de pós-praias mais largas, a proteção contra efeitos erosivos é maior, logo, a exposição da praia a eventos extremos se torna

menor. Este geoindicador foi analisado de acordo com a largura da faixa de praia, as informações foram coletadas através de pesquisas de campo;

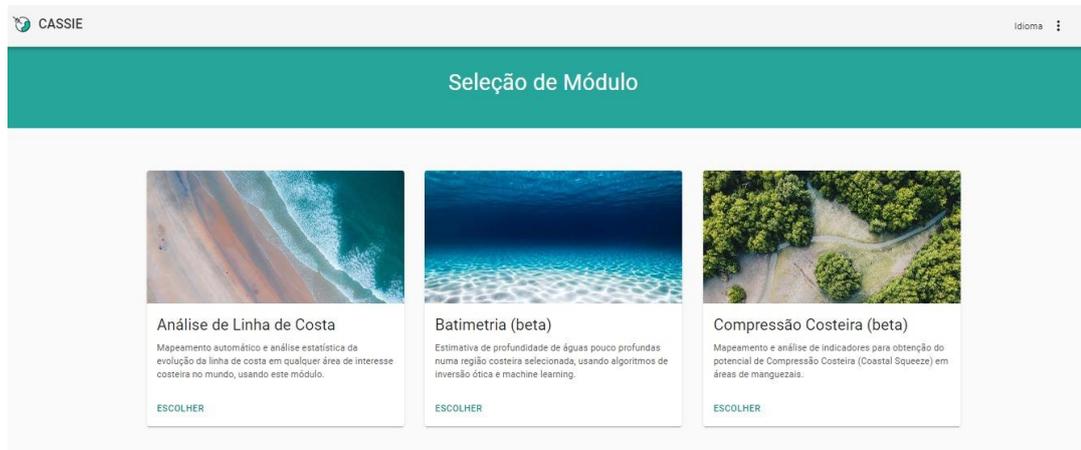
b) Posição da linha de costa: de acordo Novak e Lamour (2021), linhas de costa em avanço ou em estabilidade são indicadores de que a praia não é afetada pela ação da erosão, enquanto linhas de costa em recuo são indicadores de déficit no estoque sedimentar e a erosão já se tornou crônica. A análise deste geoindicador foi realizada através do CASSIE.

De acordo com Almeida et al. (2021), o CASSIE é uma ferramenta de código aberto para mapeamento e análise automáticos de linhas costeiras por meio de imagens de satélite. Lançado oficialmente em 2019, o CASSIE funciona em computadores, smartphones ou tablets, sendo desenvolvido em JavaScript e utilizando a API do Google Earth Engine (GEE). Pode ser aplicado em qualquer região costeira onde haja uma divisão entre água e terra, fazendo uso de imagens de satélite Landsat e Sentinel-2 disponíveis gratuitamente no GEE.

Segundo os autores, a ferramenta implementa a detecção automática de linhas costeiras utilizando o índice de diferença normalizada da água (NDWI) em conjunto com o algoritmo de segmentação de imagem Otsu. Com uma interface amigável e alto nível de automação, o CASSIE se destaca como uma ferramenta completa para apoiar diversos estudos e aplicações relacionados ao comportamento da linha costeira.

O CASSIE oferece módulos de análise de linha de costa, batimetria (beta) e compressão costeira (beta). Conforme é possível verificar na figura 11.

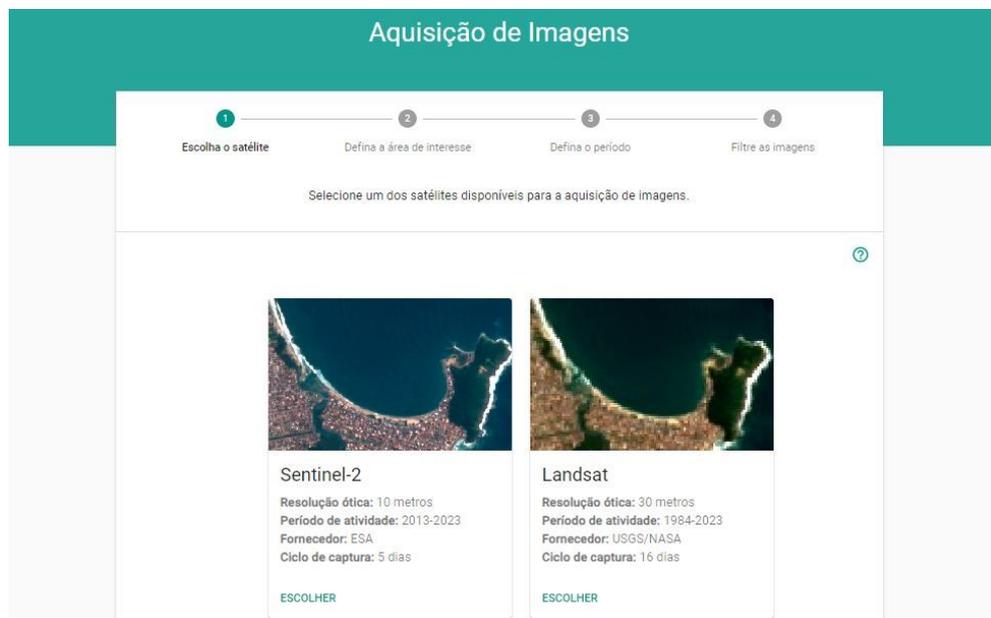
**Figura 11** - Interface de seleção de módulo no CASSIE



**Fonte:** Cassie.org (2023).

Ao escolher a análise de linha de costa, o usuário é redirecionado para a página de aquisição de imagens, onde pode selecionar entre os satélites Sentinel-2 ou Landsat, conforme a figura 12.

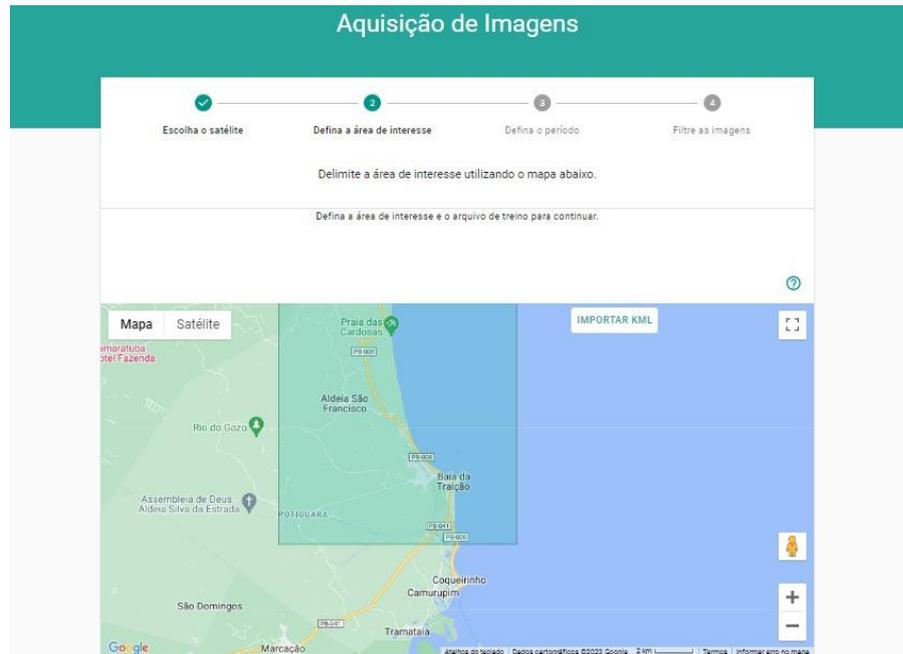
**Figura 12** - Interface de seleção de satélite no CASSIE



**Fonte:** Cassie.org (2023).

Durante essa fase, é possível definir a área de interesse (figura 13), especificar o período desejado e aplicar filtros para o nível de nuvens (figura 14).

**Figura 13 - Interface de delimitação de área de interesse no CASSIE**



Fonte: Cassie.org (2023)

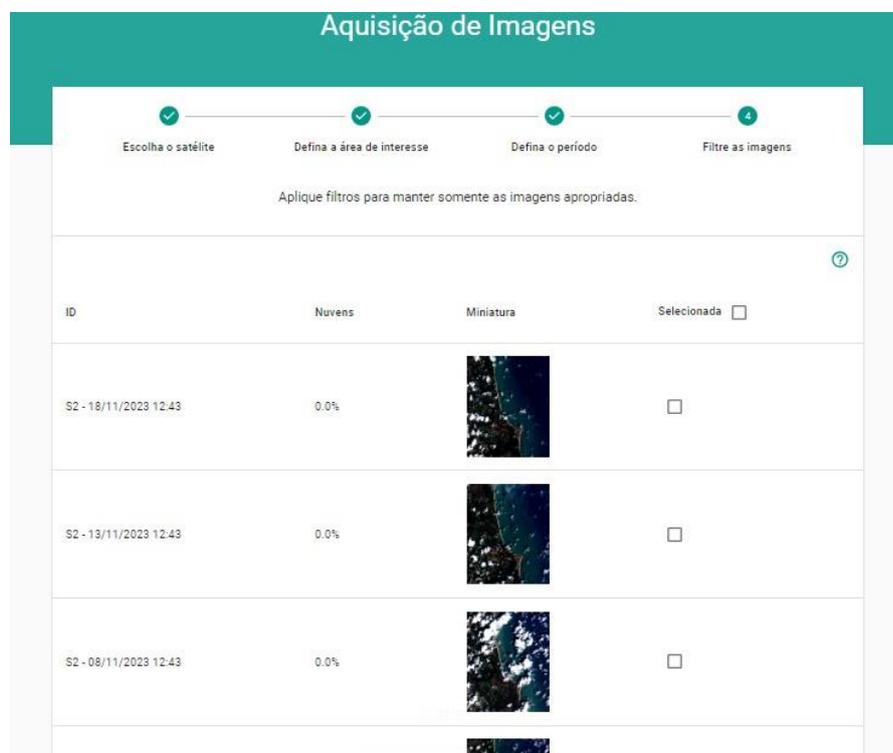
**Figura 14 - Interface de seleção do período de análise e filtro de nuvens no CASSIE**



Fonte: Cassie.org (2023)

Apesar da possibilidade de aplicação de filtros, para que sejam apresentadas imagens com uma determinada porcentagem de nuvens, o CASSIE não se trata de uma ferramenta precisa na classificação de uma imagem no que diz respeito à presença de nuvens (figura 15). É possível verificar imagens com nuvens capazes de comprometer os resultados, mas que estão classificadas com uma porcentagem de 0.0% de nuvens. Entretanto, apesar dessa imprecisão, na etapa seguinte, o usuário pode escolher as imagens mais adequadas para sua análise (figura 15).

