



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E
TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO**

MARCONE MARCELINO DA SILVA

**EVOLUÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DA OCUPAÇÃO NA ZONA COSTEIRA NO
PERÍODO 2006-2023 E SUA IMPLICAÇÃO NA ÁREA NÃO EDIFICANTE DO
MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DA COROA GRANDE, PE-BRASIL**

**Recife
2025**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E
TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO**

MARCONE MARCELINO DA SILVA

Defesa de dissertação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

Área de concentração: Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

Orientadora: Profa. Dra. Maria das Neves Gregório

Recife
2025

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Silva, Marcone Marcelino da.

Evolução espaço temporal da ocupação na zona costeira no período 2006-2023 e sua implicação na área não edificante do município de São José da Coroa Grande, PE-Brasil / Marcone Marcelino da Silva. - Recife, 2025.

84 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2025.

Orientação: Maria das Neves Gregório.

Inclui referências.

1. Zona costeira; 2. Linha de construção; 3. Geotecnologias; 4. Área não edificante. I. Gregório, Maria das Neves. II. Título.

UFPE-Biblioteca Central

MARCONE MARCELINO DA SILVA

**“EVOLUÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DA ZONA COSTEIRA NO PERÍODO 2006-2023 E
SUA IMPLICAÇÃO NA ÁREA NÃO EDIFICANTE NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DA
COROA GRANDE, PE/BRASIL”**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

Aprovada em: 26/2/2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **MARIA DAS NEVES GREGÓRIO**
Data: 14/04/2025 10:15:37-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Profa. Dra. Maria das Neves Gregório (Orientadora)
Secretaria de Educação do Governo do Estado de Pernambuco

Documento assinado digitalmente
 **MARCIA CRISTINA DE SOUZA MATOS CARNEIRO**
Data: 09/07/2025 18:59:07-0300
verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dra. Marcia Cristina de Souza Matos Carneiro (Examinadora externa)
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de Pernambuco

Documento assinado digitalmente
 **VALDIR DO AMARAL VAZ MANSO**
Data: 14/04/2025 10:02:38-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso (Examinador externo)
Universidade Federal de Pernambuco

“Dedico esta pesquisa a uma pessoa que, infelizmente, não está mais entre nós, minha querida avó Cosma Maria das Neves Silva, a qual me ensinou a ser um ser humano consciente, feliz, lutador, cristão e amoroso e deu-me todo carinho e amor”

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, criador do universo, que, por meio de seu amor e infinita sabedoria, sincroniza tudo o que acontece em nossas vidas, pois nada, absolutamente nada, acontece por acaso, tudo tem um significado e um propósito.

À minha família, pelo amor e apoio incondicional em todos os momentos, especialmente à minha esposa, Ericka Patrícia, que renunciou a alguns momentos de laser para me apoiar nos estudos, e às minhas filhas, Marianna, Mayane e Maiara, que são minha maior inspiração, motivação e fonte de alegria. À minha mãe, por seu amor incondicional e por sempre acreditar em mim, e me incentivar a seguir em frente, mesmo diante dos desafios. Às minhas irmãs Cláudia e Cássia e meu irmão Marclécio, por torcerem sempre pelo meu sucesso.

À minha orientadora, professora Dra. Maria das Neves, pela paciência, dedicação e valiosas contribuições ao longo desta jornada, pois sem sua orientação, não teria chegado até aqui. Ao então coordenador Rodrigo Mikos, pela recepção no curso e pelo suporte e apoio logístico do Departamento e pelo direcionamento das atividades acadêmicas. Aos professores do curso, que compartilharam seus conhecimentos e me ajudaram a crescer academicamente.

À banca examinadora; professor Dr. Valdir e professora Dra. Marcia, os quais contribuíram substancialmente para a melhoria da pesquisa, com suas observações científicas, as quais foram todas acatadas, cujos conhecimentos e experiências tornaram esse trabalho ainda mais objetivo e direcionado ao tema e concluído com excelência.

Aos meus colegas de turma, que tornaram essa caminhada mais leve e enriquecedora, com destaque para Isaac, cuja ajuda foi fundamental em diversos momentos.

Aos amigos que me incentivaram a ingressar no mestrado e acreditaram no meu potencial, Flávio Guedes, Gilberlam, Renata, Johnny e Marina. Ao meu amigo e mestre Alexandre Nascimento, pela ajuda no trabalho de campo e pela motivação durante o curso.

À minha chefia e amigos de trabalho, capitão Augusto, tenente Johana e tenente Danilo, pelo apoio e compreensão ao longo dessa trajetória, pois sem suas ajudas, não seria possível a ausência no expediente de trabalho para assistir às aulas presenciais.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meu profundo e sincero agradecimento. Sem vocês, essa conquista não seria possível!

EVOLUÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DA OCUPAÇÃO NA ZONA COSTEIRA NO PERÍODO 2006-2023 E SUA IMPLICAÇÃO NA ÁREA NÃO EDIFICANTE DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DA COROA GRANDE, PE- BRASIL

RESUMO

A praia de São José da Coroa Grande está localizada a 123km da capital Recife, na Zona da Mata Sul de Pernambuco, limite com o Estado de Alagoas, e tem sido objeto de interesse crescente, devido às mudanças significativas observadas na zona costeira ao longo do tempo. O presente estudo teve como objetivo investigar e comparar a evolução temporal da linha de construção na zona costeira do município, nos períodos de 2006, 2014, 2018, 2022 e 2023, com ênfase na análise da Área não Edificante a fim de mitigar os impactos naturais e antrópicos. Característica de uma combinação complexa de processos antrópicos e naturais. Para o monitoramento da evolução temporal da linha de construção foram utilizadas imagens de satélites de diferentes décadas, do ano de 2006, 2018 e 2022, obtidas por meio da plataforma Google Earth pro, georreferenciadas no Datum SIRGAS 2000; e imagens de VANT para a redução da linha de costa do ano de 2023, perfazendo um levantamento de 18 anos. Foi estabelecida como linha de construção as infraestruturas urbanas situadas mais próximas da linha de costa. O ano de 2006 foi utilizado como referência para os cálculos dos demais períodos, utilizando-se do Sistema Digital de Análise do Litoral (DSAS) presente no software ArcGIS 10.1, desenvolvido pela USGS. A área de estudo foi dividida em três setores, sendo ao sul do Setor 1; Setor 2, ao centro e Setor 3, ao norte, bem como, foram realizados 3 perfis topográficos, durante a maré baixa de sizígia, um perfil em cada setor. Foi utilizado equipamento GNSS-RTK (Global Navigation System de Satélite - Cinemática em Tempo Real) CHCNAV e o software Landstar. A técnica consiste no posicionamento RTK (Cinemática em Tempo Real), para fornecer coordenadas (x, y) e o valor da altitude (z), com alta precisão, na faixa de centímetros. O ponto inicial foi obtido utilizando a técnica de posicionamento relativo estático, enquanto os perfis topográficos foram levantados por meio da técnica de posicionamento relativo dinâmico com uma taxa de registro de 20 Hz. Os resultados foram referenciados ao zero hidrográfico do Porto de Suape. Para o projeto de Área Não Edificante, foi utilizada pesquisa de Hellermeier (1981), para o fechamento do perfil. Para o estabelecimento da Área Não Edificante, levou-se em conta os impactos decorrentes do aumento do nível do mar, e a aplicação dos princípios da lei de Bruun (1962). Em relação ao deslocamento da linha de construção foram observados os dados estatísticos como, médio, máximo e mínimo e o desvio padrão. O Setor 1, tem aproximadamente 1.851,52m; esse setor reflete a interferência antrópica, com construções próximas à linha de costa e maior alteração no ecossistema costeiro, vem apresentando um crescimento de construções de veraneio ao longo dos anos. Os valores de deslocamento de 2006 -2014, variaram entre um mínimo de -2,93m e um máximo de 11,99m, no período de 2006-2018, o valor máximo foi de 7,29m, enquanto o valor mínimo chegou a -5,40m; no período de 2006-2022, o setor apresentou uma grande transformação, com o valor máximo de 101,00m. O setor 2, tem aproximadamente 2.022,71m, caracterizado pela transição entre áreas urbanas e distritos menos povoados; os valores distribuídos máximo e mínimo foram 10,82m e -7,07m. De 2006-2018, houve uma

redução no valor máximo para 8,20m e no mínimo para -4,45m. Para o período 2006-2022, o setor apresentou um valor máximo de 5,29m e mínimo de -2,34m. O Setor 3 tem aproximadamente 1.801,08m, de extensão. Demonstrou para o período 2006-2014 o valor mínimo de -11,09m e um máximo de 13,49m. No período 2006-2018, os valores foram de 2,91m a 12,95m; de 2006-2022, atingida -4,97m a 5,05m. As médias foram observadas no maior Setor 1, nos valores de 4,19m; 2,05m e 2,99m, respectivamente para os anos de 2006-2014; 2018 e 2022. As menores médias foram nos setores 2 e 3, entre 0,65m (Setor 3) e 1,18-1,21m (Setor 2). Os perfis topográficos apresentaram uma grande variação morfológica, sendo o Setor 3, o de menor extensão, bem como, obtiveram um maior rebaixamento na região do estirâncio médio e inferior. Os dados obtidos para a área não edificante foram observados os valores para a estimativa de recuo da linha de construção, de acordo com os cálculos obtidos pela investigação de Brum, utilizando os dados do relatório IPCC de 2013: para o Setor 1 , cenário 2.6 e 8.5, para o ano de 2050, foi apresentado um deslocamento de 15,84m e 18,00m respectivamente, e para o ano de 2100, cenário 2.6 e 8,5, um deslocamento de 31,68m e 53,28m. Para o setor 2 , cenário 2.6 e 8.5, para o ano de 2050, foi apresentado um deslocamento de 16,47m e 18,7m respectivamente, e para o ano de 2100, cenário 2.6 e 8.5, um deslocamento de 32,93m e 55.39 m. Para o setor 3 , cenário 2.6 e 8.5, para o ano de 2050, foi apresentado uma deslocamento de 15,84m e 18,00m respectivamente, e para o ano de 2100, cenário 2.6 e 8.5, uma posição de 31,68m e 33,28m. Os resultados demonstraram variações significativas na linha de construção da área não edificante e costeira de São José da Coroa Grande ao longo dos anos, refletindo tanto processos naturais quanto antrópicos. A análise revelou um crescimento irregular das infraestruturas urbanas e projeções preocupantes de recuo da linha de costa até 2100, de acordo com os estudos. Esses dados são essenciais para o planejamento urbano e a implementação de estratégias de mitigação dos impactos ambientais futuros.

PALAVRAS-CHAVE: Zona Costeira; Linha de Construção; Geotecnologias; Área não Edificante.

SPATIAL-TEMPORARY EVOLUTION OF OCCUPATION IN THE COASTAL ZONE IN THE PERIOD 2006-2023 AND ITS IMPLICATION IN THE NON-BUILDING AREA OF THE MUNICIPALITY OF SÃO JOSÉ DA COROA GRANDE, PE-BRAZIL

ABSTRACT

The beach of São José da Coroa Grande is located 123 km from the capital city Recife, in the Zona da Mata Sul of Pernambuco, bordering the state of Alagoas. It has attracted increasing interest due to significant changes observed in the coastal zone over time. This study aimed to investigate and compare the temporal evolution of the building line along the municipality's coastal zone during the years 2006, 2014, 2018, 2022, and 2023, with an emphasis on analyzing the Non-Buildable Area in order to mitigate natural and anthropogenic impacts affecting the region, which is characterized by a complex combination of both types of processes. To monitor the temporal evolution of the building line, satellite images from 2006, 2018, and 2022 were used, obtained through the Google Earth Pro platform and georeferenced using the SIRGAS 2000 datum. UAV images were used to determine the 2023 coastline, covering a period of 18 years. The building line was defined as the urban infrastructure closest to the coastline. The year 2006 was used as a reference for calculations in the subsequent years, using the Digital Shoreline Analysis System (DSAS) within ArcGIS 10.1, developed by the USGS. The study area was divided into three sectors: Sector 1 (south), Sector 2 (central), and Sector 3 (north). Three topographic profiles were collected during a spring low tide—one in each sector. A CHCNAV GNSS-RTK (Global Navigation Satellite System – Real-Time Kinematic) device and Landstar software were used. The RTK technique provides high-precision coordinates (x, y) and elevation (z) in the centimeter range. The starting point was obtained using the static relative positioning technique, while the profiles were surveyed using the dynamic relative positioning technique with a 20 Hz recording rate. Results were referenced to the Suape Port hydrographic zero. To define the Non-Buildable Area, the method proposed by Hellermeier (1981) was applied to complete the profile. The impacts of sea level rise and the application of Bruun's rule (1962) were considered. Regarding the displacement of the building line, statistical data were analyzed, including mean, maximum, minimum, and standard deviation. Sector 1, approximately 1,851.52 m, reflects anthropogenic interference with constructions near the shoreline and significant changes in the coastal ecosystem. This area has experienced growing development of vacation homes over the years. Between 2006–2014, displacements ranged from -2.93 m to 11.99 m. From 2006–2018, the maximum was 7.29 m, and the minimum was -5.40 m. In the 2006–2022 period, the maximum displacement reached 101.00 m. Sector 2, around 2,022.71 meters in length, is characterized by a transition between urban areas and less populated districts. Displacements ranged from -7.07 m to 10.82 m between 2006–2014. Between 2006–2018, the maximum dropped to 8.20 m and the minimum to -4.45 m. From 2006–2022, the sector recorded a maximum of 5.29 m and a minimum of -2.34 m. Sector 3 is approximately 1,801.08 meters long. Between 2006–2014, displacements ranged from -11.09 m to 13.49 m. In 2006–2018, values ranged from 2.91 m to 12.95 m. From 2006–2022, displacements ranged from -4.97 m to 5.05 m. The highest mean values were found in Sector 1, with 4.19 m (2006–2014), 2.05 m (2018), and 2.99 m (2022). Lower averages were found in Sectors 2 and

3, ranging between 1.18–1.21 m (Sector 2) and 0.65 m (Sector 3). Topographic profiles showed significant morphological variation, with Sector 3 being the shortest and showing the greatest lowering in the mid and lower swash zone. For the Non-Buildable Area, the estimated retreat of the building line was calculated based on Bruun's rule and the 2013 IPCC report. For Sector 1, under scenarios 2.6 and 8.5 for the year 2050, displacements of 15.84 m and 18.00 m were projected, respectively; for 2100, the projections were 31.68 m and 53.28 m. For Sector 2, scenario 2.6 and 8.5 projections for 2050 were 16.47 m and 18.7 m; and for 2100, 32.93 m and 55.39 m. For Sector 3, the projections for 2050 were 15.84 m and 18.00 m, and for 2100, 31.68 m and 33.28 m. The results demonstrate significant variations in the building line and Non-Buildable Area along the coast of São José da Coroa Grande over time, reflecting both natural and human-induced processes. The analysis reveals irregular urban infrastructure growth and alarming projections of shoreline retreat by 2100. These findings are essential for urban planning and the development of strategies to mitigate future environmental impacts.

KEYWORDS: Coastal Zone; Building Line; Geotechnologies; Non-Buildable Area.