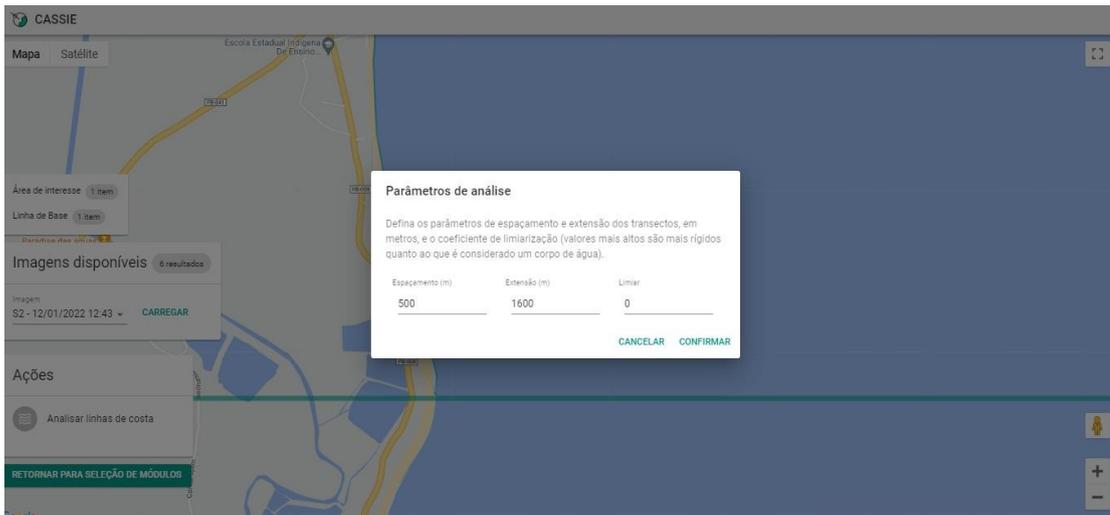
**Figura 15** - Interface de escolha de imagens por data, hora e nível de nuvens



**Fonte:** Cassie.org (2023)

As estatísticas da linha costeira do CASSIE, como a taxa de mudança, são baseadas no método de distância de linha de base. A linha de base é digitalizada manualmente pelo usuário, servindo como ponto de partida para os transectos lançados pelo CASSIE. É possível definir parâmetros de espaçamento e extensão dos transectos em metros, além do coeficiente de limiarização (figura 16).

**Figura 16** - Definição dos parâmetros de análise no CASSIE



**Fonte:** Cassie.org (2023).

Após extrair automaticamente as linhas costeiras das imagens selecionadas, o CASSIE realiza análises estatísticas utilizando a abordagem do DSAS (Digital Shoreline Analysis System). As análises incluem o Envoltório de Mudança na Linha Costeira (SCE), que mede a distância entre a linha costeira mais distante e mais próxima da linha de base em cada transecto; o Movimento Líquido na Linha Costeira (NSM), que representa a distância entre as linhas costeiras mais antigas e mais recentes para cada transecto; a Taxa de Mudança do Ponto Final (EPR), que calcula a taxa de mudança da linha costeira em metros por ano; e a Taxa de Regressão Linear (LRR), que determina a taxa de mudança na linha costeira com base na inclinação da linha de regressão linear (ALMEIDA, et al., 2021).

A Taxa de Regressão Linear (LRR) é a taxa de mudança na linha costeira (em metros/ano), baseada na inclinação da linha de regressão linear, e calculada ajustando uma linha de regressão de mínimos quadrados a todos os pontos da linha costeira para todos os transectos. Os resultados da LRR são classificados usando o esquema de classificação crônica de erosão da praia proposto por Esteves e Finkl (1998) Através da classificação obtida com a LRR, o CASSIE define a alteração da linha costeira em quatro classes, conforme a tabela 1.

**Tabela 1** - Definição dos parâmetros de análise de alteração de linha de costa

<b>Classes de alteração da linha de costa</b>	<b>Status do LRR</b>
Em acreção	> 0.5 m/ano
Estável	- 0,5 to 0.5 m/ano
Erodido	-1 to -0.5 m/ano
Criticamente erodido	< -1 m/ano

**Fonte:** Adaptado de Esteves e Finkl, 1998; Almeida et al., 2021.

Apesar de se tratar de uma ferramenta importante, o CASSIE possui como principal limitação atual a ausência de conjuntos de dados de previsões globais de marés no GEE, necessários para corrigir deslocamentos na linha costeira induzidos pela maré no momento da aquisição da imagem. Por este motivo, estão sendo desenvolvidas novas ferramentas para suprir as limitações do CASSIE.

Através do CASSIE, foi realizado um comparativo do posicionamento da linha de costa entre os anos de 2016 e 2022. Foram utilizadas imagens do satélite Sentinel-2, por apresentar melhor qualidade nas imagens na área estudada, no horário das 12h45, dos dias 25 de setembro de 2016, 23 de maio de 2017, 24 de novembro de 2019, 9 de dezembro de 2019, 14 de outubro de 2020 e 12 de janeiro de 2022. Para a escolha dessas imagens em específico, dois fatores foram utilizados:

- Baixo número de nuvens presentes.
- Tábua de marés. Como referência, foram utilizadas marés altas em todos os anos para garantir um melhor resultado (dados obtidos através do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM)).

Essa análise tornou possível identificar se as praias do município, no período analisado, estiveram sob o efeito de erosão, acreção, ou se essas permaneceram estáveis;

c) Campos de dunas: Menezes et al. (2018) afirmam que as dunas efetuam uma ação de barreira natural, sendo capazes de proteger a zona costeira contra a ação das ondas e tempestades. Além disso, os autores também afirmam que as dunas são fontes de sedimentos para as praias adjacentes. Este geoindicador foi analisado *in loco*, através de pesquisas de campo;

d) Exposição às ondas: para Sousa et al. (2011), a variação da linha de costa está diretamente ligada à incidência das ondas. Menezes et al. (2018) afirmam que a

presença de recifes é um parâmetro importante na definição do grau de exposição ou proteção da linha de costa para a ação de ondas. Para a análise deste geoindicador, foram feitas pesquisas de campo para análise *in loco*, bem como levantamento de bibliografia e uso de imagens de satélite;

e) Distância da foz de rios: de acordo com Menezes et al. (2018), os rios e canais podem migrar ao longo do tempo, causando mudanças abruptas na linha de costa. Este geoindicador foi analisado através de imagens de satélite, mapas e pesquisas de campo;

f) Vegetação: segundo Bush et al. (1999), a cobertura vegetal contribui para a captura de sedimentos impedindo os processos erosivos. Para os autores, a presença de gramas, arbustos, árvores e manguezal nas áreas costeiras, sugerem baixo potencial de erosão. Para a análise deste geoindicador, foram feitas pesquisas de campo, bem como levantamento de bibliografia;

g) Estruturas costeiras: de acordo com Koerner et al. (2013), as abordagens existentes para lidar com o problema da erosão costeira podem seguir dois tipos de lógica, sendo a primeira delas, interferir na dinâmica marinha e costeira, e a segunda delas, interferir na organização humana, deixando a dinâmica marinha agir naturalmente. Como exemplo da primeira abordagem, os autores destacam a proteção e estabilização da linha de costa através de métodos rígidos (blocos de concreto, muros de proteção, espigões, quebra-mares, entre outros) ou a recuperação da praia através de métodos flexíveis (engorda de praia). De acordo com os autores, para a segunda lógica, o ser humano pode recuar as construções para se adaptar à dinâmica da linha de costa. Sila et al. (2018) citam como técnicas para contenção de marés: os muros de gabião, enrocamentos, muro de arrimo e bagwall (blocos de concreto maciços).

Segundo Sousa et al. (2011), a construção de estruturas costeiras é realizada para controlar a erosão da praia, aumentar o volume de sedimentos da praia e proteger infraestrutura urbana no litoral. Porém, para Menezes et al. (2018), apesar das obras de contenção de erosão costeira serem capazes de providenciar uma proteção em curto prazo, elas podem representar áreas de instabilidade em um cenário futuro. Este geoindicador foi observado e analisado através de pesquisas de campo;

h) Impermeabilidade do solo: para Sousa et al. (2011), quanto maior a ocupação humana, maior é a impermeabilidade do solo. Aqui, foi observada a

infraestrutura urbana localizada no litoral, como residências, bares, pousadas, praças, ruas, estradas e construções humanas em geral.

**Tabela 2** - Geoindicadores para avaliação da vulnerabilidade costeira

Indicadores	Vulnerabilidade baixa (0)	Vulnerabilidade moderada (5)	Vulnerabilidade alta (10)
Morfologia da praia	Bom suprimento sedimentar	Praia estreita	Ausência de praia
Posição da linha de costa	Acreção	Estável	Erosão
Campos de dunas	Grande extensão de campos de dunas	Dunas de baixas altitudes	Sem dunas
Exposição às ondas	Presença de barreiras naturais.	Presença de bancos de areia.	Ondas sem obstáculos naturais
Distância da foz de rios	> 100m	Entre 50 e 100 m	< 50m
Vegetação	Vegetação Densa	Gramíneas, Arbustos	Ausência de Vegetação
Estruturas costeiras	Ausente	Estruturas de pequeno porte	Muros de contenção ao longo do ambiente praiar
Impermeabilidade do solo	Ausência de ocupações	Baixo quantitativo de ocupações	Obras de infraestrutura avançadas: assentamentos desenvolvidos, estradas asfaltadas e urbanização

**Fonte:** Adaptado de Sousa et al., 2011; Menezes et al., 2018; Bush et al., 1999

Após coletadas todas as informações para a análise dos geoindicadores, foi atribuído um índice para cada um deles, por ponto de coleta, de acordo com a Tabela 2:

- 0, nos casos de vulnerabilidade baixa;
- 5, nos casos de vulnerabilidade moderada;
- 10, nos casos de vulnerabilidade alta.

Para isso, além dos dados coletados na etapa de levantamento bibliográfico, foram realizadas pesquisas de campo, percorrendo desde o extremo sul ao extremo norte do município, os dados referentes a cada indicador, foram observados e analisados em intervalos espaciais regulares de 500 metros, completando 29 pontos de coleta, conforme a figura 17 e tabela 3, com uso de Global Positioning System (GPS) e câmera fotográfica.

**Figura 17** - Mapa de distribuição dos pontos de coleta dos geoindicadores



**Legenda**

- Pontos de coleta

Sistema de Coordenadas Planas,  
projeção UTM fuso 25 sul.  
Datum: Sirgas 2000

Elaborado por Diandra Soares de  
Araujo

**Fonte:** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

**Tabela 3** - Coordenadas geográficas dos pontos de coleta

Pontos	Latitude	Longitude
1	6° 42' 58" S	34° 55' 58" O
2	6° 42' 41" S	34° 56' 01" O
3	6° 42' 17" S	34° 56' 01" O
4	6° 42' 09" S	34° 56' 02" O
5	6° 41' 52" S	34° 56' 02" O
6	6° 41' 37" S	34° 56' 00" O
7	6° 41' 23" S	34° 55' 52" O
8	6° 41' 17" S	34° 56' 01" O
9	6° 41' 12" S	34° 56' 17" O
10	6° 41' 04" S	34° 56' 32" O
11	6° 40' 55" S	34° 56' 44" O
12	6° 40' 43" S	34° 56' 56" O
13	6° 40' 29" S	34° 56' 06" O
14	6° 40' 15" S	34° 56' 13" O
15	6° 40' 00" S	34° 56' 19" O
16	6° 39' 45" S	34° 56' 23" O
17	6° 39' 27" S	34° 57' 28" O
18	6° 39' 13" S	34° 57' 30" O
19	6° 38' 56" S	34° 57' 34" O
20	6° 38' 41" S	34° 57' 36" O
21	6° 38' 26" S	34° 57' 41" O
22	6° 38' 10" S	34° 57' 42" O
23	6° 37' 55" S	34° 57' 46" O
24	6° 37' 36" S	34° 57' 49" O
25	6° 37' 22" S	34° 57' 50" O
26	6° 37' 06" S	34° 57' 51" O
27	6° 36' 49" S	34° 57' 51" O
28	6° 36' 33" S	34° 57' 51" O
29	6° 36' 17" S	34° 57' 50" O

**Fonte:** De autoria própria.

Após realizada a avaliação de cada indicador nos 29 pontos de coleta, conforme indicado na Tabela 3, foi realizada uma média aritmética dos índices atribuídos para cada ponto, utilizando o resultado da média para definir o grau de vulnerabilidade da praia analisada, a saber:

- Vulnerabilidade baixa, quando resultado obtido foi menor que 3;
- Vulnerabilidade moderada, quando o resultado obtido foi de 3 a 6,9;
- Vulnerabilidade alta, quando o resultado obtido foi igual ou superior a 7.

A pesquisa permitiu uma visão sistêmica sobre o litoral da área de estudo. Através da compreensão do processo de ocupação e da compreensão dos processos erosivos atuantes nas praias de Baía da Traição, foi possível determinar o nível de vulnerabilidade costeira ao qual o município está sujeito. Espera-se que esta pesquisa contribua para a tomada de decisões que visem mitigar os prejuízos causados pela erosão costeira no município estudado.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1 GEOINDICADORES DE VULNERABILIDADE COSTEIRA**

Conforme explanado no capítulo anterior, foi realizada a análise das linhas de costa do ano de 2016 ao ano de 2022, através do Cassie. De acordo com os resultados obtidos através desta ferramenta, foi possível classificar cada trecho da linha de costa como criticamente erodido, erodido, estável ou em acreção (figura 18).

**Figura 18** - Mapa de transectos gerados pelo Cassie



### Legenda

#### Transectos

- Acreção
- Criticamente erodido
- Erodido
- Estável

Sistema de Coordenadas Planas,  
projeção UTM fuso 25 sul.  
Datum: Sirgas 2000

Elaborado por Diandra Soares de  
Araujo

**Fonte:** Elaboração própria a partir de dados do CASSIE e IBGE.

**Tabela 4** - Classificação da alteração da linha de costa dos pontos de coleta em Baía da Traição conforme os parâmetros de Esteves e Finkl (1998)

Ponto	LRR	Classificação
1	-1,471	Criticamente erodido
2	-0,27	Estável
3	0,846	Em acreção
4	-0,0976	Estável
5	0,364	Estável
6	0,827	Em acreção
7	1,689	Em acreção
8	1,82	Em acreção
9	-1,032	Criticamente erodido
10	-5,283	Criticamente erodido
11	-3,666	Criticamente erodido
12	-2,098	Criticamente erodido
13	-1,629	Criticamente erodido
14	-2,899	Criticamente erodido
15	-0,618	Erodido
16	-0,463	Estável
17	-1,378	Criticamente erodido
18	-1,145	Criticamente erodido
19	1,396	Em acreção
20	0,173	Estável
21	-0,837	Erodido
22	1,024	Em acreção
23	0,522	Em acreção
24	-0,0449	Estável
25	-0,995	Erodido
26	0,712	Em acreção
27	-0,86	Erodido
28	-0,54	Erodido
29	3,048	Em acreção

**Fonte:** Elaboração própria a partir de dados do CASSIE.

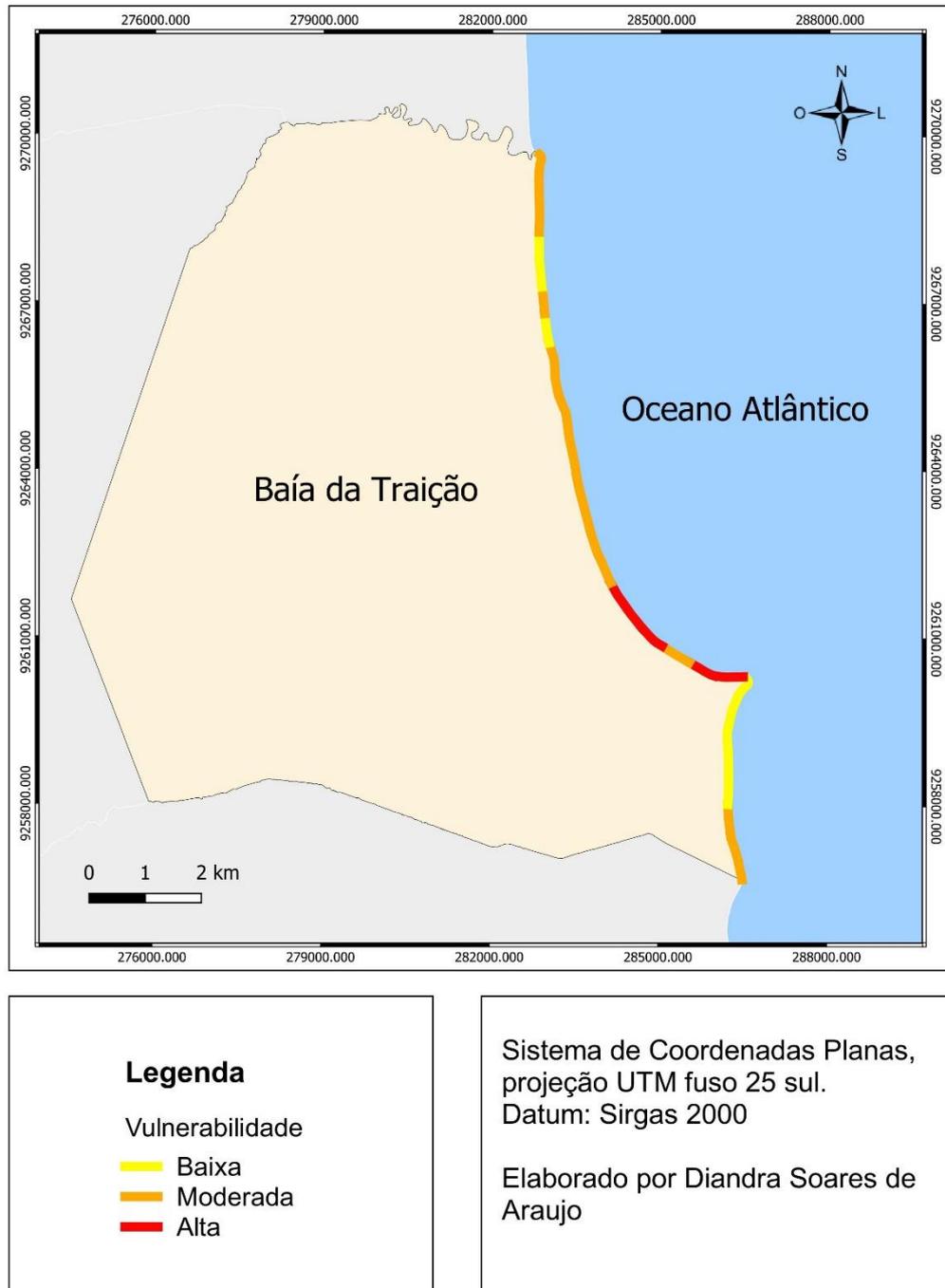
Após realizada a coleta de todos os geoindicadores, como explicado no capítulo relativo aos procedimentos metodológicos, os dados obtidos em cada ponto da zona costeira do município foram transferidos para uma planilha no ambiente Excel (Tabela 5) e cada ponto foi caracterizado de acordo com seu grau de vulnerabilidade à erosão costeira.

**Tabela 5 - Grau de vulnerabilidade através dos Geoindicadores**

Pontos	Morfologia da praia	Posição da linha de costa	Campos de dunas	Exposição às ondas	Distância da foz de rios	Vegetação	Estruturas costeiras	Impermeabilidade do solo	Média	Grau de Vulnerabilidade
P1	0	10	5	0	0	5	5	5	3,75	Moderado
P2	0	5	5	0	0	5	5	5	3,125	Moderado
P3	0	0	5	0	0	5	0	5	1,875	Baixo
P4	0	5	5	0	0	5	0	5	2,5	Baixo
P5	0	5	5	0	0	5	0	5	2,5	Baixo
P6	0	0	5	0	0	5	0	5	1,875	Baixo
P7	0	0	5	0	0	5	0	5	1,875	Baixo
P8	10	10	10	0	0	10	10	10	7,5	Alto
P9	10	10	10	0	0	10	10	10	7,5	Alto
P10	0	10	10	0	0	10	0	10	5	Moderado
P11	10	10	10	0	0	10	10	10	7,5	Alto
P12	10	10	10	0	0	10	10	10	7,5	Alto
P13	5	10	10	10	0	10	10	10	8,125	Alto
P14	0	10	10	10	0	10	0	0	5	Moderado
P15	0	5	10	10	0	10	0	0	4,375	Moderado
P16	0	10	10	10	0	10	0	0	5	Moderado
P17	0	10	5	10	0	5	0	0	3,75	Moderado
P18	0	0	5	10	0	10	0	0	3,125	Moderado
P19	0	5	10	10	0	10	0	0	4,375	Moderado
P20	0	10	10	10	10	10	0	0	6,25	Moderado
P21	0	0	10	10	0	5	0	0	3,125	Moderado
P22	0	0	10	10	0	10	0	0	3,75	Moderado
P23	0	5	5	10	0	5	0	0	3,125	Moderado
P24	0	5	5	10	0	5	0	0	3,125	Moderado
P25	0	10	5	10	0	5	0	0	3,75	Moderado
P26	0	0	5	10	0	5	0	0	2,5	Baixo
P27	0	10	5	10	0	5	0	0	3,75	Moderado
P28	0	10	5	10	0	5	0	0	3,75	Moderado
P29	0	0	5	10	10	5	0	0	3,75	Moderado

**Fonte:** Elaboração própria.

**Figura 19** - Mapa do grau de vulnerabilidade à erosão costeira de Baía da Traição



**Fonte:** Elaboração própria a partir de dados do IBGE.

Conforme é possível verificar na figura 19, a maior parte das praias de Baía da Traição encontra-se em estado de vulnerabilidade moderada. Dessa forma, cerca de 8.282 metros de linha de costa (56,36% do total das praias) encontram-se com vulnerabilidade moderada, cerca de 3.939 metros de linha de costa (26,80% do total das praias) encontram-se com vulnerabilidade baixa, e cerca de 2.471 metros de linha de costa (16,82% do total das praias) encontram-se com vulnerabilidade alta.