SUMÁRIO

RESUMO.....	3
ABSTRACT.....	5
SUMÁRIO	14
1.INTRODUÇÃO	14
2. JUSTIFICATIVA	15
3. 1 Objetivo geral	17
3.2 Objetivos específicos.....	17
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
4.1 Zona costeira	18
4.2 Ambiente praial.....	19
Dunas frontais	20
Pós-praia.....	20
Estirâncio.....	21
Antepraia.....	21
4.3 Linha de costa.....	22
4.4 Erosão Costeira.....	22
4.5 Variação do Nível do Mar.....	24
4.6 Mudanças Climáticas.....	25
4.7 Área Não Edificante.....	26
4.8 Geotecnologias, VANT.....	27
4.10 Gerenciamento Costeiro	29
4.11 Desenvolvimento Sustentável em Regiões Costeiras	29
5. MATERIAL E MÉTODOS	32
5.1 Área de Estudo	32
5.2 Geologia e Geomorfologia	35
5.6 Cálculo da linha de construção	39
5.8 Cálculo da área não edificante.....	42
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
Área não Edificante	59
7. CONSIDERAÇÕES	70
8. REFERÊNCIAS.....	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Nomenclatura descritiva do perfil praiial.....	19
Figura 2 - Antepraia	21
Figura 3 - Processo de erosão costeira na praia de São José da Coroa Grande.....	23
Figura 4 - Processo de erosão costeira na praia de São José da Coroa Grande.....	23
Figura 5 - Mudança média global do nível do mar, em centímetros, em relação a 1900	24
Figura 6 - Imagens de satélite da NASA revelam derretimento na Antártica	26
Figura 7 - Ocupação do ambiente de pós praia da praia de São José da Coroa Grande - PE ..	27
Figura 8 - GNSS-RTK (Global Navigation Satellite System - Real-Time Kinematic) CHCNAV	28
Figura 9 - Mapa de localização da área de estudo	33
Figura 10 - Vista aérea da região central da praia de São José da Coroa Grande.....	33
Figura 11 - Mapa de setorização da área de estudo	34
Figura 12 - Mapa de Localização da Bacia Pernambuco e suas subdivisões.....	35
Figura 13 – Imagens satélites	38
Figura 14 – Mapa de localização dos perfis topográficos dos setores 1, 2 e 3	40
Figura 15 – Levantamento dos perfis topográficos.....	41
Figura 16 - Deslocamento médio das distâncias da linha de construção nas praias de	43
Figura 17 – Mapa de localização do Setor 1 2006-2014, 2006-2018 e 2006-2022.....	45
Figura 18 - Índícios de erosão marinha no Setor 1.....	46
Figura 19 - Características do Setor 1- Extensa área molhada em direção offshore	46
Figura 20 - Distribuição das distâncias dos transectos do Setor 1, da distribuição das.....	47
Figura 21 - Histograma do setor 1 para os anos de 2014, 2018 e 2022.....	48
Figura 22 - Balizamento do ponto inicial para direção do perfil do Setor 1	48
Figura 23 - Perfil topográfico do setor 1.....	49
Figura 24 - Mapa de localização do Setor 2 e da distribuição das linhas de construção	50
Figura 25 - Características do Setor 2, região central da praia	51
Figura 26 - Características do Setor 2, região central da praia	51
Figura 27 - distribuição das distâncias dos transectos Do Setor 2, dos anos 2014, 2018 e 202257	
Figura 28 - Histograma do setor 2 para os períodos 2006-2014, 2006-2018 e 2006-2022	53
Figura 29 – Balizamento topográfico do Setor 2	53
Figura 30 – Perfil topográfico do setor 2.....	54
Figura 31 – Mapa de localização do setor 3	55
Figura 32 – Características Do Setor 3 – ao norte da praia	56
Figura 33 - Características do Setor 3 – ao norte da praia	56
Figura 34 – Processos erosivos no Setor 3	56
Figura 35 - Distribuição das distâncias dos transectos do Setor 3, dos anos 2014, 2018 e 202257	
Figura 36 - Histograma do Setor 3 para os anos de 2014, 2018 e 2022	58
Figura 37 – Perfil topográfico do Setor 3.....	58
Figura 38 - Estimativas dos valores de recuo da área não edificante para os anos de.....	61
Figura 39 - Mapas das estimativas do recuo da área não edificante para o ano de 2050 no Cenário 2.6 do 5º Relatório de Avaliação do IPCC nos Setores, 1, 2 e 3.....	62
Figura 40 - Mapas das estimativas do recuo da área não edificante para o ano de 2100 no.....	64
Figura 41- Mapas das estimativas do recuo da área não edificante para o ano de 2050 no Cenário 8.5 do 5º Relatório de Avaliação do IPCC nos Setores, 1, 2 e 3.....	66
Figura 42 - Variações entre os cenários, 2.6 e 8.5 (%) para a área não edificante no período de	68

Figura 43- Mapas das estimativas do recuo da área não edificante para o ano de 2100 no68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados dos dados estatísticos do deslocamento das distancias(m) da linha de43	
Tabela 2 – Volume sedimentar e as características dos perfis 1, 2 e 3.....	59
Tabela 3 - Estimativa do recuo da área não edificante para os anos de 2050 e 2100 nos Cenários 2.6 e 8.5, do 5º Relatório de Avaliação do IPCC nos setores 1, 2 e 3.....	60

1. INTRODUÇÃO

A zona costeira constitui um ambiente dinâmico e vulnerável, caracterizado pela interação de processos naturais e antrópicos que influenciam suas paisagens e funcionalidades ecológicas. Estas regiões, compostas por praias, dunas, estuários e manguezais, desempenham papéis importantes para a biodiversidade, regulação climática e atividades socioeconômicas (Nicolodi e Zamboni, 2008; Silva et al., 2024). No entanto, sua fragilidade frente às pressões exercidas por mudanças climáticas, elevação do nível do mar e ocupação desordenada reforça a necessidade de estudos e ferramentas que subsidiem sua gestão e preservação (Mcgranahan et al., 2007; Moura, 2012).

A erosão costeira desponta como um dos principais problemas enfrentados por essas áreas, resultando na perda de sedimentos, recuo da linha de costa e danos aos ecossistemas e infraestruturas (Muehe, 2004). Segundo Silva et al. (2016), a dinâmica fluviomarina, especialmente em desembocaduras fluviais, é marcada por intensos processos denudacionais e agradacionais que reconfiguram constantemente o posicionamento da linha de costa. Nesse contexto, o mapeamento geomorfológico aparece como uma ferramenta essencial para caracterizar e monitorar essas paisagens, permitindo interpretações detalhadas sobre os processos que atuam nessas áreas (Costa, Rocha e Fernandez, 2020; Xiong et al., 2023).

Adicionalmente, as geotecnologias têm revolucionado a pesquisa e o monitoramento costeiro, oferecendo soluções viáveis e de alta precisão por meio de drones, GPS de precisão e modelagem digital de superfície (Casella et al., 2014; Brempong et al., 2021). Essas tecnologias permitem o monitoramento contínuo e detalhado de processos costeiros, como o comportamento de sedimentos e mudanças morfológicas, contribuindo para a identificação de vulnerabilidades e para o desenvolvimento de estratégias eficazes de conservação (Chapapria et al., 2022).

Conforme descrito por Martins et al. (2016), o litoral de Pernambuco se estende por cerca de 187 km e apresenta predominantemente praias arenosas com diversas morfologias, sendo reconhecido por sua beleza natural, que atrai grande destaque no turismo regional. Nos últimos anos, a erosão costeira tem se intensificado nas praias da região central do estado, atribuída a fatores como o aumento do nível médio do mar (NMM) e o crescimento das atividades humanas na área costeira, incluindo o turismo e a ocupação desordenada de zonas praias (Costa e Oliveira, 2009).

Localizado no litoral sul pernambucano, o município de São José da Coroa Grande tem recebido atenção crescente devido às mudanças expressivas observadas em sua zona costeira ao longo do tempo. Este trecho é marcado pela interação de processos naturais, como as variações climáticas sazonais, correntes oceânicas e ação das marés, além de intervenções humanas, como o crescimento urbano e as modificações feitas pela ocupação desordenada. A análise dessas influências é essencial para compreender os impactos sobre a área não edificante, que desempenha um papel vital na conservação da biodiversidade, no controle da erosão e no equilíbrio ambiental da região.

Este trabalho tem como objetivo examinar e comparar a evolução espaço-temporal da linha de ocupação e área não edificante ao longo da zona costeira do município de São José da Coroa Grande nos períodos de 2006, 2014, 2018, 2022 e 2023, com foco na avaliação das áreas não edificantes. A realização de análises temporais possibilita identificar tendências e

transformações que configuraram a paisagem costeira de São José da Coroa Grande-PE ao longo dos anos, contribuindo para o entendimento dos processos naturais e antrópicos que afetam essa região. Compreender a evolução espaço-temporal dessas áreas é fundamental para propor estratégias eficazes que auxiliem na gestão ambiental e na preservação costeira, minimizando impactos adversos e promovendo a resiliência dos ecossistemas e das comunidades locais e a elaboração de estratégias de gestão mais eficazes e sustentáveis.

Para alcançar os objetivos propostos, a pesquisa foi conduzida em etapas bem definidas. Inicialmente, foi realizada uma análise de imagens de satélite dos anos selecionados, utilizando os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) QGIS e ArcGIS, com o suporte de imagens georreferenciadas. Essas imagens foram fundamentais para a divisão dos setores 1, 2 e 3 do litoral de São José da Coroa Grande, permitindo uma segmentação detalhada da área de estudo.

Para a análise temporal da linha de construção, foi utilizada a extensão DSAS do *software* ArcGIS 10.8, visando realizar os cálculos de deslocamento, tanto para a linha de construção quanto para a linha de costa. Adicionalmente, foi conduzido um levantamento topográfico com o uso de equipamentos GNSS, possibilitando a coleta e análise de dados topográficos de perfis para cada setor da praia. Por fim, os resultados obtidos foram analisados e discutidos, contribuindo para uma compreensão aprofundada da dinâmica costeira na região.

2. JUSTIFICATIVA

A erosão praial é um problema sério que ocorre em vários lugares do mundo podendo alcançar estágios bastante crítico, assim como ocorre ou ocorreu no Brasil e em outras praias no mundo (Silva et al., 2018). Esse fenômeno causa a perda de áreas de praia, comprometendo o habitat de diversas espécies e a infraestrutura costeira. Além disso, afeta negativamente o turismo, reduzindo a atratividade dessas regiões e prejudicando a economia local. Medidas de contenção e mitigação são essenciais para minimizar os danos e preservar o meio ambiente e as atividades humanas na zona costeira.

Para Bulhões (2020), a erosão costeira pode ser entendida como a resultante na paisagem, devido à deficiência no balanço sedimentar em determinado segmento da linha de costa, durante determinado intervalo de tempo. O balanço sedimentar deve ser entendido como a diferença, em volume dos sedimentos praial, entre o suprimento e a supressão de materiais sedimentares em determinado segmento costeiro, também em um intervalo de tempo definido.

O gerenciamento eficaz da erosão costeira é essencial neste contexto, pois permite a manutenção da integridade das paisagens litorâneas e a proteção das infraestruturas e comunidades que dependem dessas regiões. Compreender e mitigar a erosão através de estratégias de gestão sedimentar e de intervenções sustentáveis é essencial para enfrentar os desafios impostos pelos processos costeiros, aumento do nível médios do mar, pelas mudanças climáticas, bem como, pelas atividades humanas, garantindo assim, a preservação dos ecossistemas costeiros e na qualidade de vida das populações locais.

Gregório et al. (2017), afirma que a dinâmica sedimentar atual responde pelas variações da linha de costa, esta dinâmica é regida principalmente por condicionantes oceanográficas astronômicas/meteorológicas, como, o clima de ondas, o regime das marés e à

deriva litorânea. Sendo esta última, o processo mais relativo de transporte de sedimentos ao longo das costas arenosas, e qualquer modificação introduzida pelo homem afeta o equilíbrio de estoque natural de sedimentos das praias, alterando as taxas de erosão e deposição. As intervenções humanas e naturais, na linha costeira, têm efeitos multifacetados, influenciando não apenas a dinâmica do ambiente físico, mas também afetando diretamente as comunidades humanas que dependem dessas áreas para moradia, subsistência e atividades econômicas.

Para Silva et al. (2021), diante da importância da zona costeira, vários estudos que envolve a determinação das taxas de regressão e transgressão da linha costa vem sendo realizados desde a segunda metade do século passado, utilizando métodos de comparação cartográfica. Essas pesquisas são essenciais para entender os padrões de alteração do litoral e para prever futuras mudanças que podem afetar significativamente as comunidades e os ecossistemas costeiros.

A zona costeira no Brasil tem uma importância tão grande que, desde 1988, passou a ser considerada como um patrimônio do povo brasileiro segundo a Constituição (Brasil, 1988). Em apenas 4,3% da área territorial costeira vivem 46 milhões de habitantes da população total do país (IBGE, 2010). Além disso, a prática turística nesses ambientes, somase o fato do aumento populacional nessas áreas costeiras, como destaca Santos Júnior et. al (2020); estima-se que a população da zona costeira em nível mundial terá dobrado nos próximos anos, devendo ocorrer maiores esforços para a criação de uma sociedade sustentável. Isso tem ocasionado uma veloz ocupação e adensamento nessas localidades.

A preocupação com o gerenciamento integrado das zonas costeiras encontra suporte no âmbito internacional na Agenda 21, cap. 17 e em outros documentos da Organização das Nações Unidas (ONU), do qual o Brasil faz parte.

A presente pesquisa, voltada para o ambiente costeiro, alinha-se diretamente a diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU, evidenciando sua relevância científica e social. Para este trabalho, foram elencados 5, dos 17 ODS, contidos na agenda 2030 da ONU. O ODS 6 (Água Potável e Saneamento) é contemplado ao considerar a importância da qualidade da água e da gestão eficiente dos recursos hídricos em áreas costeiras, fundamentais para a saúde dos ecossistemas e das populações locais (Silva et al., 2021). O ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) também se destaca, uma vez que o estudo contribui para o planejamento urbano e a resiliência das comunidades costeiras frente aos desafios ambientais, promovendo o uso sustentável do espaço e a proteção das áreas vulneráveis (Souto et al., 2021).

O ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima) está intrinsecamente ligado à pesquisa, considerando a necessidade de compreender e mitigar os impactos das mudanças climáticas sobre o litoral, como a elevação do nível do mar e a intensificação de eventos extremos (IBAMA, 2020). O ODS 14 (Vida na Água) é abordado ao se investigar a conservação e o uso sustentável dos recursos marinhos e costeiros, essenciais para a biodiversidade e o equilíbrio ecológico (OLIVEIRA, 2023). Por fim, o ODS 15 (Vida Terrestre) complementa essa perspectiva, destacando a relação entre os ambientes terrestres adjacentes e os ecossistemas costeiros, promovendo práticas que visem à preservação da biodiversidade e à recuperação de áreas degradadas. Assim, a pesquisa não apenas contribui para o avanço do conhecimento científico, mas também para a formulação de estratégias que favoreçam o desenvolvimento sustentável em regiões costeiras, como é o caso de São José da Coroa Grande.

Segundo Villwock et al. (2008), o momento em que as atenções da sociedade estão voltadas para a recuperação e a preservação dos ecossistemas costeiros, esse conhecimento é fundamental para discernir os estressores decorrentes da ocupação humana, daqueles resultantes da evolução natural dessas áreas de transição entre o continente e o oceano.

Em Pernambuco, especificamente entre o Município do Cabo de Santo Agostinho e a Ilha de Itamaracá, identificam-se sinais de erosão que variam de moderada a severa (Muehe, 1998). Esse cenário é exacerbado pelo desenvolvimento urbano sem planejamento, tanto no Brasil quanto em Pernambuco, onde os limites do ambiente natural e a dinâmica da linha costeira são frequentemente desconsiderados.

O presente projeto aborda a erosão costeira, como resultado da deficiência no balanço sedimentar em um segmento específico da linha de costa, e da ação antrópica durante um período determinado e o seu impacto nas áreas não edificantes, da costa do município de São José da Coroa Grande-PE. As intervenções antrópicas, normalmente em médio prazo, têm sido reconhecidas como agentes que aumentam a vulnerabilidade e reduzem a resiliência do ambiente costeiro, afetando não só a dinâmica física, mas também comunidades humanas dependentes dessas áreas para moradia e atividades econômicas.

Dessa forma, é necessário que providências sejam tomadas para minimizar esses efeitos nessas regiões e que o ambiente praias seja preservado a fim de manter sua integridade geológica e morfológica, diminuindo os impactos climáticos e antrópicos incidentes. Além disso, integração de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável e a gestão integrada dos recursos costeiros podem proporcionar um uso mais equilibrado e responsável dessas regiões.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O presente estudo teve como objetivo investigar e comparar a evolução espaço temporal da linha de ocupação na zona costeira do município de São José da Coroa Grande, em cinco períodos distintos: 2006, 2014, 2018, 2022 e 2023, com ênfase na análise da área não edificante a fim de mitigar os impactos naturais e antrópicos que afetaram a região não edificante, fornecendo assim, subsídios para um desenvolvimento sustentável e gestão costeira do município de São José da Coroa Grande, PE/Brasil.

3.2 Objetivos específicos

- Extrair a linha de ocupação no ambiente litorâneo através de imagens satélite dos anos de 2006, 2014, 2018, 2022, e também, através de VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) na praia de São José da Coroa Grande no ano de 2023.
- Calcular a distância entre a linha de ocupação de diferentes anos na praia de São José da Coroa Grande;
- Analisar a relação entre a linha de ocupação e sua interação com a linha de costa, realizada através da imagem de 2023 (VANT) de São José da Coroa Grande;
- Calcular o perfil de equilíbrio do ambiente praias de São José da Coroa Grande;
- Determinar a faixa da área não edificante, levando em consideração a linha de costa de 2023, através da aplicação da Lei de Bruun;

- Fornecer dados espaciais e temporais a fim de subsidiar a sustentabilidade da zona costeira de São José da Coroa Grande;
- Gerar mapas estimativos em diferentes cenários para projeção da linha de ocupação em relação ao aumento do nível do mar, segundo o Relatório do IPCC (Relatório de Avaliação do Painel intergovernamental de mudança climática IPCC - 2023).

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Zona costeira

A zona costeira é a faixa de área terrestre junto à margem de oceano, mar ou lago, que caracteriza um geológico próprio, afetado pelas condições terrestre e aquática (Kern et al., 2022). Diante da importância da zona costeira vários estudos que envolve a determinação das taxas de regressão e transgressão da linha costa vem sendo realizados desde a segunda metade do século passado, utilizando-se métodos de comparação cartográfica, (Silva et al., 2021).

A zona costeira constitui um importante patrimônio para humanidade, pois é responsável por inúmeros serviços ecossistêmicos que beneficiam a sociedade (Buonocore et al., 2021; García-Onetti et al., 2021)

De acordo com Dias e Oliveira, (2013, p. 372), zona costeira (ZC) é um espaço dinâmico e está em constante transformação, resultante da interação dos processos naturais e também dos impactos da ação humana. Diversos ecossistemas que se alteram entre mangues, praias, campos dunares, estuários, entre outros ambientes, compõem esse recorte espacial. Deste modo, a ZC é tida como um ambiente de uma relevante riqueza natural (Dias e Oliveira, 2013, p. 372). Essa área é influenciada por processos naturais, como a ação das ondas, das marés e dos ventos, e também pelas atividades humanas, como a urbanização, a pesca, o turismo e a indústria. Devido à sua localização estratégica e à abundância de recursos naturais, as zonas costeiras são frequentemente habitadas e exploradas.