Para facilitar o entendimento, foi realizada uma subdivisão da extensão do litoral do município estudado:

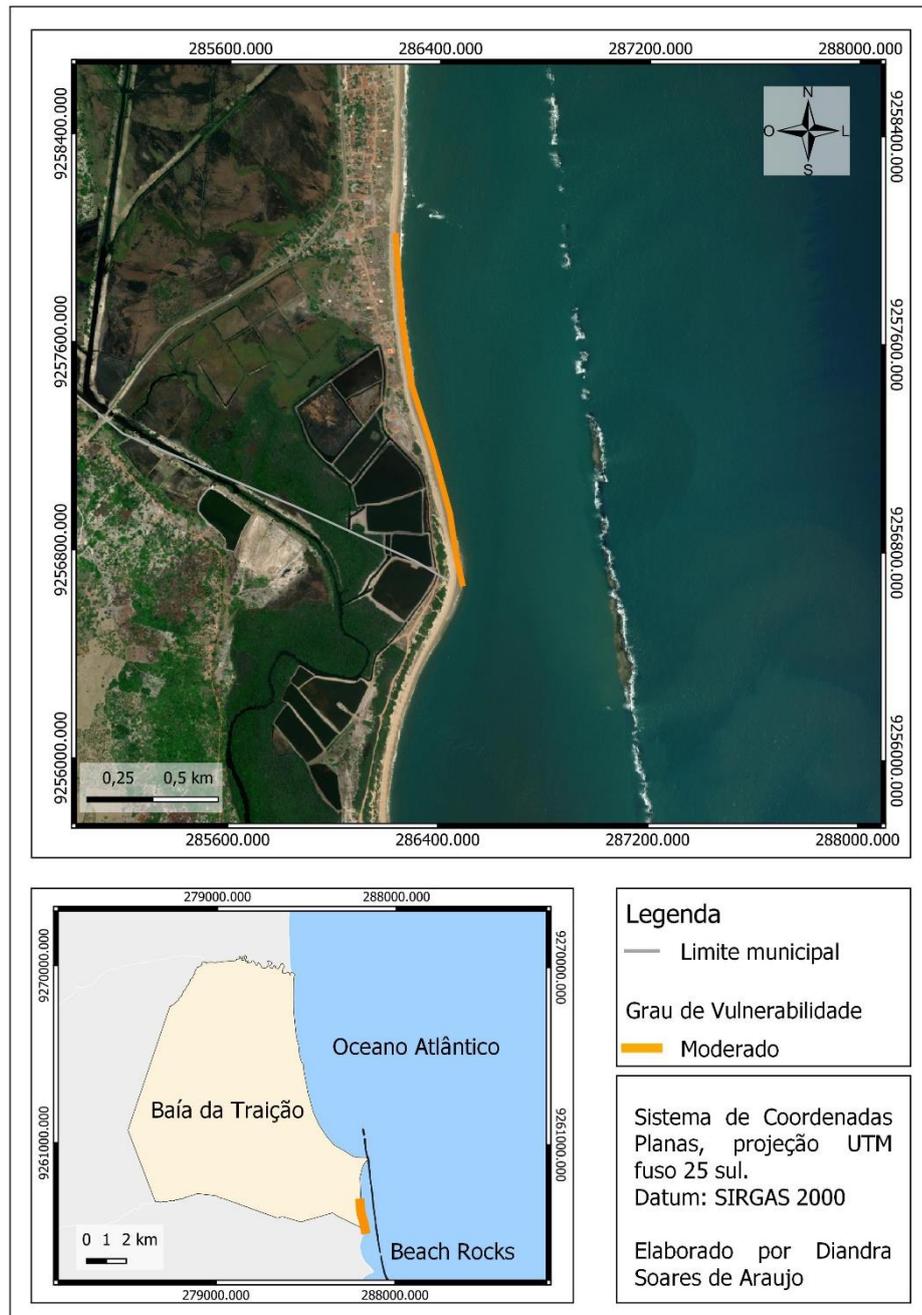
- 1 – Trecho A – localizado no extremo sul, que compreende os pontos 1 e 2;
- 2 – Trecho B – que compreende os pontos 3 a 7;
- 3 – Trecho C – que compreende os pontos 8 e 9;
- 4 – Trecho D – que compreende o ponto 10;
- 5 – Trecho E – que compreende os pontos 11 a 13;
- 6 – Trecho F – localizado no extremo norte, que compreende os pontos 14 a 29.

Os trechos supracitados serão analisados de maneira separada nos próximos subcapítulos.

### 5.1.1 Trecho A

Compreendido entre os pontos 1 e 2, o trecho A corresponde ao extremo sul da orla do município, conforme o mapa a seguir.

**Figura 20** - Mapa da vulnerabilidade do Trecho A



**Fonte:** Elaboração própria a partir de dados do IBGE e Cassie.

O trecho A encontra-se em um estado de vulnerabilidade moderada. Ele se diferencia dos pontos a ele adjacentes, em virtude de possuir algumas casas construídas sobre as dunas (figura 21). Essas casas contam com estruturas de pequeno porte para contenção da ação das ondas. Não foram observadas marcas de erosão nessas casas.

**Figura 21** - Casa construída sobre as dunas no trecho A

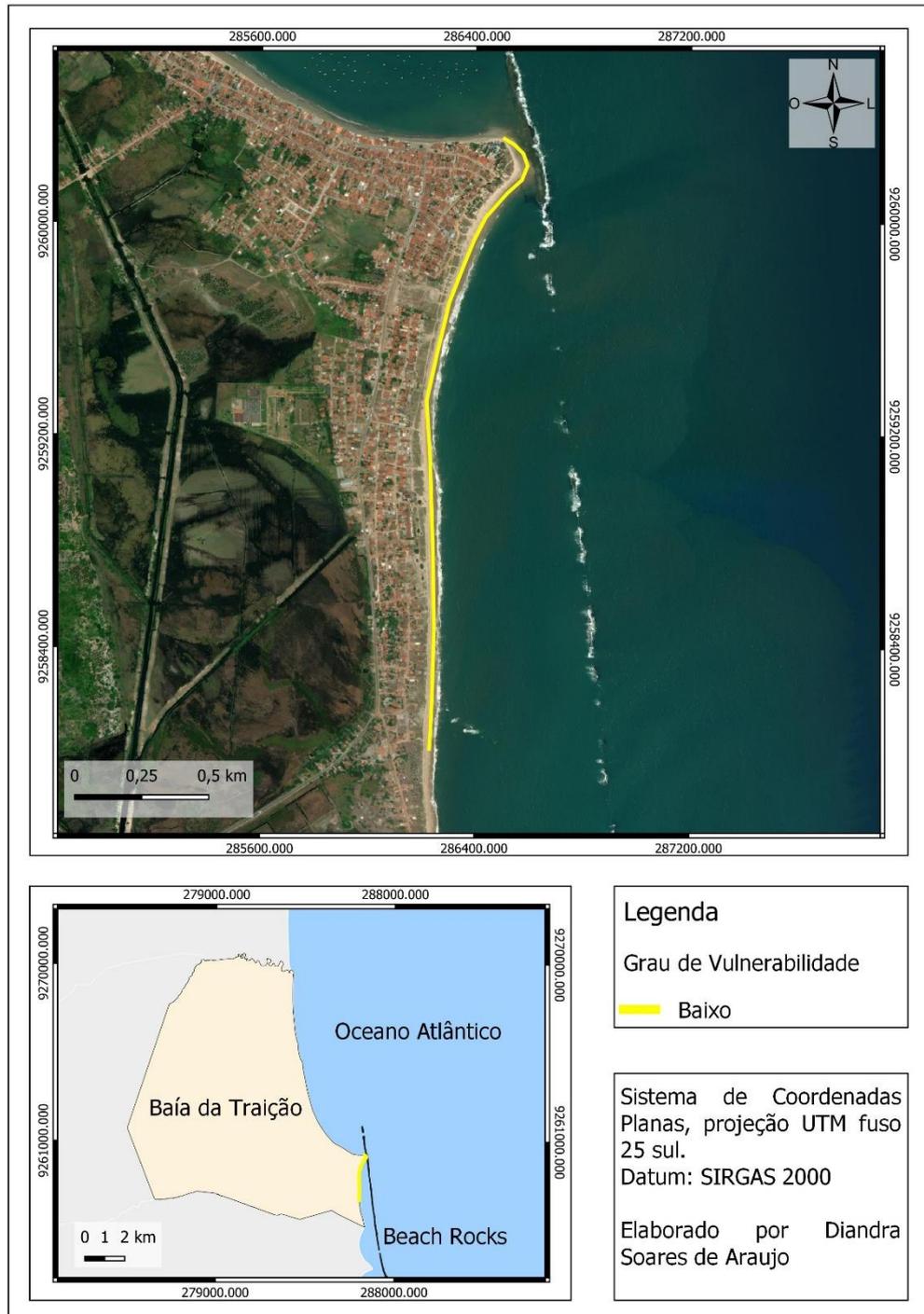


**Fonte:** De autoria própria (2022).

### 5.1.2 Trecho B

Compreendido entre os pontos 3 a 7, o trecho B possui uma vulnerabilidade baixa (figura 22).

**Figura 4 - Mapa da vulnerabilidade do Trecho B**



**Fonte:** Elaboração própria a partir de dados do IBGE e Cassie.

Há, neste trecho, dunas com presença de cobertura vegetal. Os pontos 5 e 4, de acordo com o Cassie, encontram-se, no que diz respeito à posição da linha de costa, em acreção. Já os pontos 3, 6 e 7, encontram-se em estabilidade. Ao longo do trecho B, há casas construídas na área por trás das dunas. É possível concluir que as dunas oferecem uma barreira natural a estas construções contra a força das ondas.

**Figura 23** - Dunas localizadas no trecho sul da zona costeira do município



**Fonte:** De autoria própria (2022).

No restante desse trecho, as construções (casas, pousadas e bares) estão localizadas após as dunas. As praias desse trecho possuem bom suprimento sedimentar e encontram-se protegidas pela linha de arrecifes, que faz com que as ondas percam força ao entrar em contato com elas.

No ponto 7, está localizado o tómbolo da Ponta das Trincheiras. Nesta praia, a orla é ocupada por alguns bares e restaurantes. A respeito desse local específico, onde está localizado o tómbolo, também é importante ressaltar que a formação recifal se torna nitidamente visível, já que está em contato com a zona de estirâncio.

### 5.1.3 Trecho C

O trecho C está compreendido entre os pontos 8 e 9 e possui alta vulnerabilidade, conforme é possível verificar na figura 24.

**Figura 24** - Mapa da vulnerabilidade do Trecho C



**Fonte:** Elaboração própria a partir de dados do IBGE e Cassie.

Os pontos 8 e 9 possuem intensa ocupação humana. Nessas áreas, as casas foram construídas diretamente sobre a areia da praia. Além disso, as praias possuem baixo suprimento sedimentar e não possuem área recreativa durante a maré alta. Ainda há, neste trecho, a presença de bares e restaurantes com algumas estruturas do tipo palafita (figura 25). De acordo com o Cassie, todo este trecho está em processo erosivo.

Todas as casas possuem estruturas de proteção contra a ação das ondas. Algumas dessas estruturas, dependendo da casa, é de maior ou menor porte. É possível verificar que há resquícios de casas que já foram completamente destruídas, sobrando apenas restos de paredes e/ou cerâmica. Essas casas, outrora destruídas, são um forte vestígio de que esse se trata de um trecho de grande vulnerabilidade à erosão costeira.

**Figura 25** - Bares na areia

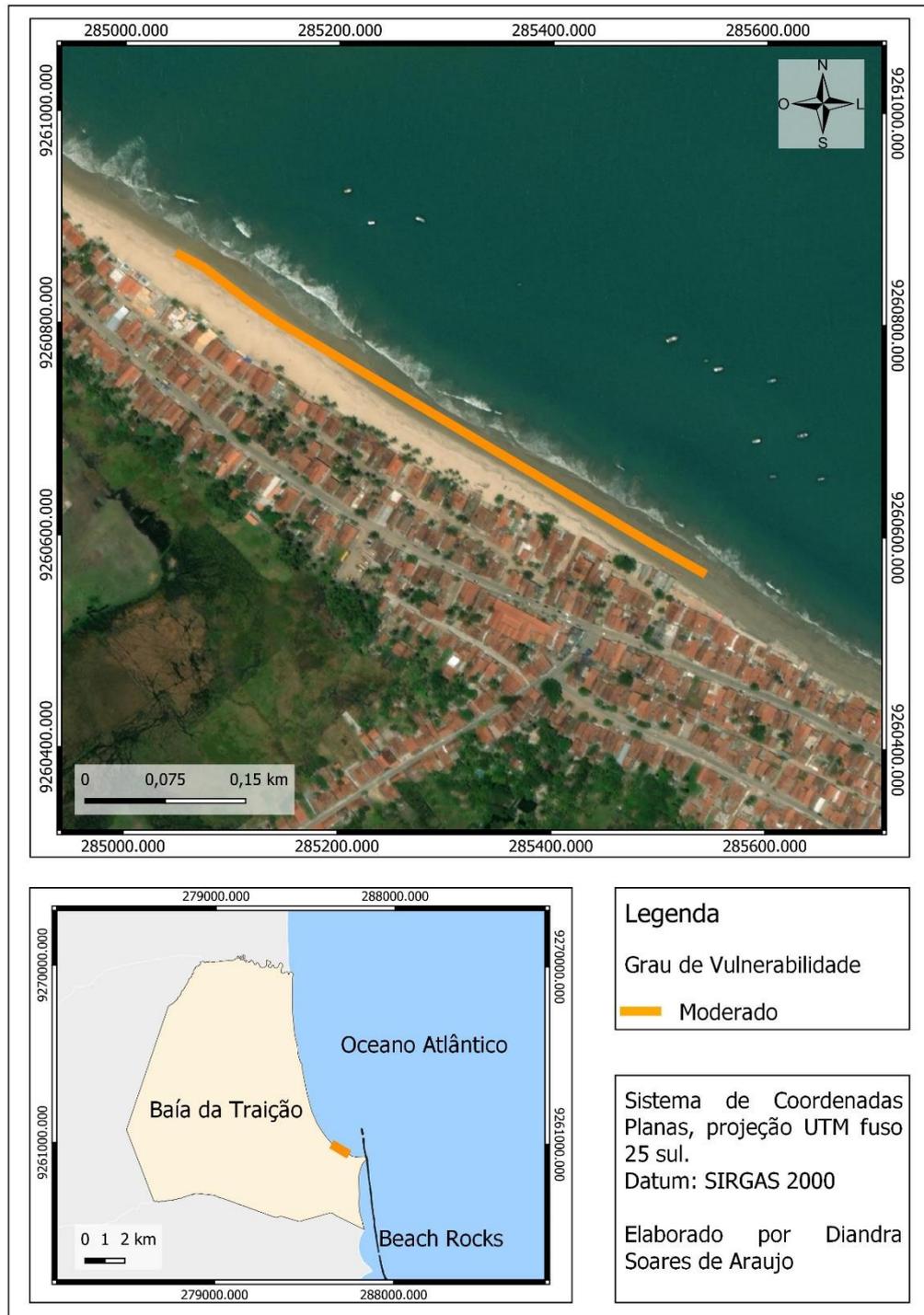


**Fonte:** De autoria própria (2022).

### 5.1.4 Trecho D

O trecho D compreende o ponto 10 e possui uma vulnerabilidade moderada, conforme a figura 26.

**Figura 26** - Mapa da vulnerabilidade do Trecho D



**Fonte:** Elaboração própria a partir de dados do IBGE e Cassie.

O Ponto 10 difere dos pontos localizados ao seu redor (Pontos 8 e 9 – trecho C – e Pontos 11, 12 e 13 – trecho E) por possuir uma larga faixa de praia. Apesar do fato deste trecho possuir casas construídas diretamente sobre a areia da praia, mesmo na maré alta, as ondas não conseguem alcançá-las, conforme pode ser observado na figura 27.

De acordo com os resultados obtidos através do Cassie, neste ponto, o mar está avançando para o continente. No entanto, com a metodologia escolhida para o presente estudo, foi possível concluir que o trecho está em vulnerabilidade moderada no momento.

**Figura 27** - Trecho com faixa de praia mais larga

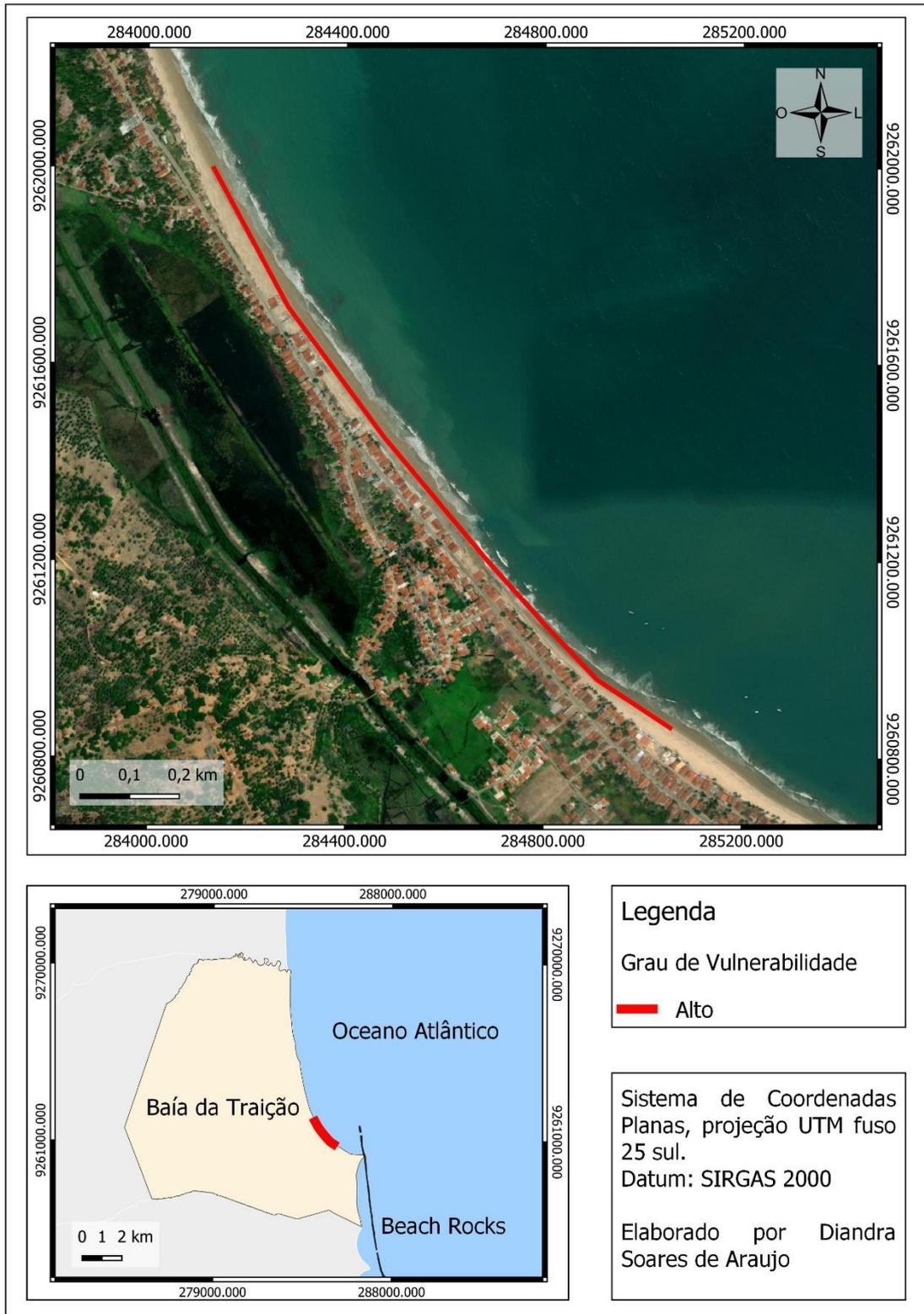


**Fonte:** De autoria própria (2022).

### 5.1.5 Trecho E

O trecho E está compreendido entre os pontos 11 e 13. Diferentemente do trecho D, que está localizado imediatamente ao sul, ele se iguala ao trecho C por estar em vulnerabilidade alta, conforme é possível verificar entre as figuras 28 e 32.