Para Nascimento e Lima (2023), desde a metade do século XX a zona costeira é tida como o espaço onde há uma maior concentração populacional e a mais intensa apropriação dos seus recursos naturais. Essa pressão ocasiona diversos problemas, entre eles destaca-se a erosão costeira, gerando prejuízos, tanto para o ambiente, como para as próprias atividades humanas locais.

O Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) projeta que até 2050, segundo as projeções, centenas de cidades costeiras altamente populosas estarão expostas a risco de inundação, incluindo terras que abrigam cerca de 5% da população de cidades costeiras, como Santos, no Brasil; Cotonou, no Benin; e Calcutá, na Índia (PNDU, 2023).

Até 2100, mantido o atual nível de emissões de dióxido de carbono (CO₂), essa exposição dobra para terras ocupadas por 10% da população das áreas costeiras altamente populosas. Os impactos nas regiões costeiras, geralmente locais de grandes centros sociais e econômicos, podem desencadear retrocessos no desenvolvimento humano em todo o mundo (PNDU, 2023).

A zona costeira do Brasil com mais de 8.000 km de linha de costa, é um desafio para qualquer tipo de estudo em escala nacional, tanto pela gigantesca área como pela sua diversidade ecossistêmica e climática (Muehe, 2018).

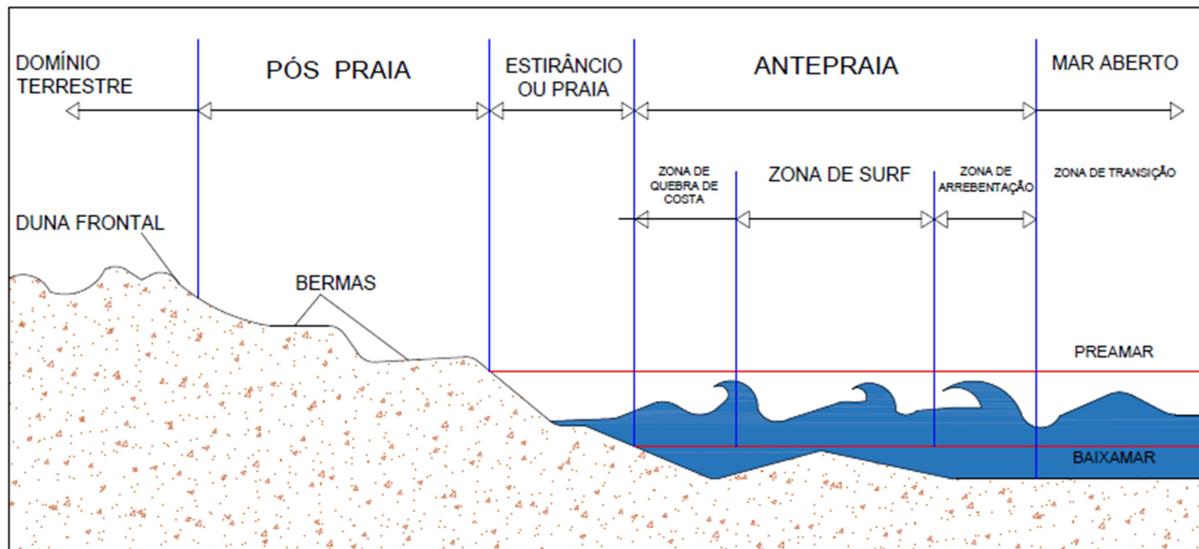
Gruber (2003), destaca que no Brasil, a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), criada pelo decreto nº 74.557, de 12 de setembro de 1974, considera que Zona Costeira é o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos ambientais, abrangendo as seguintes faixas:

- Faixa Marítima: é a faixa que se estende até as 12 milhas náuticas estabelecidas de acordo com a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CIRM, 1997).
- Faixa Terrestre: é a faixa do continente formada pelos municípios que sofrem influência direta dos fenômenos ocorrentes na Zona Costeira. (CIRM, 1997).

4.2 Ambiente praial

A praia é um ambiente bastante dinâmico que pode sofrer erosão, sedimentação e equilíbrio em curto prazo, através de forças naturais (onda, corrente, maré e vento), e a longo prazo, em consequência das flutuações do nível relativo do mar (Muehe, 2018). A Figura 1 demonstra o perfil de uma zona costeira, de acordo com Komar (1998).

Figura 1- Nomenclatura descritiva do perfil praial



Fonte: Autor, Adaptado de Komar (1998).

Pelo seu valor paisagístico extremamente atraente, a Zona Costeira tem sido alvo de grande procura, especialmente nos últimos 30 anos, com expressiva valorização urbana, na qual as atividades antropogênicas vêm contribuindo para a destruição de muitas zonas de praia, especialmente de cordões arenosos litorâneos, imprimindo, desta forma, grandes variações da linha de costa (Muehe, 2018).

Em Pernambuco, com uma zona costeira que representa cerca de 4% do território, vive 43,8% da população. O crescimento demográfico exponencial na Zona Costeira acompanhado pela explosão desordenada das atividades turísticas precipitou a sua descaracterização, já irreversível em alguns setores praias de vários municípios (Muehe, 2018).

Dunas frontais

Mendes et al (2023), conceitua as dunas como geoformas de acumulação, que se desenvolvem ao longo dos litorais oceânicos, onde são encontradas em quase todas as latitudes e abrangem climas e habitats ecológicos distintos.

Hesp (2002), define Dunas frontais como cristas dunares paralelas à costa, formadas no topo da praia pela deposição de sedimentos eólicos na vegetação. Essas formações são muito importantes para a dinâmica costeira, atuando como uma barreira natural contra a erosão e as tempestades, além de servir como reservatório de sedimentos que podem ser redistribuídos ao longo do tempo.

Para Davidson-Arnott et al. (2019), as especificidades que definem as dunas frontais estão em suas estruturas morfológicas e localização, que se encontram em partes mais expostas das praias e mantém sua crista e reverso fora do alcance das ondas oceânicas de superfície, permitindo assim, que essas dunas tenham uma flora com grande variedade de espécies vegetais e conseguem tolerar a salinidade das águas oceânicas e o transporte eólico dos ventos, contribuindo para as primeiras acumulações arenosas que fixam as dunas frontais.

Para Martinho, Hesp, Dillenburg (2010), a morfologia do sistema praia-duna frontal está intrinsecamente relacionada a diversos fatores, como a energia das ondas, a sedimentologia, a orientação do vento predominante em relação à linha de costa e o potencial de deriva do vento. A energia das ondas influencia a quantidade de sedimento disponível para o transporte e a formação de dunas, enquanto a sedimentologia corresponde ao tipo de sedimento que será transportado.

A orientação do vento predominante é fundamental, pois define a direção principal do transporte e deposição de sedimentos eólicos, moldando assim a estrutura das dunas. O potencial de deriva do vento, que depende da intensidade e direção dos ventos ao longo do tempo, também desempenha um papel significativo na formação e evolução das dunas frontais. Estudos como os de Martinho, Hesp e Dillenburg (2010) destacam a importância de compreender essas interações para a gestão costeira e a preservação dos ecossistemas dunares.

Os campos de dunas frontais costeiras apresentam funções para a estabilidade ambiental, além de atuar como uma barreira natural que protege as comunidades e as infraestruturas de eventuais tempestades e ataques de ondas (Figlus et al., 2014). A manutenção das dunas frontais é essencial não apenas para a proteção da linha de costa, mas também para a biodiversidade que esses habitats suportam. A existência do sistema de dunas costeiras nas regiões litorâneas contribui para manter as populações nessas áreas, pois as suas feições auxiliam na defesa dos continentes contra as elevações do nível do mar e as ressacas marítimas (storm surge), além de colaborar com o balanço sedimentar do sistema praia-duna (Barman et al., 2016; Harris e Defeo, 2022).

Pós-praia

A região da pós-praia (supramaré) é a porção seca e geralmente horizontal, onde somente durante a ocorrência de tempestades, água e sedimentos tendem a alcançar a parte superior da praia; durante a fase de reconstrução do perfil praiial, após os eventos de tempestade, é comum a formação de bermas. (Dutra et al., 2022).

Estirâncio

A frente de praia (intermaré ou estirâncio) corresponde à área sujeita às oscilações diárias das marés e do espraiamento das ondas. (Dutra et al., 2022).

Compreende a faixa situada entre o nível de maré alta média e o nível de maré baixa média. (Suguio, 1998.), ou seja, zona situada entre o limite superior da preamar e o limite inferior da baixa-mar.

Antepraia

Para Muehe (2004), antepraia compreende o prisma sedimentar submarino de transição entre a plataforma continental interna e a praia. Caracterize-se por um contínuo incremento do gradiente topográfico em direção ao litoral, associado ao processo de empolamento das ondas (schoaling) até sua quebra. A forma exponencial do perfil da antepraia tem sido objeto de estudos na busca do aprimoramento da equação empírica de Bruun (1954) e Dean (1977, 1991). expressa pela relação:

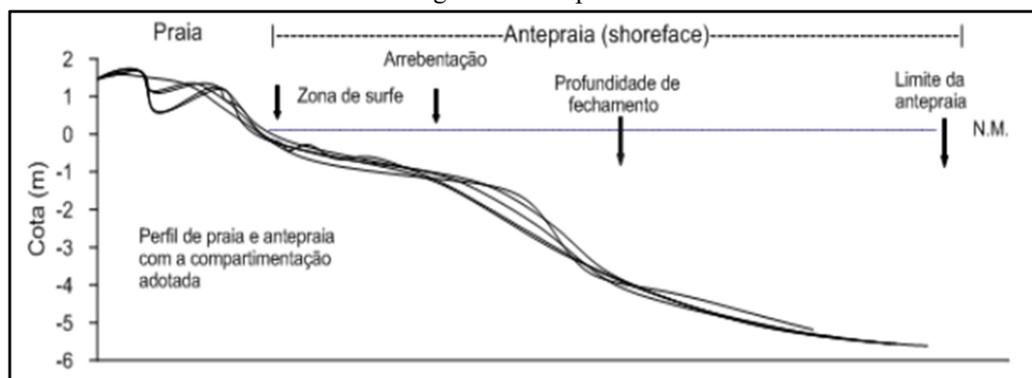
$$Hx = Ax^{2/3}$$

Na qual a profundidade “*H*” a uma distância “*X*” da linha de costa é definida em função do diâmetro granulométrico mediano dos sedimentos ou da correspondente velocidade mediana de decantação.

A intensa atividade hidrodinâmica associada a dissipação da energia das ondas faz dessa zona um objeto de estudo complexo e de difícil observação devido ao risco para embarcação, e na zona de surf ao portador da mira, exigindo prudência, habilidade e disponibilidade de tempo e embarcação para a realização dos trabalhos do momento em que as condições oceanográficas se tornem propícias (Muehe, 2004).

A Figura 2 demonstra o perfil da antepraia e suas subdivisões morfodinâmicas. As profundidades que separam os diversos segmentos variam de acordo com o clima de ondas, e em praia expostas de alta energia, a profundidade de fechamento se situa mais frequentemente em torno de duas vezes à da profundidade de fechamento (N.M.- representa o nível médio do mar) (Muehe, 2022).

Figura 2 - Antepraia



Fonte: Gestão de praias – Dieter Muehe (2022)

4.3 Linha de costa

Silva et al (2021), conceitua a linha de costa como um dos elementos geomorfológicos que apresenta alta dinâmica espacial e temporal decorrente de respostas a processos de ondas, correntes e marés de diferentes magnitudes e frequências, os agentes climáticos e do nível relativo do mar.

A linha de costa é sem dúvida uma das feições mais dinâmicas do planeta, suas feições mudam constantemente em várias escalas temporais e espaciais, sendo a praia um dos espaços mais singulares, cuja principal característica é ser uma interface entre dois macros compartimentos, o marinho e o terrestre (Bombana, 2022).

4.4 Erosão Costeira

Oliveira (2017), conceitua erosão costeira como um fenômeno global, intensificada por ação dos ventos, ondas, marés entre outras forças da natureza, além de serem afetadas pelas atividades antrópicas que fragilizam cada vez mais o ambiente.

A ampliação da área urbana no ambiente costeiro tem estimulado significativas mudanças na geomorfologia e na dinâmica de seus processos, contribuindo para difundir impactos relevantes ao meio natural (Morais, 2009). A urbanização ascendente nesses ambientes tem ocasionado novas formas de consumo, provocando uma forte pressão em todos os ecossistemas (Morais, 2009).

Dessa forma, a erosão costeira é um processo natural no qual a ação das ondas, das correntes oceânicas, das marés, dos ventos e outros fatores físicos desgastam e removem gradualmente o solo, os sedimentos ou as rochas e solos das áreas costeiras. Esse processo pode resultar na diminuição da linha costeira, na perda de praias, falésias e outras estruturas naturais, bem como na ameaça a comunidades e infraestruturas próximas às zonas costeiras. Então se pode extrair dessas observações, que a erosão costeira pode ser acelerada por atividades humanas, como a construção desordenada, o desmatamento e a exploração inadequada dos recursos naturais.

Nas últimas décadas o espaço costeiro vem se expandindo de forma acelerada, impulsionados pelo mercado imobiliário (Amorim 2023). Esse crescimento desordenado e sem planejamento tende a agravar o processo de erosão costeira, tornando-se um problema que vem impactando cerca de 40% da população mundial (Firmino; Alves, 2021). Estima-se que cerca de 24,06% da população brasileira, vive em municípios litorâneos (WWF-Brasil, 2021).

Para Bulhões (2020), a erosão costeira pode ser entendida como a resultante na paisagem da deficiência no balanço sedimentar, em determinado segmento da linha de costa, durante determinado intervalo de tempo. Já o balanço sedimentar deve ser entendido como a diferença, em volume, entre o suprimento e a supressão de materiais sedimentares em determinado segmento costeiro, também em um intervalo de tempo definido.

As causas da erosão costeira operam em escalas temporais e espaciais distintas (Stive et al., 2009). Podem ser de cunho evolutivo apontando uma tendência geológica ou geomorfológica relativamente lenta, de médio ou a longo prazo, de mudanças na forma do litoral; ou episódica, onde impactos erosivos eventuais, pontuais e esporádicos, de curto

prazo, modificam abruptamente os volumes de materiais sedimentares na linha de costa (Bulhões, 2020).

Assim, segundo Nascimento (2020), a proteção da zona costeira, o seu uso adequado assim como o respeito aos monitoramentos deve estar na consciência dos especialistas, políticos e dos seus moradores e visitantes. (Baptista e Bernardes, 2021) recorta que a falta de sensibilidade, fiscalização e apropriação inadequada ao ambiente costeiro comprometem o equilíbrio do mesmo, causando impactos que podem ser irreversíveis. Na área objeto de estudo desta pesquisa, ocorre esse fenômeno, conforme mostrado nas Figuras 3 e 4, trazem um exemplo prático de erosão costeira.

Figura 3 - Processo de erosão costeira na praia de São José da Coroa Grande



Fonte: Silva (2023)

Figura 4 - Processo de erosão costeira na praia de São José da Coroa Grande



Fonte: Silva (2023)

4.5 Variação do Nível do Mar

A variação do nível do mar é um fenômeno natural que envolve mudanças na altura média dos oceanos e mares ao longo do tempo. Influenciada por diversos fatores, como o aquecimento global, o derretimento das calotas polares e a expansão térmica da água, essa oscilação impacta diretamente ecossistemas costeiros, comunidades humanas e a geografia das regiões litorâneas, gerando desafios significativos em termos de adaptação e mitigação (Meneses et al., 2021).

O conhecimento do comportamento do nível do mar é de grande interesse para estudos sobre as mudanças do clima na Terra, para as populações que vivem em regiões costeiras e para a segurança das atividades relacionadas à navegação em geral (Meneses et al., 2021).

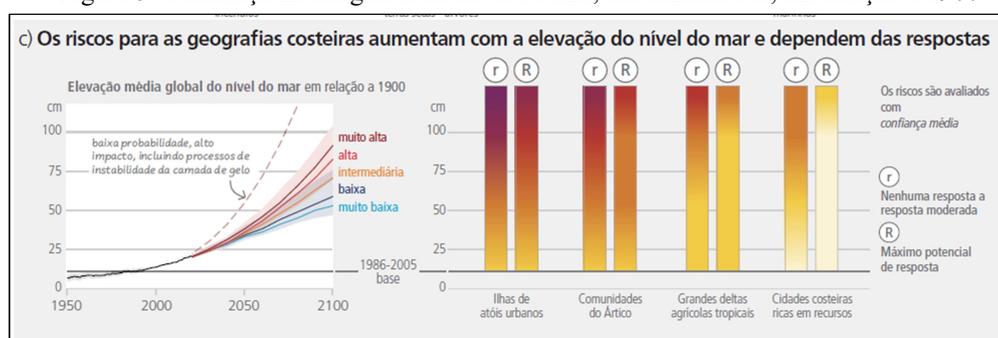
De acordo com Kulp et al (2019), aproximadamente 230 milhões de pessoas vivem em áreas situadas a menos de um metro acima do nível médio do mar, e cerca de 630 milhões de pessoas residem em regiões que serão suscetíveis a inundações anuais até o ano 2100. Essas estatísticas sublinham a gravidade do impacto das mudanças climáticas, especialmente nas áreas costeiras, que são particularmente expostas a fenômenos como a elevação do nível do mar e eventos climáticos extremos.