**Figura 5 - Mapa da vulnerabilidade do Trecho E**



**Fonte:** Elaboração própria a partir de dados do IBGE e Cassie.

**Figura 29** – Indicador de erosão costeira



**Fonte:** De autoria própria (2022).

**Figura 30** - Resquícios de construções



**Fonte:** De autoria própria (2022).

**Figura 31** – Indicador de ineficácia de estrutura de contenção de ondas no trecho E



**Fonte:** De autoria própria (2022).

**Figura 6** - Casas com estruturas de contenção de ondas

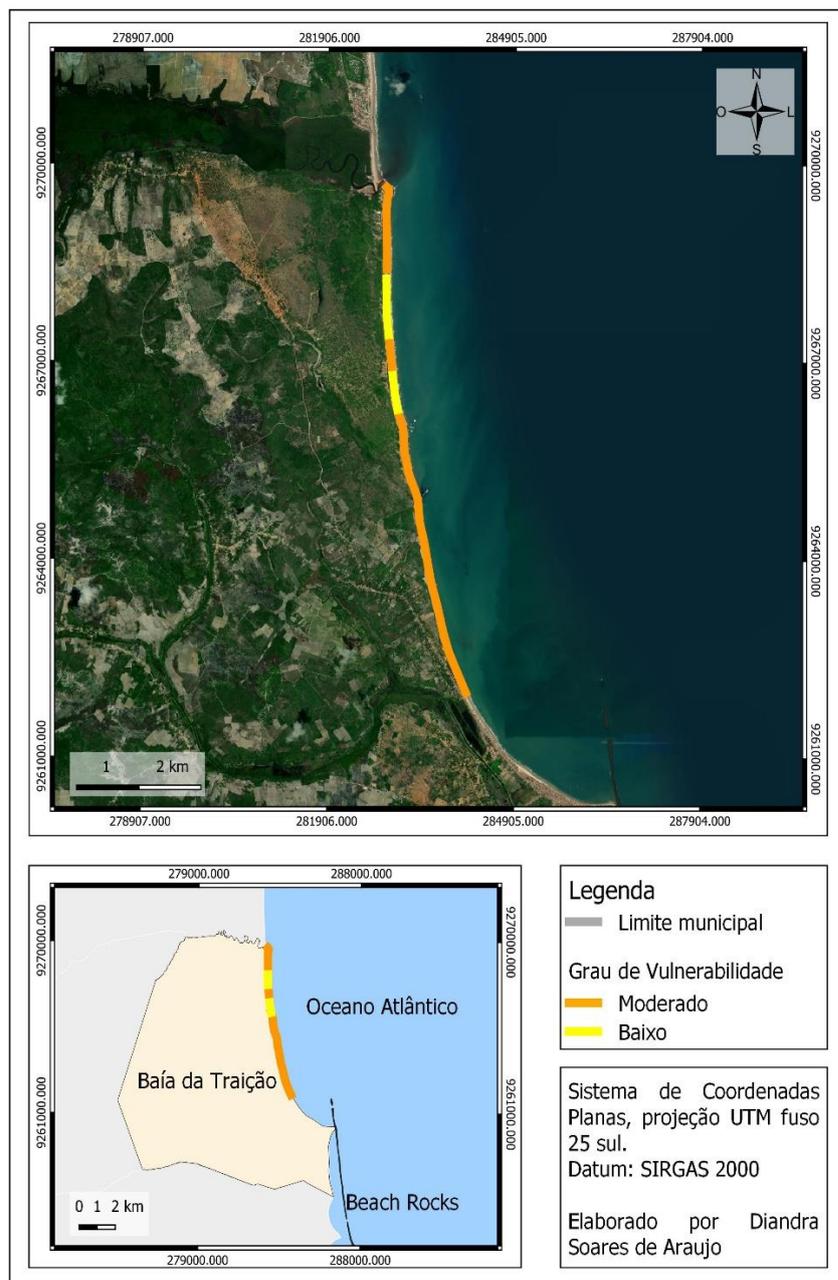


**Fonte:** De autoria própria (2022).

### 5.1.6 Trecho F

No trecho F (figura 33), existem áreas de vulnerabilidade moderada e de vulnerabilidade baixa. O trecho F é compreendido entre os pontos 14 e 29. Este trecho se caracteriza ora por falésias, ora por dunas. Algumas dessas praias, como a Praia do Forte (Ponto 14), não possuem áreas recreativas na maré alta e as ondas alcançam a base das falésias.

**Figura 33 - Mapa da vulnerabilidade do Trecho F**



**Fonte:** Elaboração própria a partir de dados do IBGE e Cassie.

Neste trecho, de acordo com os resultados obtidos pelo Cassie, as praias estão classificadas, ora como criticamente erodidas, ora como erodidas, ora como estáveis e ora como em acreção. Mesmo havendo praias erodidas, fatores como a ausência de ocupações, a presença de dunas, a presença de vegetação, entre outros, sugerem que essas praias possuem uma vulnerabilidade moderada ou baixa.

Toda a extensão do trecho F é de difícil acesso. Poucas são as áreas que possuem acesso por terra, e as outras áreas são acessíveis apenas por meio de caminhadas pela faixa de areia. Mesmo com a presença de vias de terra, não é possível acessar algumas dessas praias com carros de passeio.

Neste trecho, há poucas áreas que recebem banhistas. O litoral já não é mais protegido pelos *beach rocks* e conta com ondas maiores e um mar “menos calmo”, quando comparado com a porção sul do litoral. Este trecho possui áreas de falésias (figura 34), de dunas (figura 35), de foz do rio Camaratuba (figura 36), depósito fluvio-marinhos (figura 37), entre outros. Há momentos em que, dependendo da maré e da área, as ondas alcançam as falésias, tornando algumas praias completamente inacessíveis.

**Figura 34** - Falésias na Praia do Forte



**Fonte:** De autoria própria (2022).

Não há ocupações humanas nesse trecho, exceto pela presença do O'katu Camping, localizado entre os Pontos 19 e 20, que conta com ocas destinadas ao acampamento de turistas e um restaurante também no modelo de oca. No Ponto 20, também é possível encontrar a foz do Riacho do Canário.

**Figura 35** - Dunas nas imediações da Praia das Cardosas



**Fonte:** De autoria própria (2022).

No Ponto 29, último ponto do trecho e extremo norte do município, está localizado a foz do Rio Camaratuba (figura 29), cuja nascente está localizada no município de Serra da Raiz, a cerca de 90km de Baía da Traição. Nesse ponto, ocorrem depósitos flúvio-marinhos, conforme mostra a figura 30.

**Figura 36** - Rio Camaratuba



Fonte: De autoria própria (2022).

**Figura 37** - Depósitos flúvio-marinhos nas imediações do Rio Camaratuba



Fonte: De autoria própria (2022).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do trabalho realizado, foi possível classificar a zona costeira de Baía da Traição de acordo com seu grau de vulnerabilidade à erosão. Dessa maneira, a zona costeira do município estudado foi caracterizada por trechos classificados como em vulnerabilidade baixa, em vulnerabilidade moderada e em vulnerabilidade alta, através da adaptação da metodologia proposta por Menezes et al. (2018); Bush et al. (1999); e Sousa et al. (2011) que consiste no levantamento e análise da vulnerabilidade à erosão costeira por meio de geoindicadores.

Com o estudo realizado, foi possível compreender que a maior parte das praias de Baía da Traição encontra-se em vulnerabilidade moderada. É possível verificar que alguns fatores são responsáveis por reduzir sua exposição à erosão costeira nesses trechos, diminuindo, por consequência, a sua vulnerabilidade. Alguns exemplos desses fatores são o baixo índice ocupacional; a proteção oferecida em alguns trechos pelos *beach rocks*, que reduzem a força das ondas; a presença de dunas vegetadas em alguns trechos; entre outros.

Já os trechos de baixa vulnerabilidade possuem dunas de baixa altitude cobertas por vegetação de baixo porte e casas construídas após as dunas e que não estão expostas à ação de ondas. São praias que possuem bom suprimento sedimentar. Além disso, em alguns trechos, também estão protegidas pelos *beach rocks*, que reduzem a força das ondas.

Os trechos de alta vulnerabilidade possuem como principal característica a alta densidade ocupacional, onde as casas são construídas sobre a areia da praia. As casas possuem alta exposição à ação das ondas e possuem estruturas de contenção costeira. Também há resquícios de casas que outrora foram construídas e que agora estão completamente destruídas pela ação marítima. Através do trabalho realizado, foi possível verificar que esses trechos correm risco de destruição nos próximos anos.

Dessa forma, foi possível verificar a importância de barreiras naturais na proteção do litoral de Baía da Traição. Inclusive, justamente o local em que acaba a proteção da praia pelos *beach rocks* é o local em que inicia a maior vulnerabilidade à erosão costeira. Além disso, a presença de dunas e a presença de vegetação são dois fatores que também contribuem fortemente para a proteção das praias.

Sobre o que deve ser feito para resolver o problema da erosão costeira no município de Baía da Traição, conforme discutido anteriormente, a resposta é que não há medida perfeita. A resposta ideal a este problema é o desenvolvimento de programas e projetos por parte dos órgãos públicos com ampla discussão com a comunidade acadêmica e a comunidade local.

Acredita-se que a criação do Plano de Gestão Integrada da Orla de Baía da Traição tenha sido um passo importante na busca pela solução desse e outros problemas enfrentados pela Baía da Traição. Infelizmente, todas as possibilidades utilizadas em outros municípios brasileiros, e até mesmo em praias internacionais, podem ou não ajudar a solucionar o problema nas praias objeto de estudo desta pesquisa. Dependendo da escolha da medida, é possível, inclusive, que a situação da erosão seja agravada ou apenas seja transferida para outros trechos, devido à retenção sedimentar, causando um maior desequilíbrio.

Inserir estruturas rígidas de contenção à erosão costeira podem, em um primeiro momento, parecer resolver o problema da erosão, por outro lado, há uma série de impactos associados: altos custos financeiros para instalação e manutenção; transposição do problema da erosão para outras praias adjacentes; perda do potencial turístico; supressão de vegetação; entre outros. Além disso, processos como o alargamento da praia também parecem causar problemas graves, como a perda de habitats e, conseqüentemente, perda de biodiversidade e altos custos envolvidos. Ainda assim, medidas como essas podem não resolver o problema da erosão localmente.