Segundo o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, 2023, as regiões costeiras são afetadas sobremaneira com a elevação dos níveis dos oceanos.

A Figura 5, apresenta dados atuais sobre essa ameaça iminente: a mudança média global do nível do mar, em centímetros, em relação a 1900, é observada historicamente por mareógrafos até 1992 e por altímetros após esse ano, com projeções futuras até 2100 avaliadas de forma consistente com restrições observacionais baseadas na emulação de modelos CMIP, calotas de gelo e geleiras, mostrando intervalos prováveis para SSP1-2.6 e SSP3-7.0.

A avaliação do risco combinado de inundações costeiras, erosão e salinização para quatro geografias costeiras ilustrativas em 2100, devido à mudança do nível médio e extremo do mar, é realizada sob dois cenários de resposta, em comparação ao período base do SROCC (1986-2005).

Figura 5 - Mudança média global do nível do mar, em centímetros, em relação a 1900



Fonte: IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (2023)

Com o aumento do NMM em 1 metro até 2100, as zonas costeiras em todo o mundo sofrerão progressivo impacto físico e social. Em algumas áreas do globo já foram feitas projeções com os cenários do IPCC, e o resultado delas é a ocorrência de diversas formas de

impactos, principalmente erosão, alagamentos, mudança de salinidade, perdas de ambientes, como praias, dunas e mangues (Rocha et al., p.239, 2020).

4.6 Mudanças Climáticas

As mudanças climáticas são transformações significativas nos padrões climáticos globais, causadas principalmente pela atividade humana, como a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento.

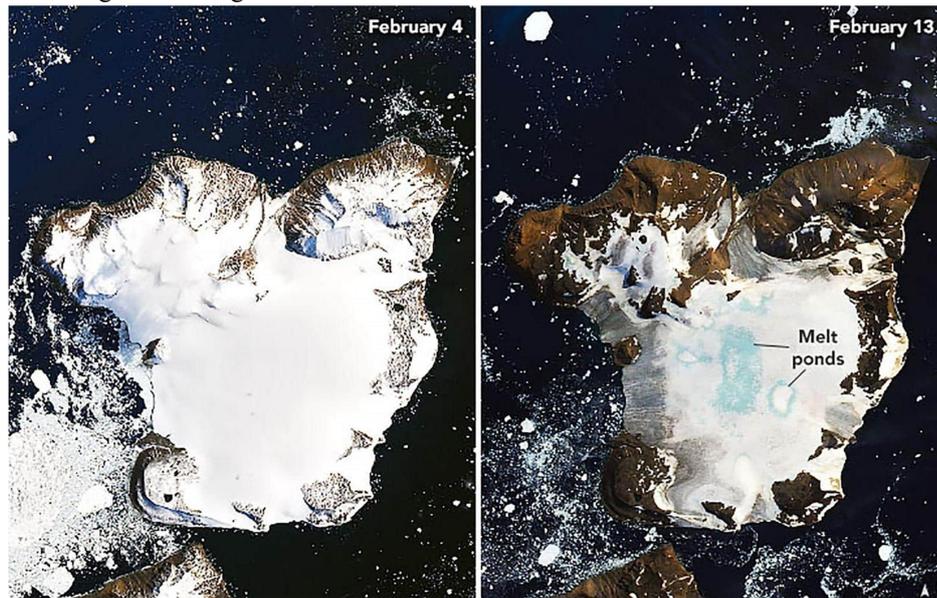
A ampla exploração dos recursos naturais pelo homem, principalmente após a Revolução Industrial, causou uma intensificação do debate em âmbito global em relação à questão ambiental, sobretudo no que diz respeito à necessidade da preservação da natureza para a sobrevivência do homem, diante da relação de dependência do uso de recursos naturais pelo homem para a concretização de suas atividades habituais (Duarte et al, 2020).

Bulhões (2020), destaca que, já completaram três décadas que as projeções globais das mudanças climáticas alertam o mundo para um aumento das vulnerabilidades das comunidades e ecossistemas costeiros frente à ameaças como erosão costeira e inundações (IPCC, 1990; IPCC, 1992; IPCC, 2014), uma vez que essas mudanças, sobretudo associadas ao aquecimento global, implicam na maior absorção de calor pelos oceanos, na conseqüente elevação do nível do mar e no aumento na altura significativa (Hemer et al., 2013) e potência das ondas (Reguero et al., 2019).

As mudanças climáticas nas áreas costeiras representam um desafio significativo para a gestão ambiental e a segurança das populações que vivem nessas regiões. Freitas (2024) recorda que um dos marcos iniciais nas discussões globais sobre mudança climática foi a criação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) em 1988 e seu primeiro relatório em 1990. Dois anos depois, o estabelecimento da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima deu origem às reuniões anuais da Conferência das Partes (COP), nas quais os países signatários se reúnem para tomar decisões conjuntas e unânimes relacionadas às questões climáticas.

Alguns desses padrões já podem ser verificados como, por exemplo, o aumento aproximado de 8% na velocidade média dos ventos, e de 5% na altura significativa das ondas no oceano Sul (Antártico), sobretudo durante as condições extremas (Young e Ribal, 2019) em um recorte nos últimos 30 anos, Figura 6. Tais diferenças acabam em uma maior ou menor grau, pressionar a estabilidade das faixas costeiras e suas infraestruturas de ocupação e defesa, afetando diretamente a linha de costa com sérias conseqüências para a área não edificante.

Figura 6 - Imagens de satélite da NASA revelam derretimento na Antártica



Fonte: Marcos Mota, 24.02.2020.

<https://olhardigital.com.br/2020/02/24/noticias/imagens-de-satelite-da-nasa-revelam-derretimento-na-antartica/>, acessado em 31.03.2024.

Para Campos et al. 2022, uma das mudanças mais críticas está relacionada com a circulação oceânica global, especialmente àquela do setor Atlântico, chamada de Célula de Revolvimento Meridional do Atlântico (do inglês Atlantic Meridional Overturning Circulation – AMOC). Campos et al. (2022), ainda destaca que a Organização das Nações Unidas (ONU) declarou a década de 2020 (2021-2030) como a “Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável”, com o intuito de aumentar e diversificar os investimentos em ciências do mar, bem como de engajar a ciência, políticas públicas e sociedade em prol da sustentabilidade dos oceanos (UN, 2019).

4.7 Área Não Edificante

Muehe (2001) conceitua a área como zona não edificante ou faixa de segurança de praias, como corresponde a uma porção terrestre da zona costeira, onde se estabelece um limite de construção de edificações, a fim de preservar a paisagem, e para orientar as ações de controle e restrição de atividades que possam alterar o ambiente. Manso et al. (2012), disserta que a construção de estruturas rígidas na pós-praia, impede a deposição e a retirada de sedimentos que ocorre ciclicamente durante o verão e o inverno.

De acordo com Muehe (2001), a delimitação dos limites terrestres da área não edificante é determinada a partir do reverso da duna frontal, quando presente, estendendo-se até 33 metros em direção ao continente.

A zona não edificante corresponde ao domínio do patrimônio natural, determinando o espaço necessário para que as alterações da linha de costa (retrogradação), que possam acontecer sem afetar patrimônio construído, nem as características recreativas da praia (Soares Junior et al, 2019).

Os limites da zona não edificante devem levar em conta os processos naturais de recuo e progradação da praia, em resposta ao balanço sedimentar e ao aumento do nível do mar (Barreto, 2014). Dessa forma, a área não edificante da linha refere-se à região próxima à costa

que não é destinada à construção de edificações. Essas áreas desempenham um papel importante na preservação do ecossistema costeiro, incluindo dunas, vegetação nativa, e zonas úmidas. Elas servem como barreiras naturais contra tempestades, ajudam na absorção de água da chuva, protegem a qualidade da água e fornecem habitats importantes para a vida marinha, a Figura 7 é um exemplo de invasão da pós praia.

Figura 7 - Ocupação do ambiente de pós praia da praia de São José da Coroa Grande - PE



Fonte: Prefeitura Municipal de São José da Coroa Grande, 2023.

Lira et al (2015) assume que, com a diversidade socioeconômica e paisagística e a intensa valorização do uso do solo, a zona costeira é fortemente explorada pelo homem. Estudos do Projeto ORLA (Brasil, 2006) determinam que esses espaços (as áreas litorâneas) são estratégicos, sofrem influência de processos naturais e antrópicos, estando sujeitos à degradação ocasionada pela exploração de seus recursos naturais, pela ocupação desordenada e pela diversidade de uso. Uma alteração comum em áreas urbanas e litorâneas é a modificação da dinâmica costeira (Lira et al., 2015).

A área não edificante é determinada através do cálculo de retrogradação, segundo a Lei de Bruun (1962). Ela é calculada, e representada em um mapa a partir da linha de costa atual. Soares Júnior et al (2019), acrescenta que os parâmetros adotados são a elevação do nível médio da água do mar (NM), a largura e a altura do perfil ativo da praia, além do uso da constante da proporção do material erodido que se mantém no perfil ativo.

4.8 Geotecnologias, VANT

O VANT é uma aeronave controlada remotamente por controles remotos, Figura 8. Aplicados à aerofotogrametria, possuem câmeras embutidas com a finalidade de obter imagens aéreas que são capazes de gerar dados topográficos com mais detalhes e rapidez comparados aos levantamentos realizados de forma convencional, como por exemplo, Estação Total, além da utilidade da própria imagem gerada. O VANT realiza um trabalho que demoraria dias com equipamentos topográficos convencionais (Eisenbeiss e Zhand, 2006).

Segundo Alonço et al. (2005), Veículos Aéreos Não-Tripulados (VANT's) vem se firmando como uma importante opção para levantamentos aéreos, visto que a utilização e a

aplicação de novos conhecimentos no meio ambiente auxiliam na aquisição de imagens uteis para as geociências. A Figura 12 demonstra um modelo de VANT.

Soares et al. (2024), destaca que os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) e satélites de observação dispõem de imagens de altíssima resolução, do inglês Very High Resolution (VHR), onde essas são utilizadas como parâmetro de comparação a fim de enfrentar adversidades globais tais como crescimento populacional.

Os VANTs apresentam vantagens técnicas e econômicas, se comparados com os métodos tradicionais de aerolevanteamento (Longhitano, 2010; Gregório et al., 2015). O uso de VANTs em estudos geográficos é recente no Brasil, mas se observa um grande potencial de aplicação dessa tecnologia em diversas análises geográficas. As ortofotos obtidas com VANT (com GSD – Ground sample distance, variando entre 0,05 e 0,3 metros) constituem importante ferramenta para análise da problemática socioambiental na perspectiva de riscos e vulnerabilidades (Buffon et al., 2017). Além das ortofotos outros produtos podem ser gerados, tais como: modelos digitais de superfície e de terreno (MDS e MDT, respectivamente). Segundo Feng et al., 2015, esses modelos (principalmente o MDS) são importantes em estudos de inundações urbanas, pois permitem melhor compreensão da dinâmica da água em ambientes edificados.

4.9 Levantamento com GNSS

O equipamento GNSS-RTK (Global Navigation Satellite System - Real-Time Kinematic) CHCNAV, Figura 8, é uma tecnologia avançada para levantamentos topográficos de alta precisão. Este sistema utiliza correções em tempo real para fornecer orientações com precisão centimétrica, sendo amplamente utilizado em aplicações como monitoramento costeiro, construção civil e estudos ambientais (GeoSense, 2024).

Para a pesquisa realizada na praia de São José da Coroa Grande, o equipamento foi fornecido pelo programa PPCGTG da UFPE para o levantamento de três perfis de praia, coletando informações fornecidas sobre a morfologia praial.

Figura 8 - GNSS-RTK (Global Navigation Satellite System - Real-Time Kinematic) CHCNAV



Fonte: <https://geospatial.chcnav.com/products/chcnav-i73-> acessado em 12 de dezembro de 2024.

As características do CHCNAV GNSS-RTK: É fornecer uma precisão, com precisão horizontal e vertical na faixa de milímetros a centímetros, o que é essencial para estudos costeiros e análises de erosão ou sedimentação (Ghilani, 2017). Utiliza o método RTK, que depende de uma estação de base fixa e de um receptor móvel. A estação base transmite correções em tempo real para o receptor, garantindo orientações extremamente precisas (El-Mowafy, 2012). Possui suporte para comunicação via rádio ou rede celular, o que permite acessar correções de estações de referência via Internet, como as redes CORS (Continuously Operating Reference Stations).

4.10 Gerenciamento Costeiro

A importância do gerenciamento costeiro reside na necessidade de equilibrar o desenvolvimento socioeconômico e a preservação ambiental das áreas litorâneas. Este processo envolve a administração sustentável de recursos naturais, a mitigação dos impactos das mudanças climáticas, e a proteção contra desastres naturais. Além disso, o gerenciamento costeiro é vital para a manutenção de atividades essenciais como o comércio marítimo, o turismo e a pesca, garantindo a saúde dos ecossistemas e a prosperidade das comunidades costeiras.

Para Asmus (2018), é essencial focar na gestão ecossistêmica, compreendendo a inter-relação de elementos como clima, relevo, solo, biota e ciclos hidrológicos com a sociedade e suas atividades econômicas. O aumento dos níveis dos oceanos, tem sido uma forte influência para os problemas ambientais das regiões costeiras. De acordo com relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, 2023, a resposta à elevação do nível do mar requer planejamento a longo prazo.

A preocupação do governo brasileiro com a gestão costeira no Brasil remonta à década de 1970, quando foi criada, em 1974, a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM) (Barros e Cilene, 2020).

Short e Klein (2016), afirma que a costa brasileira atinge aproximadamente 9.000 km de extensão, incluindo as baías e golfos, estando compreendida entre as latitudes 4 0 N e 34 0 S. Isso faz com que a extensão da fronteira marítima brasileira, localizada no Atlântico Sul, represente aproximadamente 32% das fronteiras nacionais. Grande variedade de feições geomorfológicas, climas e ecossistemas são identificados nas diferentes regiões costeiras do Brasil, incluindo: planícies fluviais e planícies lamosas de maré (com extensos manguezais) ; falésias arenosas; campos de dunas; estuários e deltas fluviomarinho; cordões ou barreiras arenosas (com lagunas associadas) ; enseadas com presença de costões rochosos; ilhas, atóis e baías (Muehe, 2006; Dominguez, 2006).

4.11 Desenvolvimento Sustentável em Regiões Costeiras

O conceito de desenvolvimento sustentável emerge como um antídoto para os desafios do Antropoceno, caracterizado por impactos humanos que ultrapassam os limites planetários, como a perda de biodiversidade e as mudanças climáticas (Scarano et al., 2020). A Agenda 2030, adotada pela ONU em 2015, representa um marco ao propor 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que abrangem dimensões ambientais, sociais e econômicas de maneira inter-relacionada (Cruz et al., 2022). Para esta pesquisa destaca-se a

aplicação de cinco desses objetivos em regiões costeiras, com ênfase em Cidades e Comunidades Sustentáveis (ODS 11), direcionadas para regiões litorâneas e ação contra a Mudança Global do Clima (ODS 13), correlacionadas ao município de São José da Coroa Grande, Pernambuco, Brasil.

Regiões costeiras são importantes para a conservação da biodiversidade, mas também enfrentam pressões intensas devido à urbanização e à exploração de recursos naturais. De acordo com Scarano et al. (2020), é essencial que a implementação dos ODS considere a diversidade biocultural e promova soluções integradas que dialoguem com as realidades locais. O ODS 11 incentiva o planejamento urbano sustentável, abordando habitação adequada e infraestrutura resiliente, principalmente às aplicadas a esta pesquisa. Oliveira (2018), destaca que a elaboração de indicadores de sustentabilidade é demasiado importante para a construção de agendas de desenvolvimento sustentável eficazes. Por sua vez, o ODS 13 destaca a necessidade de mitigação e adaptação climática, fundamentais para zonas costeiras sujeitas à elevação do nível do mar e eventos extremos (Cruz et al., 2022).

No âmbito do ODS 14 (Vida na Água), a conservação dos ecossistemas marinhos é vital para a sustentabilidade costeira. Estudos mostram que práticas como o manejo sustentável da pesca e a proteção de habitats críticos contribuem para a saúde dos oceanos e a subsistência das comunidades locais (Scarano et al., 2020). A ODS 15 (Vida Terrestre) ressalta a importância de preservar ecossistemas terrestres adjacentes, como manguezais e restingas, que atuam como barreiras naturais contra desastres climáticos.

O município de São José da Coroa Grande, localizado no litoral sul de Pernambuco, apresenta um rico patrimônio ambiental, mas também enfrenta desafios significativos relacionados à urbanização desordenada e à vulnerabilidade climática. De acordo com Cruz et al. (2022), a articulação entre políticas públicas e ações locais é essencial para o cumprimento das metas da Agenda 2030.

No âmbito do ODS 11, iniciativas voltadas para a gestão integrada da orla e a infraestrutura urbana resiliente podem promover a sustentabilidade local. No ODS 13, a conservação dos manguezais e a implementação de sistemas de alerta precoce são fundamentais para reduzir os impactos de eventos climáticos extremos. Além disso, parcerias entre o governo local, sociedade civil e setor privado (ODS 17) podem viabilizar soluções inovadoras e inclusivas, fortalecendo o desenvolvimento socioeconômico da região.

A integração dos ODS no contexto de regiões costeiras é essencial para promover um desenvolvimento que equilibre crescimento econômico, inclusão social e preservação ambiental. Conforme destacado por Scarano et al. (2020), o Brasil possui um papel estratégico na construção de soluções sustentáveis que respeitem a diversidade biocultural. Em São José da Coroa Grande, o cumprimento das metas da Agenda 2030 exige a implementação de políticas adaptadas às peculiaridades locais e uma governança participativa que inclua todos os setores da sociedade (Cruz et al., 2022).

5. ARTIGO - LEVANTAMENTO DA EXPANSÃO URBANA NA LINHA COSTEIRA DURANTE O PERÍODO DE 2006 - 2023 E SUA RELAÇÃO COM A ÁREA NÃO EDIFICANTE, ATRAVES DA UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS NAS PRAIAS DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DA COROA GRANDE, PE-BRASIL

INTRODUÇÃO

A dinâmica da zona costeira é um campo de estudo essencial para compreender as transformações que afetam as áreas litorâneas, influenciadas por uma série de fatores como processos naturais, mudanças climáticas e atividades humanas, influenciando sobremaneira a área não edificante subsidiada por estudos de erosão costeira. Bulhões (2020), disserta que, os processos que ocorrem na dinâmica costeira causam impacto na paisagem, como a erosão costeira. Esse fenômeno resulta na perda de sedimentos e no recuo da linha de costa, afetando ecossistemas, o ambiente praias e as comunidades adjacentes a esses locais.

Pitombeira e Aleme Romcy (2023), destaca que, dentre os fatores, o desconhecimento dos bens públicos e dos seus recursos ambientais, a falta de integração entre os setores governamentais e da sociedade implica, resulta em um cenário, onde os espaços costeiros são alterados, na maior parte do território brasileiro.

De acordo com Martins et al (2016), o litoral do estado de Pernambuco possui aproximadamente 187 km de extensão, sendo composto, principalmente, por praias arenosas e com variadas morfologias, destacando-se no âmbito turístico por sua beleza peculiar. Nas últimas décadas, a erosão costeira tem se tornado um problema de magnitude crescente nas praias do litoral central de Pernambuco, e as causas dessa erosão são a elevação do nível médio do mar (NMM), o crescimento das atividades econômicas presentes na costa, como, o turismo e a ocupação do ambiente praias (Costa e Oliveira, 2009).

O município de São José da Coroa Grande, localizado no litoral de Pernambuco, Brasil, tem sido objeto de crescente interesse, devido às significativas mudanças observadas zona costeira ao longo do tempo. A zona costeira de São José da Coroa Grande é caracterizada por uma combinação complexa de processos naturais, como a ação das marés, correntes oceânicas e variações climáticas sazonais, bem como influências antrópicas decorrentes do crescimento urbano e intervenções costeiras. A compreensão desses fatores é importante para avaliar as implicações das mudanças observadas na área não edificante, que desempenha um papel importante na preservação da biodiversidade, na proteção contra erosão e no equilíbrio ecológico local.

Nessa seara, Soares Junior et al (2019) destacam a importância de estabelecer limites legais de ocupação nas áreas de transição entre os ambientes marinho e o continental como medida necessária para controlar e restringir atividades que possam resultar em impactos ambientais. No contexto brasileiro, o limite estabelecido refere-se aos terrenos da Marinha do Brasil, definidos como 33 metros, medidos em direção à retroterra a partir da preamar máxima de sizígia, conforme estipulado no Decreto-Lei N° 3.438, de 17 de julho de 1941. Entretanto, a determinação precisa deste limite é desafiadora e, em muitas regiões, a largura de 33 metros revela-se insuficiente para garantir a preservação adequada das áreas litorâneas.

Com relação à área não edificante, Madruga (2022), afirma que o crescimento econômico decorrente da chegada de novos empreendimentos urbanos resulta em uma crescente modificação do ambiente litorâneo, devido à valorização imobiliária. Os trechos

litorâneos são os mais valorizados, e tem como consequência uma ocupação desordenada, além disso, a urbanização da orla do município de São José da Coroa Grande, não atende a distância mínima da zona não edificante, instrumento instituído pela Lei Estadual Nº 14.258/2010, que define a distância mínima de uso e a ocupação da orla a partir da linha de preamar em direção ao continente (Madruga, 2022).

As mudanças climáticas, o aumento do nível do mar, a intensificação das tempestades e a alteração dos padrões de circulação oceânica, têm exacerbado a erosão costeira e alterado significativamente a dinâmica das áreas não edificantes. Além disso, ações humanas, como a urbanização desordenada, a construção de infraestruturas costeiras e a exploração de recursos naturais têm intensificado os impactos negativos sobre estas regiões.

Ao analisar a evolução da zona costeira e identificar a área não edificante, permite-se avaliar o espaço costeiro que está propenso aos efeitos das mudanças na paisagem em função processos naturais, como as mudanças climáticas, permitindo assim amenizar seus efeitos sobre o espaço construído.

Assim, este estudo visa investigar e comparar a evolução espaço temporal da linha de ocupação na zona costeira em cinco períodos distintos: 2006, 2014, 2018, 2022 e 2023, com ênfase na análise da área não edificante. Tais análises temporais permitem compreender as mudanças e tendências que moldaram a paisagem costeira, da praia de São José da Coroa Grande-PE, ao longo de décadas, contribuindo para a compreensão dos processos e impactos que afetam a região não edificante. Compreender a evolução espaço temporal do ambiente costeiro é necessário para o desenvolvimento de estratégias eficazes na gestão e preservação ambiental da costa, visando mitigar os efeitos adversos, promover a resiliência das comunidades costeiras e dos ecossistemas associados.

5. MATERIAL E MÉTODOS

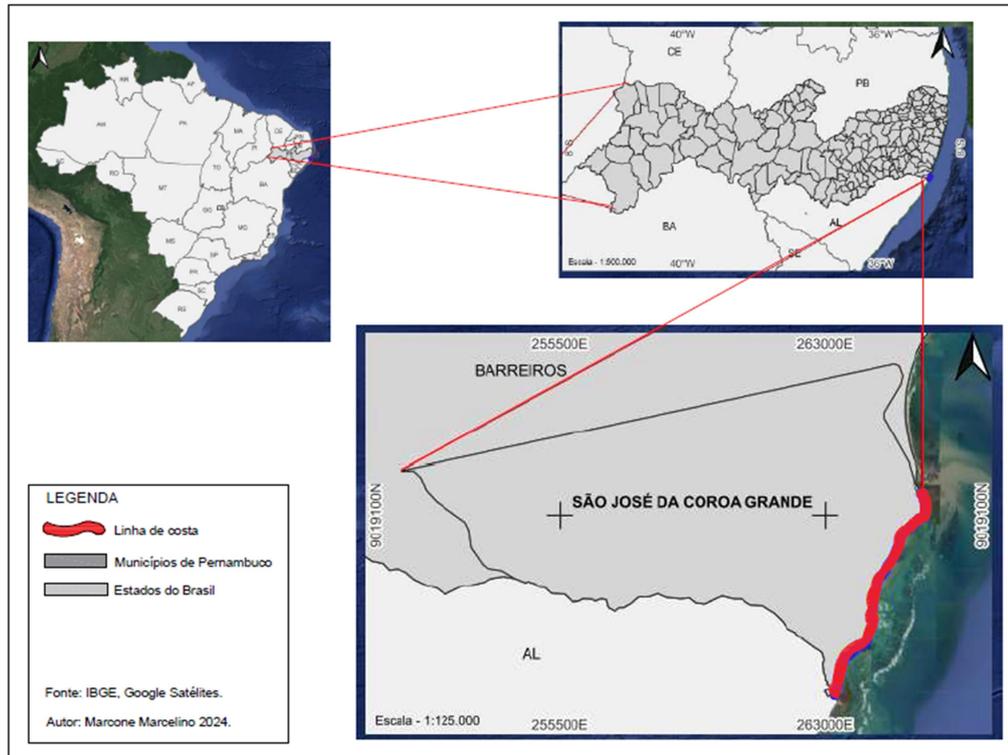
5.1 Área de Estudo

A da área de estudo compõe o litoral sul de Pernambuco o qual é parte integrante do município de São José da Coroa Grande, localizado no extremo sul do estado (Figura 9), faz fronteira com o estado de Alagoas, conforme (MMA, 2018). A área de estudo possui aproximadamente, 9,9 km de orla, entre as coordenadas UTM 262000 Em – 266000 Em e 9018000 Nm – 9014000 Nm (Figura 9), limita-se ao norte pelo Rio Una, onde se observa um pontal, e ao sul, pelo Rio Persinunga, constituída por praias arenosas, Praia da Várzea do Una, Praia de Gravatá e Praia da Coroa Grande, e também pela presença das piscinas naturais.

Barreto (2015) destaca, que a orla do município está dividida em duas áreas, a área urbana ao sul e a área dos distritos da Várzea do Una e Abreu do Una ao norte. Na parte sul, encontra-se a sede onde há uma maior concentração e aceleração da urbanização que se dá do litoral para o interior.

Figura 9 - Mapa de localização da área de estudo

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A praia de São José da Coroa Grande está situada a 123 km da capital Recife, no município de São José da Coroa Grande, na Zona da Mata Sul de Pernambuco, limite com o Estado de Alagoas. O município é o menor do litoral sul de Pernambuco, com 69,184 km² de superfície, apresentando uma população de 18.825, e apresenta a segunda maior densidade demográfica de 272,10 habitantes/km² (IBGE, 2022). (IBGE. A Figura 10, apresenta uma vista aérea do centro do litoral de São José da Coroa Grande.

Figura 10 - Vista aérea da região central da praia de São José da Coroa Grande

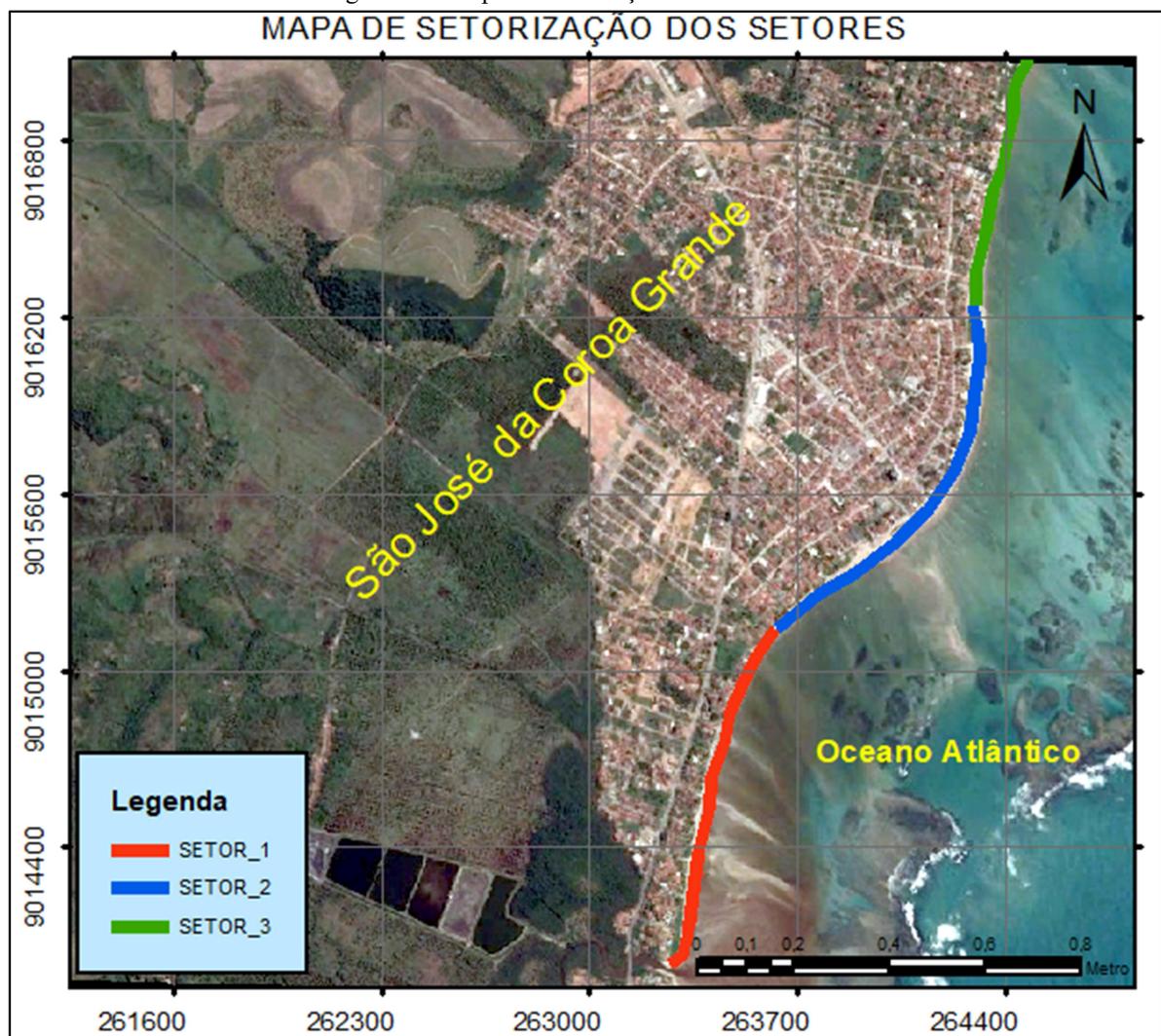


Fonte: Prefeitura Municipal de São José da Coroa Grande,
<https://www.saojosedacoroagrande.pe.gov.br/>, visitado em 25.03.2024.

A área de estudo para uma melhor compreensão do deslocamento da linha de construção foi dividida em três setores, Setor 1, localizado ao sul da área, faz divisa com o estado de Alagoas; o Setor 2, localizado ao centro, correspondendo à região mais urbanizada e o Setor 3, localizado ao norte da área, faz divisa como o município de Tamandaré. Para a divisão dos três segmentos levou-se em consideração a mudança de direção da costa, e a sua morfologia litorânea, apresentando o setor 2, um pontal, com uma maior proeminência em direção offshore, e os segmentos 1 e 2, apresentam um maior deslocamento em direção onshore (Figura 11).

Dessa forma a Figura 11 apresenta a divisão em setores, referente ao presente estudo. No setor 1 representa a região mais ao norte da costa; o setor 2, região central; e o setor 3, região mais ao sul da praia, divisa com o Estado de Alagoas.

Figura 11 - Mapa de setorização da área de estudo



Fonte: Autor (2025).

A localização da área de estudo está contida em baías que enfrentam processos erosivos devido a alterações no suprimento sedimentar, como destacado por Muehe (2018). Essas mudanças muitas vezes são resultado de fatores predominantemente naturais, como a presença de correntes longitudinais divergentes a partir de um mesmo setor, formando duas células de deriva litorânea. Esse fenômeno é observado em praticamente todas as praias localizadas

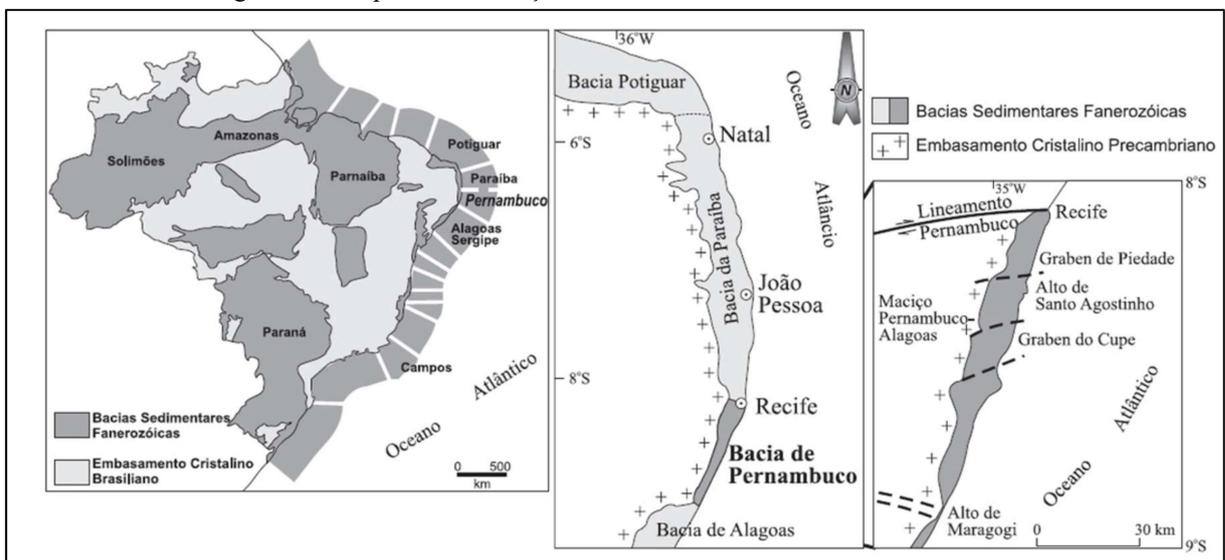
ao sul do estado de Pernambuco, incluindo Serrambi, Tamandaré, Guadalupe e São José da Coroa Grande (Mueche, 2018).

5.2 Geologia e Geomorfologia

A Bacia Sedimentar de Pernambuco, localizada na região costeira do estado, desempenha um papel importante na configuração geológica e geomorfológica do litoral sul pernambucano. O município de São José da Coroa Grande está localizado nessa área, integrando a Bacia Sedimentar do estado, segundo Lima Filho (1998). Essa bacia insere-se dentro de um contexto mais amplo de formações sedimentares do Nordeste brasileiro, sendo marcada por depósitos Quaternários que evidenciam variações no nível do mar ao longo do tempo (CPRH, 2003).