Neste estudo, também foram apresentadas algumas estratégias utilizadas caracterizadas como não agressivas ou como medidas baseadas na natureza, como redução do desmatamento, restauração ou criação de habitats, aumento da fiscalização, recomposição ou conservação de ecossistemas costeiros e estuarinos. Essas medidas podem frear um pouco o problema da erosão, entretanto, há muitas incertezas envolvidas. Outra possibilidade apresentada nesta pesquisa foi a realização de soluções híbridas, que misturam as medidas de estruturas rígidas e medidas baseadas na natureza.

Por outro lado, o “fazer nada” ou o “aceitar as forças e respostas da natureza” também pode representar um enorme problema, principalmente frente à população local, já que não tomar atitudes representa aceitar o problema e, talvez, considerar como aceitáveis as perdas. Essas perdas podem ser: sentimentais; financeiras, tanto

no que diz respeito à perda de bens privados, como no que diz respeito à perda de recursos turísticos e pesqueiros; entre outros.

As consequências causadas pela erosão costeira são muitas, alguns exemplos foram citados neste trabalho: redução na largura de praia; desaparecimento do pós-praia; desequilíbrio ou perda de habitats naturais; aumento na frequência e magnitude de inundações costeiras; aumento na erosão em desembocaduras de rios e estuários; perda de propriedades e bens públicos e privados; problemas ou colapso de sistemas de esgotamento sanitário; perda de recursos pesqueiros; perda de valor paisagístico; perda no valor imobiliário; comprometimento do potencial turístico; prejuízos nas atividades socioeconômicas realizadas na região costeira; artificialização da linha de costa causada pela construção de obras costeiras (para proteção e/ou recuperação ou mitigação); além de perda de recursos estatais e privados com investimentos com recuperação de praias e reconstrução da orla marítima.

Com o estudo realizado, foi possível entender que: não há medidas indicadas na literatura capazes de resolver o problema de maneira totalizada; sempre haverá consequências envolvidas, independentemente da escolha que seja realizada; a legislação impõe regras de usos e ocupação e determina a criação de programas para a proteção desses ambientes. Diante disso, é necessário que os órgãos públicos estabeleçam um amplo diálogo com a comunidade local e com a comunidade acadêmica, para que sejam desenvolvidos programas e projetos e serem estudadas e discutidas as possíveis estratégias a serem aderidas na tentativa de mitigar o problema da erosão costeira em Baía da Traição.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L.P.; OLIVEIRA, I.E.; LYRA, R.; DAZZI, R.L.S.; MARTINS, V.G.; KLEIN, A.H.F. Coastal Analyst System from Space Imagery Engine (CASSIE): Shoreline management module. **Environmental Modelling & Software**. Vol. 140, jun. 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S136481522100076>>. Acesso em: 10 out 2022.

ALVES FILHO, E. Geoindicadores de mudanças morfológicas em sistemas físicos impactados por empreendimentos hidrelétricos: uma leitura da geografia histórica da paisagem - PCH Rio do Peixe I e II (1925-2016). 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/D.8.2018.tde-12042018-120512>>. Acesso em: 08 maio 2023.

AMARO, V. E.; SANTOS, M. S. T.; SOUTO, M. V. S. **Geotecnologias aplicadas ao monitoramento costeiro**: Sensoriamento Remoto e Geodésia de Precisão. Natal, RN. Edição do autor, 2012. 120p.

BAIA DA TRAIÇÃO. **Decreto nº 23 de 13 de setembro de 2019**: declara situação de emergência áreas do município afetadas pela erosão marinha decorrente do avanço da maré. Diário oficial do município: Baia da Traição, PB, 23 set. 2019. Disponível em: <[https://www.baiadataraicao.pb.gov.br/storage/content/legislacao/decretos/224/arquivos/file\\_201909271313mNGa.pdf](https://www.baiadataraicao.pb.gov.br/storage/content/legislacao/decretos/224/arquivos/file_201909271313mNGa.pdf)>. Acesso em: 15 nov. 2022.

BERGER, A. Assessing rapid environmental change using geoindicators. **Environmental Geology**, v. 32, p. 36-44, 1997. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s002540050191>>. Acesso em: 15 out 2022.

BRAGA, R.C.; PIMENTAL, M.A.S.; COELHO, C.; SZLAFSZTEIN, C.F.; ROLLNIC, M. Vulnerabilidade diante da ação energética do mar: Estudo de caso no Município de Salinópolis, Zona Costeira Amazônica, Brasil. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 19, n. 4, p. 245–264, 2019. Disponível em: <[https://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-n219\\_Braga.pdf](https://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-n219_Braga.pdf)>. Acesso em: 11 nov. 2022

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações determinadas pelas Emendas Constitucionais de Revisão nos 1 a 6/94, pelas Emendas Constitucionais nos 1/92 a 91/2016 e pelo Decreto Legislativo no 186/2008. – Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2016. 496 p

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Panorama da Erosão Costeira no Brasil**. Organização Dieter Muehe. Brasília: MMA, 2018.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico**

do município de Baía da Traição, estado da Paraíba/ Organizado [por] Mascarenhas, J. C.; Beltrão, B. A.; Souza Junior, L. C.; Morais, F.; Mendes, V. A.; Miranda, J. L. F. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Nacional para Conservação da Linha de Costa – PROCOSTA** [recurso eletrônico] / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental, Departamento de Gestão Ambiental Territorial. – Brasília, DF: MMA, 2018. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/publicacoes/gestaoterritorial/category/198-gestao-costeira-procosta>>. Acesso em: 10 de junho de 2022.

BUSH, D. M.; NEAL, W.; YOUNG, R; PILKEY, O. Utilization of Geoindicators for Rapid Assessment of Coastal-Hazard Risk and Mitigation. **Ocean and Coastal Management**, Delaware, v. 42. Ed. Elsevier, p. 647-670, 1999. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964569199000277>>. Acesso em: 16 fev 2023.

BULHÕES, E. **Erosão costeira e soluções para a defesa do litoral**. In: Muehe, D.; Lins-de-Barros, F. M.; Pinheiro, I. (orgs.) Geografia Marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. 1. Ed. - Rio de Janeiro: Caroline Fontelles Ternes, 2020. E-book (764p.) color. ISBN: 978-65-992571-0-0 (p. 655-688). Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/345768862\\_livro\\_Geografia\\_Marinha\\_PGGM\\_ABEQUA\\_2020](https://www.researchgate.net/publication/345768862_livro_Geografia_Marinha_PGGM_ABEQUA_2020)>. Acesso em: 20 out 2022.

COELHO, A. L. N. **Análise do deslocamento da linha de costa e sua intensidade com base em produtos de sensoriamento remoto**. In: Muehe, D.; Lins-De-Barros, F. M.; Pinheiro, L.S. (orgs.) Geografia Marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. 1. Ed. - Rio de Janeiro: Caroline Fontelles Ternes, 2020. E-book (764p.) color. ISBN: 978-65-992571-0-0. (p. 56-73). Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/345768862\\_livro\\_Geografia\\_Marinha\\_PGGM\\_ABEQUA\\_2020](https://www.researchgate.net/publication/345768862_livro_Geografia_Marinha_PGGM_ABEQUA_2020)>. Acesso em: 20 out 2022.

CORRÊA, I. C. S. **Metodologia para Análise Morfoestrutural de Áreas Continentais e Marinhas**. Porto Alegre: UFRGS, 2022. 78 p.

CUTTER, S.L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**. 93, Junho, 2011. p. 59-69. Disponível em: <<https://doi.org/10.4000/rccs.165>>. Acesso em: 15 nov 2022.

ESTEVES, L.S., Finkl, C.W. The problem of critically eroded areas (CEA): na evaluation of Florida beaches. **Journal of Coastal Research**. Special Issue 26, 11–18. 1998. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/25736114>> Acesso em: 19 jun 2022.

FREITAS, L. P. Vulnerabilidade costeira da Praia da Caponga, litoral leste do Ceará. 2018. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - **Instituto de Ciências do Mar**, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficinas de Textos, 2008.

GOMES, T. B.; BULHÕES, E. Mapeamento de Geoindicadores e Parâmetros de Qualidade Ambiental na Orla de Campos dos Goytacazes, RJ. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 162–174, 2022. Disponível em: <<https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/17148>>. Acesso em: 19 fev. 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html>>. Acesso em: 15 mar. 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas geográfica das zonas costeiras e oceânicas do Brasil**. Diretoria de Geociências. - Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

IOC – Intergovernmental Oceanographic Commission. **Hazard awareness and risk mitigation in integrated coastal area management**. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Manuals and Guides N° 50, ICAM Dossier N° 5, 141p., 2009, Paris, França.

KOERNER, K. F.; OLIVEIRA, U. R.; GONÇALVES, G. Efeito de estruturas de contenção à erosão costeira sobre a linha de costa: Balneário Hermenegildo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 13, n. 4, p. 457-471, 2013. Disponível em: <[https://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-405\\_Koerner.pdf](https://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-405_Koerner.pdf)>. Acesso em: 15 jan 2023.

LACERDA, C. I. L.; AMARO, V. E.; DE MATOS, M. de F. A.; SCUDELARI, A. C. Physical vulnerability of the coastal zone under wind farms influence of the cities of Pedra Grande and São Miguel do Gostoso/RN, Brazil. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (RBCIAMB)**, v. 57, n. 3, p. 422-433, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.5327/Z2176-94781244>>. Acesso em: 18 jan 2023.

LIMA, E. Q. de; AMARAL, R. F. do. Use of geoindicators in vulnerability mapping for the coastal erosion of a sandy beach. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, Lisboa, v. 15, n. 4, p. 545-557, dez. 2015. Disponível em <[http://scielo.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1646-88722015000400009&lng=pt&nrm=iso](http://scielo.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1646-88722015000400009&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 10 nov. 2022.

LINS-DE-BARROS, F. M. **Contribuição metodológica para análise local da vulnerabilidade costeira e riscos associados: estudo de caso da Região dos Lagos, Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010. 289f.

LINS-DE-BARROS, F. M. Análise integrada da vulnerabilidade costeira e riscos associados. In: **VI Congresso de Planejamento e Gestão das Zonas Costeira**. 2011, Boa Vista.

LINS-DE-BARROS, F. M.; PAULA, D. P. de; SOUSA, P. H. G. **Vulnerabilidade costeira: conceitos, abordagens e aplicações**. In: MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Geografia Marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos**. 1. Ed. - Rio de Janeiro: Caroline Fontelles Ternes, 2020. E-

book (764p.) color. ISBN: 978-65-992571-0-0 (p. 631-654). Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/345768862\\_livro\\_Geografia\\_Marinha\\_PGGM\\_ABEQUA\\_2020](https://www.researchgate.net/publication/345768862_livro_Geografia_Marinha_PGGM_ABEQUA_2020)>. Acesso em: 20 out 2022.