A Bacia Pernambuco, como definida por Lima Filho (1998), a Figura 13, abrange a área de estudo na faixa costeira sul de Pernambuco, sendo parte integrante de uma bacia sedimentar marginal localizada entre o Lineamento Pernambuco e o Alto de Maragogi-Barreiros, com uma área de aproximadamente 900 km², é uma formação alongada na direção N40E, com cerca de 12 km de sua porção emergida. Ela é delimitada ao sul pelo Alto de Maragogi, ao norte pelo Lineamento Pernambuco, e a oeste por falhas normais com o Maciço Pernambuco/Alagoas. Este último é composto por granitos, gnaisses e migmatitos de idade pré-cambriana, que estão cobertos pelas rochas sedimentares que preenchem a bacia, através de discordância (Lima Filho, 1998), conforme a Figura 12.

Figura 12 - Mapa de Localização da Bacia Pernambuco e suas subdivisões



Fonte: Lima Filho (1998)

A configuração geológica e morfológica influencia diretamente a morfologia costeira da região, a presença do Maciço Pernambuco/Alagoas a oeste da bacia, composto por rochas ígneas e metamórficas, desempenha um papel extremamente importante na configuração do relevo e da paisagem costeira, enquanto as rochas sedimentares que preenchem a bacia contribuem para a formação das planícies costeiras e outros elementos morfológicos (Lima Filho, 1998; Rand, 1976).

A plataforma continental do Estado de Pernambuco apresenta, na sua quase totalidade, reduzida largura (média de 35km), pouca profundidade, declive suave, quebra da plataforma entre -50 e -60m, águas relativamente quentes, salinidade elevada e cobertura sedimentar composta por sedimentos terrígenos e carbonáticos biogênicos (Manso, 2003). O mesmo autor destaca que as planícies costeiras no período do Quaternário, possuem uma unidade geológico-geomorfológica complexa, por serem 44 ambientes de transição entre fenômenos marinhos e continentais, em que é possível ser inseridos vários compartimentos geomorfológicos.

Os depósitos quaternários costeiros de Pernambuco são representados principalmente por terraços marinhos, depósitos fluviais, de pântanos e manguezais, além de bancos de arenitos e recifes de corais. Dois conjuntos de terraços arenosos marinhos são identificados ao longo da costa: um mais alto (7 a 11 m acima da preamar), com vestígios de antigas cristas de cordões litorâneos (Carvalho e Coutinho, 1979), e outro mais baixo (1 a 5 m acima da preamar), caracterizado por cordões bem delineados e próximos entre si (Carvalho e Coutinho, 1979; Barbosa et al., 1986a, b). Esses terraços apresentam semelhanças geomórficas com formações costeiras de estados vizinhos e, por comparação, os mais altos são atribuídos ao Pleistoceno (~120.000 anos A.P.) (Martin et al., 1982), enquanto os mais baixos são datados do Holoceno (2.570 a 3.690 anos A.P.) (Barbosa et al., 1986a, b).

A morfologia costeira de Pernambuco, especialmente em sua faixa sul, apresenta características marcantes. Segundo Coutinho (1993) essa área possui um caráter transgressivo jovem, com estuários predominantes devido ao aporte de sedimentos fluviais. A presença de manguezais nos estuários é notável, indicando a influência do regime de marés. A ausência quase total de dunas reflete a falta de condições favoráveis para sua formação (Coutinho, 1993)

Em diversos trechos do litoral do Estado de Pernambuco ocorrem bancos de arenito formando feições lineares que se estendem ao longo do litoral, às vezes, continuamente, por cerca de 10 km (Domingues, 1990). Os bancos de arenitos são compostos por quartzo e fragmentos carbonáticos (Mabesoone, 1964), e os recifes de corais apresentam uma morfologia característica, com colunas isoladas e topos expandidos lateralmente, conhecidas como chapirões (Hartt, 1870).

Esses bancos afloram na baixa-mar ou mesmo, alguns, ligeiramente acima do nível médio do mar e se dispõem paralelamente ao litoral por longos trechos, normalmente formando duas ou três faixas de bancos, apresentando em média 20-60m de largura por 3 a 4 m de espessura (Mabesoone, 1964), essas formações indicam processos sedimentares associados aos níveis marinhos mais elevados do passado.

A planície costeira onde está situada a praia de São José da Coroa Grande pode ser dividida em unidades geomorfológicas distintas oriundas dos processos que atuaram durante o período Quaternário, descritas por Dominguez et al. (1990): terraços marinhos Pleistocênicos e Holocênicos, depósitos fluvio-marinhos, depósitos de praias e recifes de arenitos. No litoral sul observa-se uma forte presença de depósitos Quaternários, os manguezais, comuns em áreas protegidas da ação das ondas e ao longo dos canais de maré, desempenham um papel importante na dinâmica costeira local, Dominguez et al. (1990).

As descrições dos recifes de corais na costa de Pernambuco têm como base os trabalhos de (Branner, 1904) e de (Laborei, 1969a, b). A grande maioria dos recifes de corais ao longo da costa do Estado de Pernambuco é constituída de corpos alongados e descontínuos,

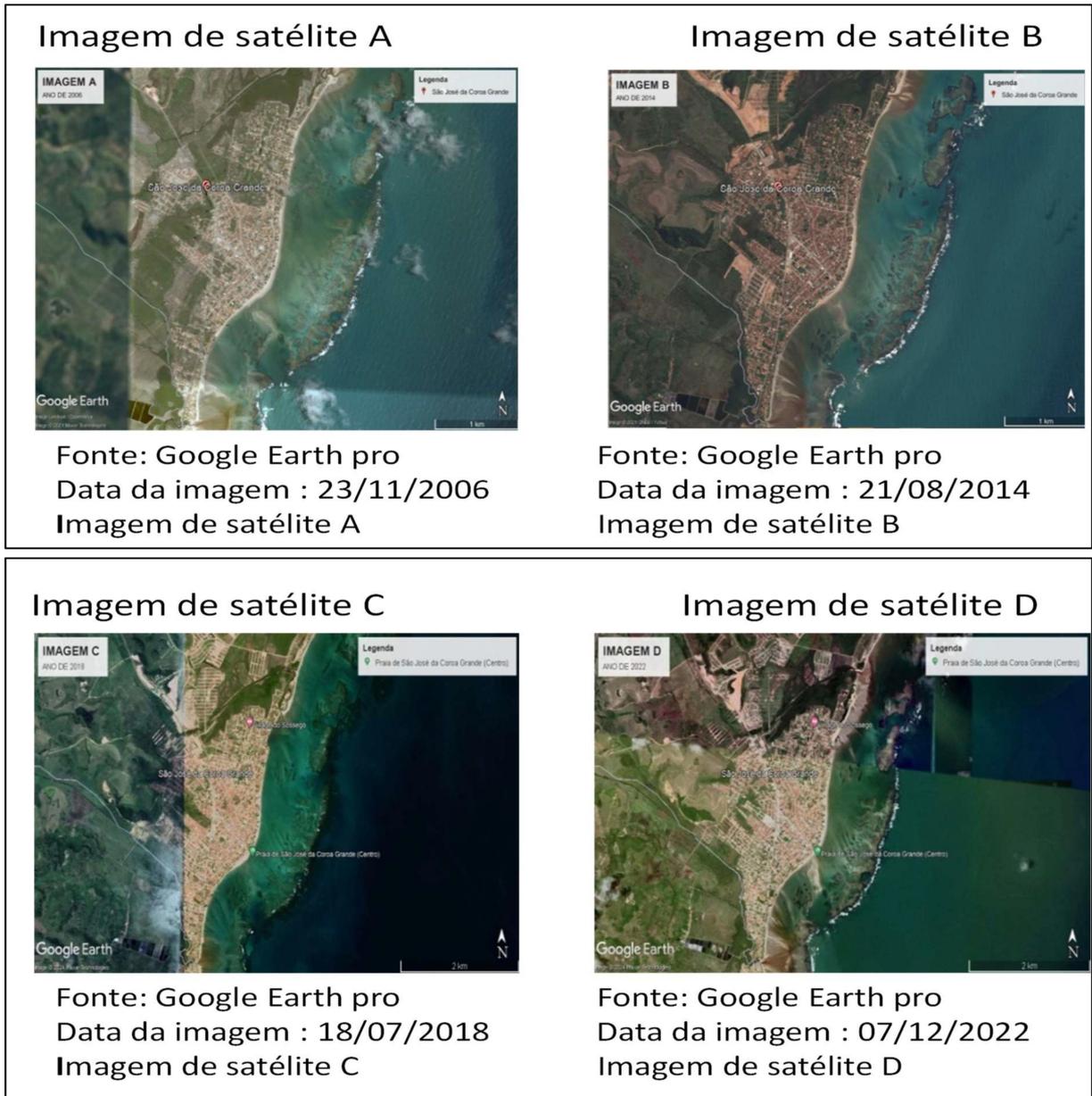
com o eixo maior paralelo à linha da costa. Os recifes de corais, frequentemente localizados próximos à costa, também marcam a paisagem da região, formados por chapeirões de coral e associados a bancos de arenito submersos, desempenham um papel essencial na proteção da linha de costa contra a erosão marinha Dominguez et al. (1990). Em áreas como São José da Coroa Grande, sua configuração geomorfológica reflete a interação entre processos bioerosivos e sedimentares ao longo do Holoceno. A fauna coralina dessa região, apesar de limitada em diversidade, é responsável pela formação de estruturas recifais robustas (Laborel, 1969a).

Nesse contexto, se insere a área não edificante, também conhecida como faixa de segurança de praias, é uma parte de proteção da zona costeira, estabelecendo limites para a construção de edificações com o objetivo de preservar a paisagem e regular as atividades que possam afetar o ambiente (Muehe, 2001).

5.3 Imagens satélites e VANT

Para o monitoramento da evolução temporal da linha de construção foram utilizadas imagens satélites de diferentes décadas, do ano de 2006, 2014, 2018 e 2022 (Figura 13), e as imagens de VANT levantadas foi realizada durante o ano de 2023, pela pesquisa do projeto “Processos morfodinâmicos, sedimentológicos e geomorfológicos na plataforma continental interna a praia de São José da Coroa Grande, litoral Sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil.” perfazendo um levantamento de 18 anos. As imagens satélites utilizadas foram dos anos de 2006, 2014, 2018 e 2022, obtidas por meio da plataforma Google Earth pro, conforme a Figura 13. A imagem “A” correspondente ao ano de 2006, a “B”, 2014, a “C” 2018 e a “D” 2022 (Figura 13).

Figura 13 – Imagens satélites



Fonte: Google Eart (2024)

O uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) para levantamentos de linha de costa tem sido adotado em várias regiões do mundo, como destacado por Silva et al. (2016); Miller e Dean (2004) e Manso et al. (2012).

Para a aquisição de imagens adquiridas pelo Veículo Aéreo não Tripulado (VANT) da marca DJI Phantom 4 ADVANCED. Conforme preconizado por Serafini et al. (2017), a adoção de VANTs dotados de sistemas de posicionamento global em tempo real (GPS RTK).

Moloney (2018), destaca que os sistemas aéreos pilotados remotamente (RPAS), ou “drones”, apresentam novas oportunidades para a monitorização costeira, eles são baratos e eficientes, exigem conhecimentos mínimos e fornecem imagens aéreas de alta resolução.

As aeronaves remotamente pilotadas (ARP), popularmente conhecidas como drones, tiveram uma evolução rápida na última década, tanto para fins militares como para uso civil (Ivosevic et al., 2015). O processamento de dados derivados de ARP está em rápida evolução

e é utilizado em uma ampla gama de pesquisas geoespaciais, incluindo a gestão de recursos naturais (Gini et al., 2018).

5.5 Extração da linha construção

A pesquisa em questão estabeleceu a linha de construção como infraestruturas urbanas situadas mais próximas da costa, seguindo uma direção paralela à linha de costa (Araújo, 2021). Para determinar a evolução da linha de ocupação ao longo do tempo, foram empregadas imagens de satélite e imagens geradas pelo mapeamento com VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado).

A linha de costa utilizada neste trabalho será extraída da pesquisa de pós-doutorado de Eduardo Paes Barreto, 2014, obtida com técnica de posicionamento relativo dinâmico, com uma taxa de gravação de 5s, para garantir a obtenção dos pontos das coordenadas.

5.6 Cálculo da linha de construção

A linha de construção, é objeto de estudo em diversas análises geográficas e geológicas (Araújo, 2016). No contexto da pesquisa em questão, a linha de ocupação do ano 2006 será adotada como referência para os cálculos subsequentes, utilizando-se o Sistema Digital de Análise do Litoral (DSAS) presente no software ArcGIS 10.1, desenvolvido pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

O DSAS é uma ferramenta disponibilizado de forma grátis pela agência americana para o oceano e atmosfera (NOAA), esta permite fazer uma análise cartográfica quantitativa das taxas de alteração costeira (recoo ou acréscimo), estas taxas são importantes para a compreensão da tendência da dinâmica da costa e o seu comportamento ao longo dos anos, permitindo assim, uma boa planificação e gestão dos ambientes costeiros (Madore, 2014).

O DSAS requer series históricas de linhas de costa de anos diferentes para obter dados e resultados, (estas podem apresentar intervalos de 5 anos). A linha de ocupação segue nesta pesquisa o mesmo processo do cálculo de deslocamento da linha costa, sendo vetorizadas nas imagens de satélites, fotografias aéreas, levantamento por GPS, etc. (Manual DSAS, 2017).

De realçar que cada linha tem seus atributos uma coluna de Incerteza/Uncertainty e de Data/Date1. O DSAS requer dados com projeção de sistema de coordenadas em UTM e o uso da mesma projeção para todos os dados. (Manual DSAS, 2017).

Todos os dados utilizados no DSAS devem estar integrados numa base de dados/Geodatabase incluindo linha de base/Baseline (Manual DSAS, 2017).

Por meio do DSAS, é possível realizar o cálculo das taxas de avanço e recoo da linha de ocupação ao longo dos anos, proporcionando uma compreensão mais abrangente das mudanças na configuração da costa ao longo do tempo.

Essa abordagem metodológica permite agrupar e analisar os dados obtidos para cada setor costeiro, considerando medidas como média, mediana, máximo, mínimo e desvio padrão, visando identificar padrões e tendências na evolução da linha de ocupação em estudo.

Assim, a aplicação do DSAS e a análise dos dados obtidos revelam insights valiosos sobre a dinâmica da linha de ocupação, fornecendo informações para o planejamento e a gestão costeira em áreas suscetíveis a mudanças ambientais e climáticas.

Transectos são linhas ou faixas retas usadas em estudos científicos para amostrar ou observar características de uma determinada área, essas linhas podem ser terrestres, aquáticas ou aéreas, dependendo do ambiente em estudo. Geralmente, os transectos são estabelecidos de forma sistemática para garantir uma amostragem representativa da área de estudo (Madore, 2014).

5.7 Levantamento dos Perfis Topográficos com GNSS

Os perfis topográficos foram obtidos através do levantamento de campo realizada na praia de São José da Coroa Grande. O equipamento foi fornecido pelo programa PPCGTG da UFPE para o levantamento de três perfis de praia, coletando informações sobre a morfologia praia, a fim de ser utilizada para o cálculo da área não edificante, bem como, para as características da morfologia da praia. Foram realizados 3 perfis topográficos ao longo do arco praial nas praias de São José, no dia 18 de novembro de 2024, durante baixa-mar da maré de sizígia, conforme a localização na (Figura 14).

Figura 14 – Mapa de localização dos perfis topográficos dos setores 1, 2 e 3



Fonte: autor (2025)

Os perfis topográficos foram realizados através de caminhamento, com o uso do equipamento GNSS-RTK (Global Navigation Satellite System - Real-Time Kinematic) CHCNAV e o software Landstar. A técnica consiste no posicionamento RTK (Cinemática em Tempo Real), para fornecer coordenadas (x, y) e o valor da altitude (z), em tempo real com alta precisão, geralmente em faixas de centímetros. Permitindo assim, observar a morfologia costeira ao longo do tempo, um aspecto essencial para a gestão de riscos associados à erosão e sedimentação (Mills et al., 2005).

O ponto inicial foi obtido utilizando a técnica de posicionamento relativo estático, e os perfis topográficos foram levantados por meio da técnica de posicionamento relativo dinâmico com uma taxa de registro de 20 Hz. Essa configuração foi escolhida para garantir a captura das coordenadas dos pontos de acordo com a velocidade de deslocamento (caminhamento).

A metodologia adotada baseia-se no Transporte de Coordenadas a partir de um marco de referência (Mendonça, 2005; Rocha, 2008). Esse processo utilizou o posicionamento GPS, no qual as coordenadas foram determinadas com base em sua posição relativa ao Datum SIRGAS 2000 e à geometria da superfície de referência utilizada. O procedimento matemático envolveu o cálculo sequencial das coordenadas, tomando como base pontos intermediários e o Datum, ou seja, pontos de origem cujas coordenadas já eram previamente conhecidas.

O levantamento dos perfis topográficos foi iniciado após o transporte das coordenadas, utilizando dois receptores GPS com precisão milimétrica, denominados BASE e ROVER. Um dos dispositivos foi posicionado em um ponto fixo (BASE) (Figura 15), enquanto o outro foi utilizado para realizar a posição (ROVER).