LUIJENDIJK, A.; HAGENAARS, G.; RANASINGHE, R.; BA-ART, F.; DONCHYTS, G.; AARNINKHOF, S. The State of the World's Beaches. **Scientific Reports**. v. 8. 2018. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41598-018-24630-6.pdf>>. Acesso em: 20 jun 2022.

MANGOR, K.; DRONEN, N.K.; KAERGAARD, K.H.; KRISTENSEN, S.E. **Shoreline Management Guidelines**. Copenhagen: DHI, 2017. 453 p. Disponível em: <[https://www.dhigroup.com/upload/campaigns/ShorelineManagementGuidelines\\_Feb2017.pdf](https://www.dhigroup.com/upload/campaigns/ShorelineManagementGuidelines_Feb2017.pdf)>. Acesso em: 02 fev. 2023.

MARTINS, K. A.; DE SOUZA PEREIRA, P.; PEREIRA LINO, A.; MIKOSZ GONÇALVES, R. Determinação da erosão 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: 5 mar. 2024.

MARTINS, L. R.; TABAJARA, L. L.; FERREIRA, E. R. Linha de costa: problemas e estudos. Porto Alegre: **Revista Gravel**, n. 2, 2004. p. 40-56. Disponível em: <<https://silo.tips/download/linha-de-costa-problemas-e-estudos>>. Acesso em: 14 mar 2023.

MENEZES, A. F.; PEREIRA, P. S.; GONÇALVES, R. M.; ARAÚJO, T. C. M.; SOUSA, P. H. G. O. Análise da vulnerabilidade à erosão costeira através de geoindicadores nas praias de Piedade e Paiva (PE), Brasil. **Revista Geociências**. São Paulo, UNESP, v. 37, n. 2, p. 455 - 465, 2018. Disponível em: <[https://www.revista-geociencias.com.br/geociencias-arquivos/37/volume37\\_2\\_files/37-2-artigo-16.pdf](https://www.revista-geociencias.com.br/geociencias-arquivos/37/volume37_2_files/37-2-artigo-16.pdf)>. Acesso em: 18 mar 2023.

MENEZES, Athos; PEREIRA, Pedro; GONÇALVES, Rodrigo; QUEIROZ, Heithor. O uso de geoindicadores para avaliação da vulnerabilidade à erosão costeira na Praia do Forte Orange (Ilha de Itamaracá-PE, Brasil). **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 43, p. 250-259, 2020. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/38597>>. Acesso em: 15 jan 2023.

MENTASCHI, L., ET AL., 2018: Global long-term observations of coastal erosion and accretion. **Scientific Reports**. V. 8(1), 12876. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41598-018-30904-w>>. Acesso em 02 jun 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Brasília: MMA, 2008c. 242 p.

MORRIS, R.L.; KONLECHNER, T.M.; GHISALBERTI, M.; SWEARER, S.E. From grey to green: efficacy of eco-engineering solutions for nature-based coastal defence. **Global Change Biology**, v. 24, p. 1827-1842, 2018. Disponível: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29350842/>>. Acesso em: 22 jun 2023.

- MOTA, E. L. S. **Composição e similaridade da Malacofauna associada a recifes costeiros do litoral da Paraíba, NE – Brasil**. Universidade Estadual da Paraíba. Tcc. Graduação em biologia. 2011.
- MOURA, C. M. S.; PEREIRA, J. C. G. Riscos Associados a Erosão Costeira no Estado da Paraíba. In: MOURA, M. O. et al. **Climatologia Geográfica: do local ao regional e dimensões socioambientais**. João Pessoa: Editora UFPB, 2020. p. 351 - 370.
- MUEHE, D. A zona costeira e sua vulnerabilidade frente à ocupação e às mudanças climáticas. **Conferência ANPEGE**, 2009. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/276069385>>. Acesso em: 15 set. 2021.
- NEGRÃO, Y. de S.; SOUSA, H. C.; RANIERI, L. A. 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. Disponível em: <<https://doi.org/10.20502/rbg.v23i2.1951>> Acesso em 28 fev 2022.
- NETTO, L. R. **Distribuição e tipologia das obras costeiras no litoral fluminense**. 2017, 56f. Monografia de Graduação (Graduação em Geografia). Universidade Federal Fluminense, 2017.
- NEVES, C. F.; MUEHE, D. Vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças do clima: a zona costeira. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, DF, 27, 217-295, 2008. Disponível em: <[https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/36/2014/08/3\\_artigo\\_cgee\\_zona\\_costeira.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/36/2014/08/3_artigo_cgee_zona_costeira.pdf)>. Acesso em: 19 mar 2022.
- NEVES, S. M. **Erosão costeira no estado da Paraíba**. Tese (Doutorado em Geologia). Curso de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia. 2003. 150f.
- NOVAK, L. P.; LAMOUR, M. R. Avaliação do risco à erosão costeira em praias urbanizadas do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 22(1). 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.20502/rbg.v22i1.1661>>. Acesso em: 03 mar 2022.
- NZUALO, T.; SILVESTRE, V. Avaliação da vulnerabilidade costeira na costa Moçambicana: Índice de Vulnerabilidade Costeira simplificado. **AbeÁfrica: Revista da Associação Brasileira de Estudos Africanos**, v. 3, n. 3, 2020. Disponível em: <<https://revistas.ufjr.br/index.php/abeafrica/article/view/35267>>. Acesso em: 04 de maio de 2022.
- OLIVEIRA, V. H. H. **Gestão integrada da zona costeira como subsídio ao planejamento e ordenamento territorial de Flecheiras, Trairi, Ceará**. 2019. 95 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Living with risk**. A global review of disaster reduction initiatives. Inter-agency Secretariat International Strategy for Disaster Reduction (ISDR), Genebra – Suíça, 398p, 2004.

PBMC. **Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas**: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Eds. MARENGO, J.A.; SCARANO, F.R. Rio de Janeiro: PBMC, COPPE - UFRJ, 2016. 184 p. ISBN: 978-85-285-0345-6.

PINTO, C.; SILVEIRA, T.; TEIXEIRA, S. Alimentação artificial de praias na faixa costeira de Portugal continental: Enquadramento e retrospectiva das intervenções realizadas (1950-2017). Relatório Técnico. **Agência Portuguesa do Ambiente**, 2018. Disponível em: <<https://dados.gov.pt/pt/datasets/alimentacao-artificial-de-praias-na-faixa-costeira-de-portugal-continental-enquadramento-e-retrospectiva/>>. Acesso em: 18 de março de 2022.

REGO, L. F. G. **O uso de sistemas de informações geográficas para o estudo do espaço geográfico**. In: RUA, J. (Org.). Paisagem, Espaço e Sustentabilidade. Rio de Janeiro: PUC, 2007. p. 83-90.

RUDORFF, F. M.; BONETTI, J. Avaliação da Suscetibilidade à Erosão Costeira de Praias da Ilha de Santa Catarina. **Rev. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**. 14 (1): 9-20, 2010. Disponível em: <<https://periodicos.univali.br/index.php/bjast/article/view/2250/1597>>. Acesso em 15 mar 2022.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço**: Técnica e Tempo. Razão e Emoção. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

SANTOS, R.F.; CALDEYRO, V.S. (2007) - Paisagens, condicionantes e mudanças. In: Santos, R.F. (Ed.), **Vulnerabilidade Ambiental**, pp.13–22, MMA, Brasília, Brasil. ISBN: 9788577380800.

SILA, I. G.; MORAES, F. S.; STRUMINSKI, E. Comparação de técnicas de contenção de ondas. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - ALAGOAS**, [S. l.], v. 4, n. 3, p. 25, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/5563>>. Acesso em: 15 fev. 2022.

SILVA, A.; SUSKI, C. Análise espaço-temporal da evolução da vulnerabilidade costeira em Itapoá - Santa Catarina: uma perspectiva hidrogeomorfológica e climática. **Estrabão**, v. 2, p. 230-233, 2021. Disponível em: <<https://revista.estrabao.press/index.php/estrabao/article/view/51/64>>. Acesso em: 02 mar 2022.

SILVA, W. S. A. **Vulnerabilidade do litoral do município de Paulista-PE à erosão costeira**. 2021. 109 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2021.

SOUSA, P. H. G. O. **Dinâmica ambiental e transformações socioespaciais da orla marítima de Paracuru – Ceará**. Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2007. 115 f.

SOUSA, P. H. G. O.; SIEGLE, E.T.M.G.; TESSLER, M.G. Environmental and Anthropogenic Indicators for Coastal Risk Assessment at Massaguaçu Beach (SP) Brazil. **Journal of Coastal Research**, v. 64, p. 319-323, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/61435>> Acesso em: 03 jun 2022

SOUZA, H. C.; GALVÃO, S. A. de O. Caracterização do Meio Físico da Orla Marítima dos Municípios de Baía da Traição e Marcação, Litoral Norte da Paraíba: Subsídio para o gerenciamento costeiro integrado. **Revista da FARN**, Natal, v. 10, n. 1/2, p. 85-106, jan. / dez. 2011. Disponível em: <<http://revistas.unirn.edu.br/index.php/revistaunirn/article/view/280/239>> Acesso em: 10 jun 2022.

SOUZA, C. R. de G. A erosão nas praias do Estado de 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. São Paulo: Instituto de Botânica – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2009.

SOUZA, C. R. G. A erosão costeira e os desafios da gestão costeira no Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, Lisboa, v. 9, n. 1, p. 17-37, 2009. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/3883/388340125003.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2023.

SOUZA, C. R. de G.; SOUZA FILHO, P.W.M.; ESTEVES, S.L.; VITAL, H. DILLENBURG, S.R.; PATCHINEELAM, S.M. & ADDAD, J.E. 2005. Praias Arenosas e Erosão Costeira. In: C.R. de G. Souza et al. (eds.). **Quaternário do Brasil**. Holos, Editora, Ribeirão Preto (SP). p. 130-152.

Souza, P. E.; Nicolodi, J. L. Coastal Vulnerability Assessment using geoindicators: case study of Rio Grande do Sul coastline. **Brazilian Journal of Oceanography**, 64(3), 309-322. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1679-87592016124106403>>. Acesso em: 20 mar 2023.

Vieira, J. S. S., Reis, L., Silva, O. G. (2020). Análise morfodinâmica de ambientes costeiro e estuarino do município de Goiana, Litoral norte do estado de Pernambuco. **Revista Cerrados**, 18(01), 83-106. Disponível em: <<https://doi.org/10.22238/rc244826922020180183106>>. Acesso em: 12 mar 2023