Os perfis foram organizados de sul para norte, o perfil 1, localizado no setor 1, ao sul; o setor 2 na região central, e o setor 3 na parte norte da praia (Figura 15). Os dados coletados foram processados posteriormente em laboratório de topografia, aplicando-se correções de altura do transdutor e configurações referentes à maré. Os resultados finais foram referenciados ao zero hidrográfico do Porto de Suape.

Figura 15 – Levantamento dos perfis topográficos



A) equipamento GPS BASE; B) Visão na direção norte da praia de São José;
C) BASE. D) Programando o ponto das coordenadas da BASE; E) ROVER. F) Caminhamento.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

5.8 Cálculo da área não edificante

A profundidade de fechamento do perfil para o cálculo da área não edificante será realizada através da equação de Hellermeier (1981), correspondendo à fórmula:

$$d1 = 2Hs + 11\sigma.$$

Onde: $d1$ = profundidade de fechamento do perfil (m);
 Hs = altura anual das ondas significativas (m);
 σ = desvio padrão das ondas significativas (m).

Os registros referentes à altura anual das ondas significativas serão obtidos a partir do PNBOIA (Programa Nacional de Boias da Marinha), abrangendo a zona litorânea sul do Estado de Pernambuco (Araújo, 2021).

Para estabelecer a extensão da faixa de segurança nas praias (denominada área não edificante), levam-se em conta exclusivamente os impactos decorrentes do aumento do nível do mar, (Araújo, 2021), procedeu-se à aplicação dos princípios da lei de Bruun, datada de 1962, mediante a utilização da equação:

$$R = SLG / H$$

Onde:

R = recuo erosivo da linha de costa devida à elevação do nível do mar (m)

S = elevação do nível do mar (m)

L = Largura do perfil ativo (m) distância horizontal entre H e $d1$

H = altura do perfil ativo (m) determinado pela expressão $H=h + (1,75.d1)$ sendo:

h = Altura da feição emersa (topo do cordão litorâneo, topo da duna)

1,75 é a estimativa do aumento médio do nível dos oceanos.

G = Proporção de material erodido que se mantém no perfil ativo considerado neste trabalho como sendo igual a 1.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das distâncias dos transectos do deslocamento da linha de construção entre os anos de 2006-2014, 2006-2018 e 2006-2023. encontram-se representados na Tabela 1 e nas Figuras de 15 e 19. Os resultados estatísticos apresentados na Tabela 1, mostram que o setor de maior movimentação da linha de construção ocorreu no Setor 1, ao sul da área de estudo para o período de 2006 – 2022 (2,99m/22 anos). Todos os setores apresentaram para o período em estudo valores mínimos negativos, apresentando recuo da linha de construção, sendo o menor valor observado no setor 3 (-11,09 m), para o período 2006-2014 (Tabela 1).

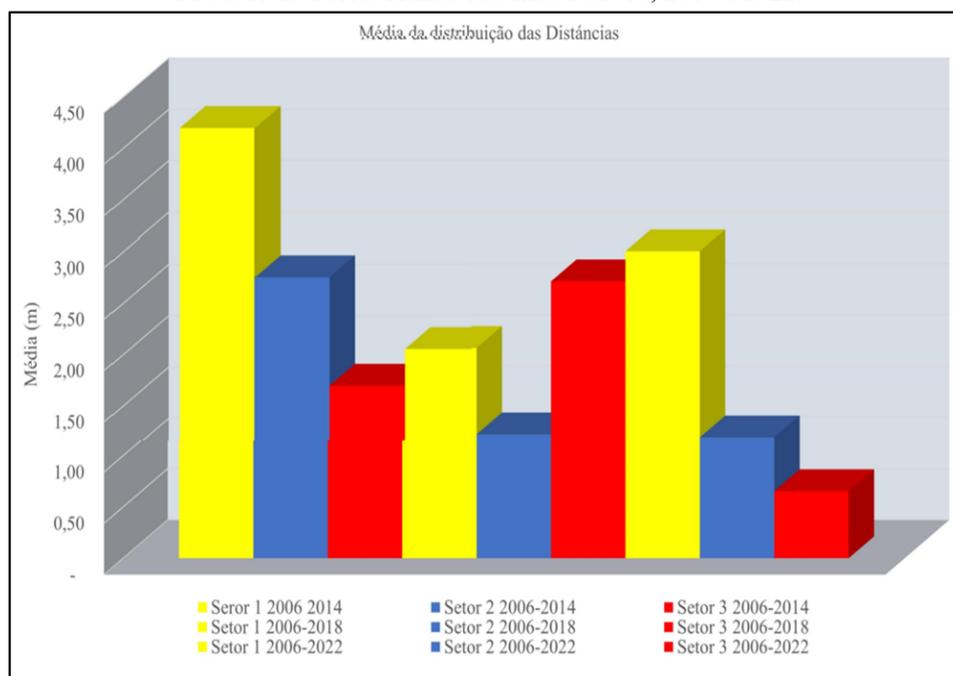
Tabela 1 - Resultados dos dados estatísticos do deslocamento das distâncias(m) da linha de Construção dos anos de 2014, 2018 e 2022 nas praias de São José da Coroa Grande.

	Setores/Ano	Média	Minímo	Maxímo	Std.Dev.
Setor 1	2006-2014	4,19	-2,93	11,99	2,87
	2006-2018	2,05	-5,40	7,29	2,29
	2006-2022	2,99	-1,75	101,00	10,62
Setor 2	2006-2014	2,75	-7,07	10,82	2,20
	2006-2018	1,21	-4,45	8,20	1,57
	2006-2022	1,18	-2,34	5,29	0,99
Setor 3	2006-2014	1,69	-11,09	13,49	3,43
	2006-2018	2,70	-2,91	12,95	2,72
	2006-2022	0,65	-4,97	5,05	1,60

Fonte: O autor (2025)

A Figura 16 apresenta o deslocamento médio da linha de construção para cada setor, o Setor 1 apresentou a maior média para o primeiro período (2006-2014), seguido do período 2006-2022 para o mesmo Setor. As menores médias foram observadas no Setor 2, durante os períodos 2006-2018 e 2006-2022 (Tabela 1 e Figura 16)

Figura 16 - Deslocamento médio das distâncias da linha de construção nas praias de São José da Coroa Grande dos anos de 2014, 2018 e 2022.



Fonte: O autor (2025)

Setor 1

O Setor 1 está localizado ao sul da praia de São José da Coroa Grande, Figura 20, localizada na divisa com o estado de Alagoas, tem aproximadamente 1.851,52m, limita-se ao sul com o Estado de Alagoas, através do Rio Pisinunga e ao norte com o Setor 2. Essa região é caracterizada pela maior densidade populacional, urbanização acelerada e proximidade com a sede do município, conforme observado por Barreto (2015). Esse Setor reflete um alto grau de interferência antrópica, com construções próximas à linha de costa e maior alteração no ecossistema costeiro.

O Setor está mais exposto à influência das correntes longitudinais provenientes do Sul, o que resulta em maior dinâmica erosiva na linha de costa (Muehe, 2018). O deficit de sedimentos é intensificado pela redução no abastecimento sedimentar, causada pela urbanização e pela ocupação irregular. A vulnerabilidade dessa região aos processos costeiros evidencia a necessidade de ações estratégicas voltadas à gestão sustentável e à mitigação dos impactos ambientais.

Nota-se, de acordo com a pesquisa, que esse setor vem apresentando um crescimento de construções de casas de veraneio ao longo dos anos, isso é demonstrado na erosão costeira apresentada na Figura 17. Apesar de que, o setor apresenta uma extensa área molhada durante a maré baixa de sizígia, apresentando uma extensa sedimentação em direção offshore (Figura 18). Provavelmente, devido as correntes e a presença da foz do Rio Pisinunga, não permitem, que os sedimentos cheguem à linha de costa, como mostrado na Figura 18.

Figura 17 – Mapa de localização do Setor 1 2006-2014, 2006-2018 e 2006-2022



Fonte: O autor (2025)

Figura 18 - Indícios de erosão marinha no Setor 1



Fonte: O autor (2024)

Figura 19 - Características do Setor 1- Extensa área molhada em direção offshore

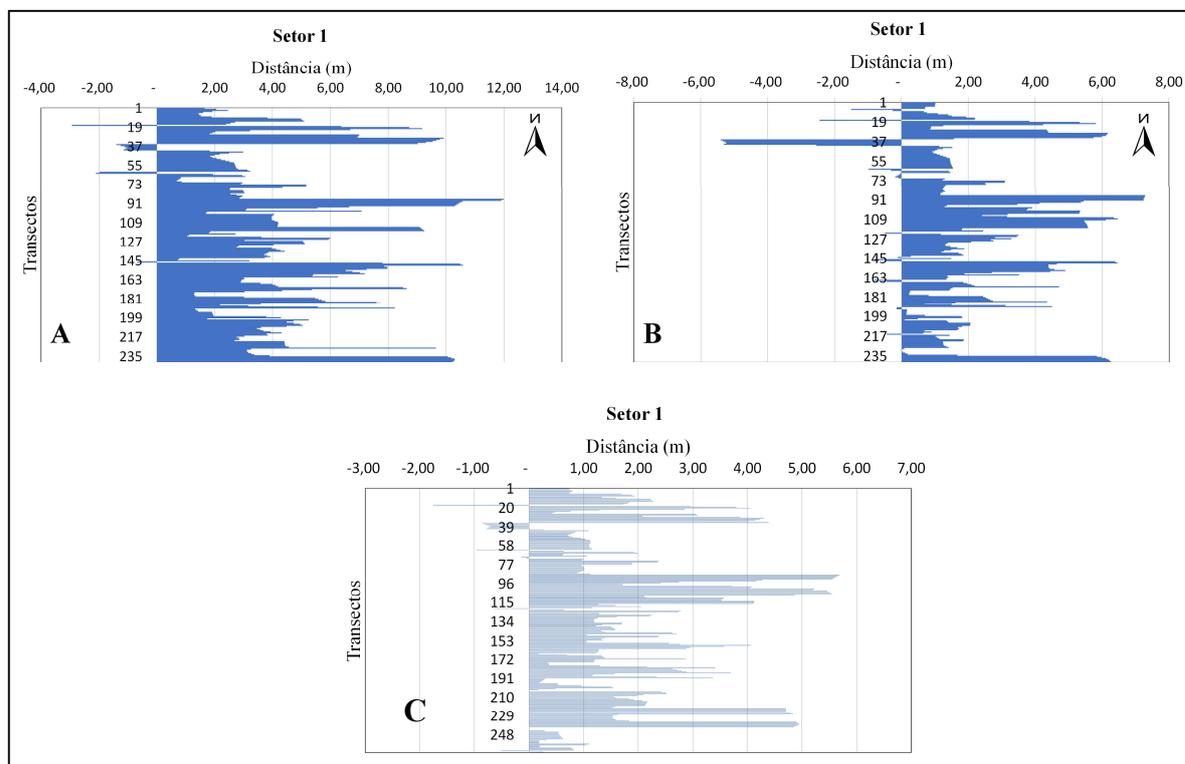


Fonte: O autor (2024)

De acordo a Tabela 1, no Setor 1, para todo o período monitorado (2006-2022) os valores do deslocamento da linha de construção apresentou um valor mínimo de -5,40m e um valor máximo de 101,00m, correspondendo respectivamente aos períodos de 2006-2018 e 2006-2022. No período 2006-2014, os valores variaram entre um mínimo de -2,93 e um máximo de 11,99m. Para o período de 2006-2018, houve uma diminuição média do valor máximo, que passou a ser 7,29m, e no recuo da linha de construção (Tabela 1 e Figuras 16), valor mínimo passou a ser -5,40m. entretanto foi observado um grande acréscimo na expansão urbana em direção à linha de costa, o valor máximo atingiu 101,00m, no período de 2006-2022, e um menor recuo no setor, de -1,75m. Apresentando uma grande transformação urbana no setor 1. Apesar de que, a maior média observada foi para o período de 2006-2014 (4,19m), e o valor menor no período 2006-2018 (2,05m), (Tabela 1). Demonstrando assim, que o avanço de 101,00m foi bem localizado em direção offshore, não influenciando no valor médio do deslocamento da linha de construção (Figura 16)

A Figura 16, mostra que no Setor 1, o deslocamento médio da linha de construção sugere uma evolução que reflete um comportamento consistente, com valores médios relativamente próximos entre si. No entanto, no primeiro período de 2006-2014, destacou-se no setor, com um maior avanço médio entre os três períodos desenvolvidos. Esse comportamento pode estar relacionado a fatores como aumento na eficiência de processos urbanos, com um maior investimento ou expansão de atividades relacionadas.

Figura 20 - Distribuição das distâncias dos transectos do Setor 1, da distribuição das linhas de construção dos anos de 2006, 2014, 2018, 2022 da Praia de São José da Coroa Grande



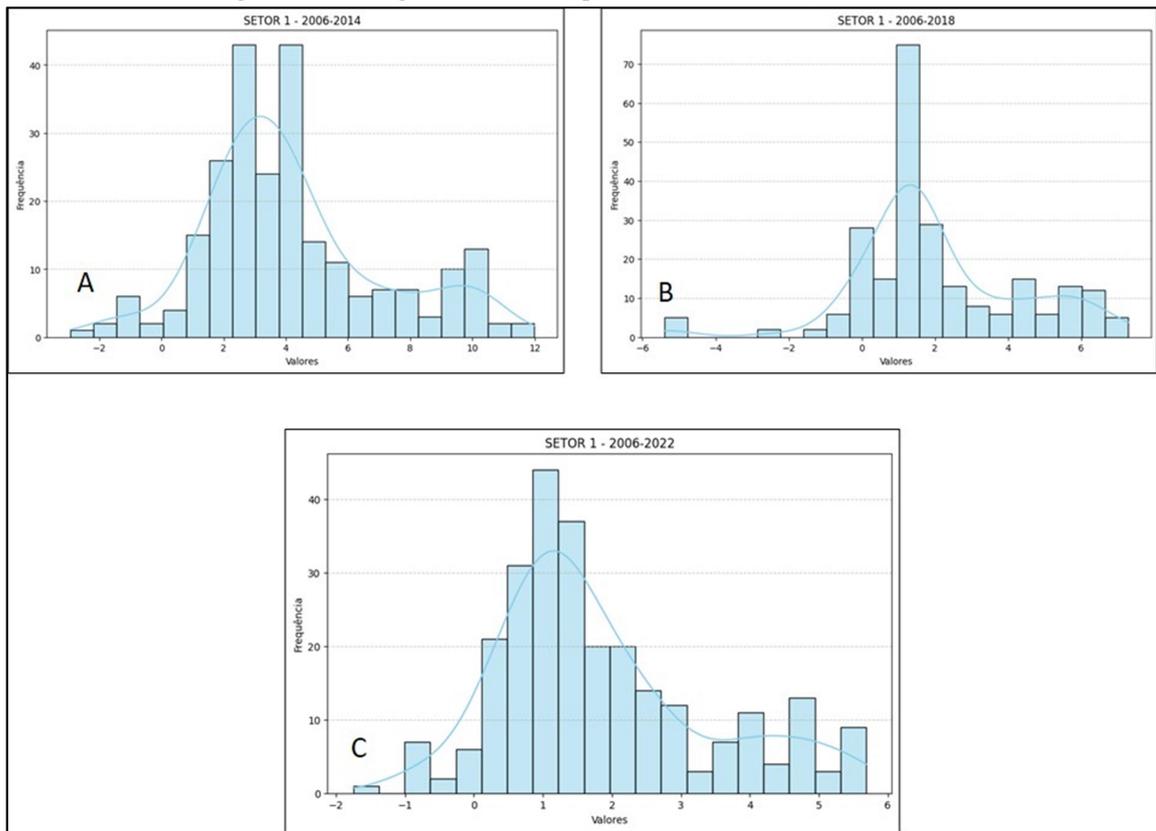
Fonte: O autor (2025)

Na análise espacial do Setor 1, a Figura 20 corrobora com uma maior concentração de expansão da linha de construção ao longo desse setor no período de 2006-2014. Demonstrando também que, essa concentração no deslocamento foi mais significativa na área ao norte do setor, provavelmente em razão de uma maior proximidade com o centro urbano de São José da Coroa Grande. As áreas mais ao Sul apresentam menor variação nos valores, indicando maior estabilidade ou menor impacto para os períodos de 2006-2018 e 2006-2022.

O Setor 1, conforme Figura 21A, apresenta os histogramas de deslocamento da linha de construção para os intervalos de tempo pesquisados. No período de 2006-2014, observa-se maior deslocamento da linha de construção em torno dos intervalos entre 0,00m-2,00m; 2,00m-4,00m; e de 4,00m a 5,00m. Tendo uma concentração entre 20 a 40 transectos, nas distâncias observadas nos valores citados em metros.

O deslocamento de 2006-2018 (Figura 21B), foi observado um maior deslocamento em torno dos intervalos 0,00m-2,00m e de 2,00m a 4,00m, com uma concentração de 25 a 70 transectos (Figura 21B), com o deslocamento dos valores das distâncias (m). O período de 2006-2022 os valores das distâncias (m), apresentaram uma maior concentração nos intervalos de 0,00m-1,00m; de 1,00m-2,00m e de 2,00m a 3,00m. Sendo essas distâncias observadas aproximadamente entre 20 a 48 transectos (Figura 21C). Identificando-se assim, que as maiores concentrações de deslocamento ocorreram para os períodos de 2006-2014 e de 2006 a 2022. O período de 2006 a 2018 foi mais estável para a expansão urbana em direção à linha de costa.

Figura 21 - Histograma do setor 1 para os anos de 2014, 2018 e 2022



Fonte: O autor (2025)

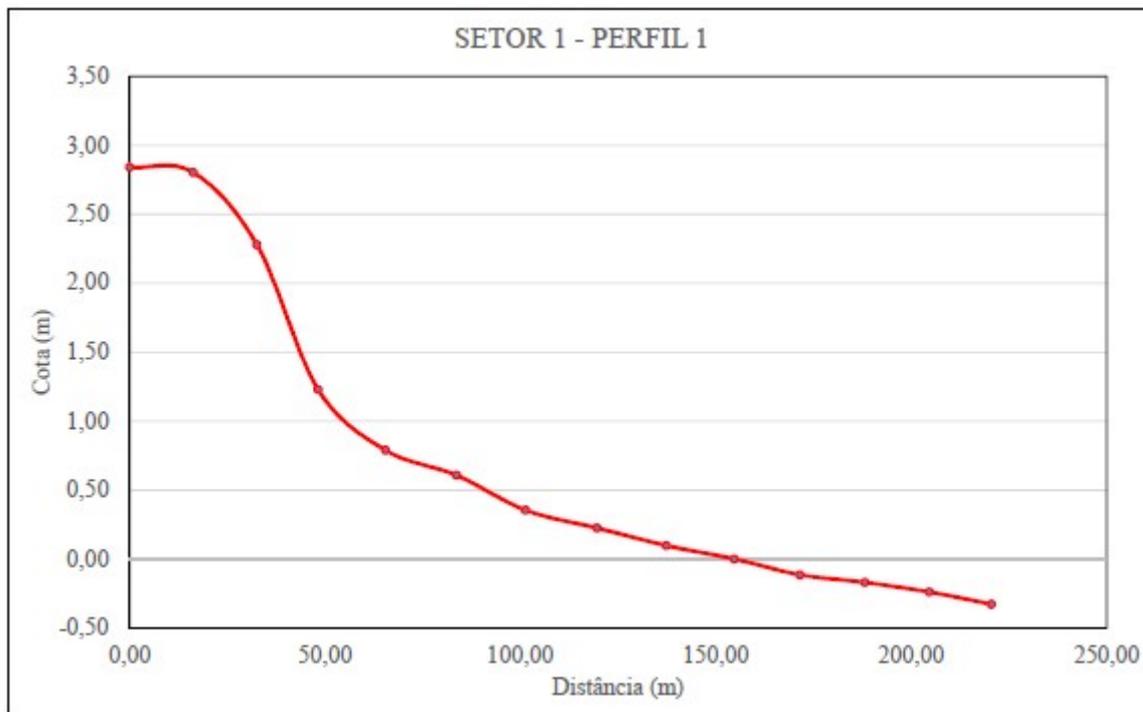
No perfil topográfico do Setor 1, a Figura 22 representa o ponto inicial do perfil topográfico. A curva observada no perfil (Figura 23), indica uma variação topográfica ao longo do percurso medido. Esse perfil tem em média um espaçamento entre as estacas de 16,96m. O perfil apresenta um declive gradual seguido por uma estabilização em elevações mais baixas. Esse comportamento pode sugerir que o início mais elevado, ocorreu a partir de uma distância aproximada 150m, se aproxima do nível do mar até atingir a cota negativa, uma característica relacionada à topografia costeira. Bem como, se observa que, as regiões do estirâncio médio e inferior apresentam um deficit de sedimentos, o que corrobora com o processo erosivo detectado nesse setor. O Setor 1 exibe extensas áreas úmidas, localizadas após a região do estirâncio, em direção à zona offshore, de acordo com a Figura 22.

Figura 22 - Balizamento do ponto inicial para direção do perfil do Setor 1



Fonte: O autor (2024)

Figura 23 - Perfil topográfico do setor 1



Fonte: O autor (2025)

Setor 2

O Setor 2 (Figura 24), abrange a região central da praia, com aproximadamente 2.022,71m, caracterizado pela transição entre áreas urbanas e distritos menos povoados. Segundo Barreto (2015), essa região conecta a área mais preservada ao norte, e uma mais urbanizada ao sul. Tem maior proximidade com a sede do município, que promove uma alta pressão antrópica, refletida nas transformações na paisagem costeira. Geomorfologicamente, esse setor apresenta características associadas à sedimentação quaternária, como barreiras costeiras e formações sedimentares oriundas da dinâmica fluvial e marinha (Dominguez et al., 1990).

Esse Setor é diretamente influenciado pela convergência de células de derivação litorânea, o que gera uma dinâmica sedimentar relativamente equilibrada, mas suscetível a variações sazonais. Como destacado por Muehe (2018), essa área está sujeita a alterações no transporte sedimentar longitudinal, influenciada tanto pelas correntes marinhas quanto pelas mudanças climáticas. A zona central desempenha um papel estratégico no amortecimento dos impactos hidrodinâmicos, funcionando como uma área de transição sedimentar.

A influência direta do turismo na região e a especulação imobiliária permitem que ela seja explorada com pouco controle sobre as edificações construídas irregularmente ao longo da costa, contribuindo para modificar a área não edificante ao longo dos anos, conforme Figuras 24 e 25.

Figura 24 - Mapa de localização do Setor 2 e da distribuição das linhas de construção dos anos de 2006, 2014, 20018, 2022 da Praia de São José da Coroa Grande.



Fonte: O autor (2025)

Figura 25 - Características do Setor 2, região central da praia



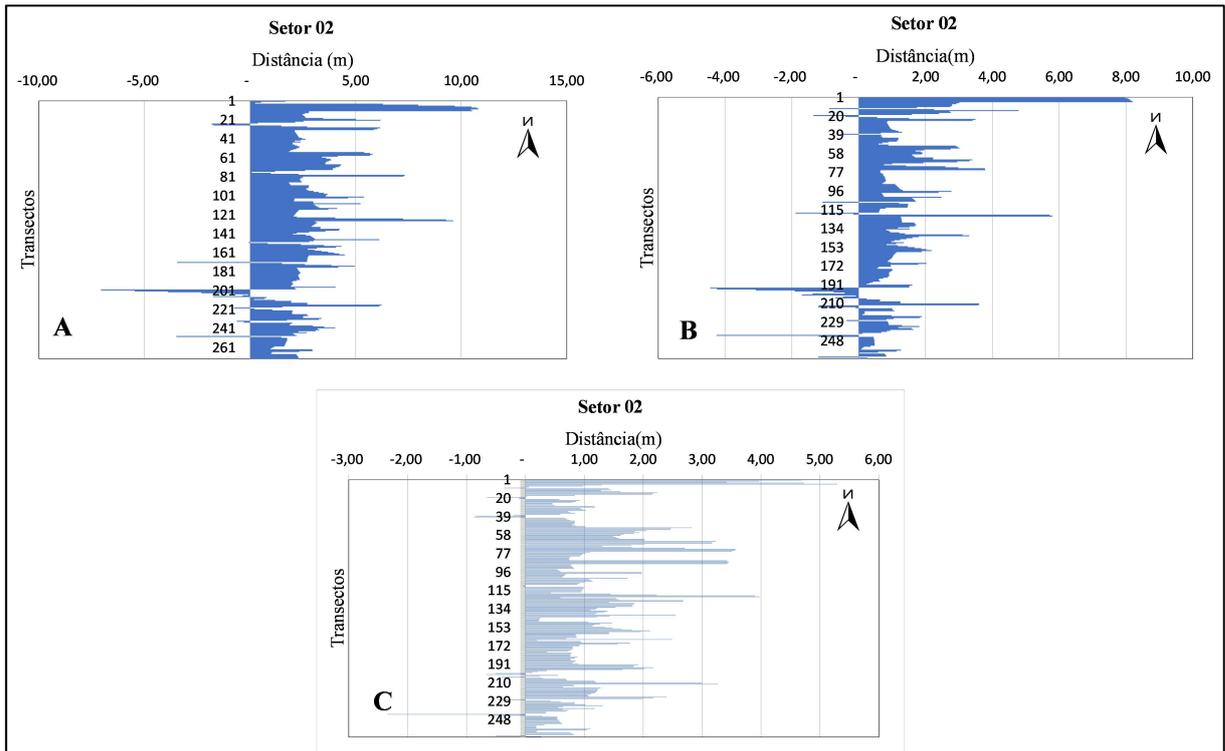
Fonte: O autor (2024)

Figura 26 - Características do Setor 2, região central da praia

Fonte: O autor (2024)

O Setor 2 (Tabela 1) apresentou uma variação nas distâncias de deslocamento das da linha de construção para todos os períodos monitorados (2006-2022), ficou entre -7,07m e 10,82m, correspondendo aos valores máximo e mínimo, observados no período de 2006 - 2014 (Tabela 1 e Figura 16). A maior média observada (Figura 16), foi para o período de 2006-2014 (2,75m) e o menor valor médio entre 2006-2022 (1,18m). Para o período de 2006-2018 (Tabela 1 e Figura 15), houve uma diminuição no recuo da linha de construção em direção onshore, passou para -4,45m em 2018 e o valor de -2,34m para o período 2006-2022. Durante o período de 2006-2018, houve uma redução no valor máximo para 8,20m e para o período 2006-2022, o setor apresentou valor máximo de 5,29m, observando-se uma diminuição na expansão em direção offshore. Demonstrando assim, uma certa estabilidade na linha de construção próximo à praia, tanto em recuo, como em avanço. Talvez esse efeito esteja relacionado às mudanças estratégicas, relacionadas a mudanças nacional para o investimento ou estagnação econômica no setor de turismo, que corresponde em grande parte ao período epidêmico da COVID 19. Evidenciando uma tendência clara de estabilização na linha de construção costeira (Figura 27).

Figura 27 - distribuição das distâncias dos transectos Do Setor 2, dos anos 2014, 2018 e 2022

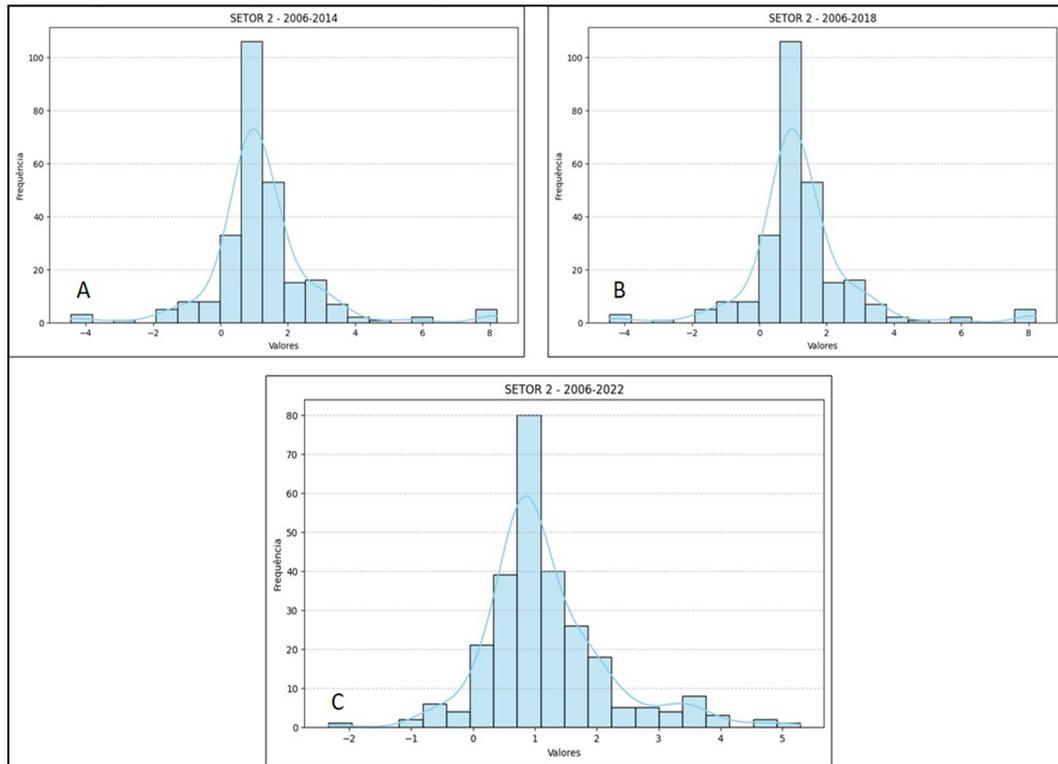


Fonte: O autor (2025)

Conforme a Figura 27A, B e C, o Setor 2 apresentou uma distribuição dos valores uniforme das distâncias ao longo dos transectos, tanto ao Norte quanto ao Sul. Isso demonstra que as alterações são distribuídas de maneira mais uniforme em relação a outros setores. Ao longo das distâncias, o Setor 2 apresentou valores consistentes, sem grandes picos ou oscilações acentuadas. Essa estabilidade é evidente tanto ao Norte quanto ao Sul, reforçando a característica de previsibilidade observada neste setor. O comportamento uniforme ao longo do tempo, além das possibilidades relatadas anteriormente, pode ser também, o reflexo de um ambiente controlado ou de instruções que mitigaram a expansão ou ainda a falta de espaço para esse processo.

O Setor 2, conforme Figura 28, apresenta os histogramas de deslocamento das distâncias para os períodos pesquisados. Durante 2006-2014 (Figura 28A), observou-se os maiores valores distribuídos nos intervalos entre 0,00m-2,00m. Tendo uma concentração aproximada entre 28 e 100 transectos, nas distancias observadas nos valores citados em metros. O deslocamento de 2006-2018 (Figura 28B) foi observado, que os valores ficaram semelhantes ao período 2006-2014. O período de 2006-2022 as distancias (m) apresentaram uma concentração nos intervalos, com valores também entre de 0,00m-2,00m, numa frequência das distancias observadas aproximadamente entre 24 a 90 transectos (Figura 28C). Observando-se assim, certa estabilidade no deslocamento da linha de construção para todos os períodos estudados.

Figura 28 - Histograma do setor 2 para os períodos 2006-2014, 2006-2018 e 2006-2022



Fonte: O autor (2025)

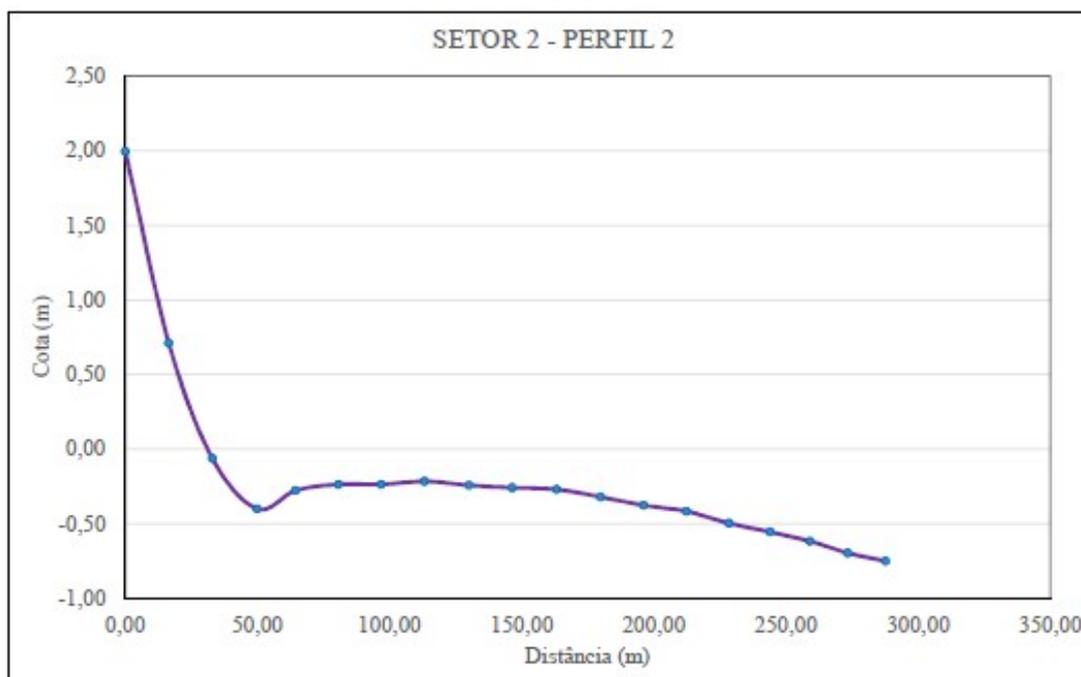
O perfil topográfico do Setor 2 (Figura 29), apresentou uma declividade inicial abrupta no início da coleta de dados e ao longo do percurso medido (Figura 30), nota-se um declive gradual seguido por uma estabilização, com elevações mais baixas, a partir 200 metros de distância, tem em média o espaçamento entre as estacas de 16,92m. Este comportamento pode sugerir que o início é mais elevado e se aproxima do nível do mar. Esse perfil apresentou uma acumulação de sedimentos nas regiões do estirâncio médio e superior. Foi observado que o perfil se encontra protegido por uma linha de recifes algálicos.

Figura 29 – Balizamento topográfico do Setor 2



Fonte: O autor (2024)

Figura 30 – Perfil topográfico do setor 2



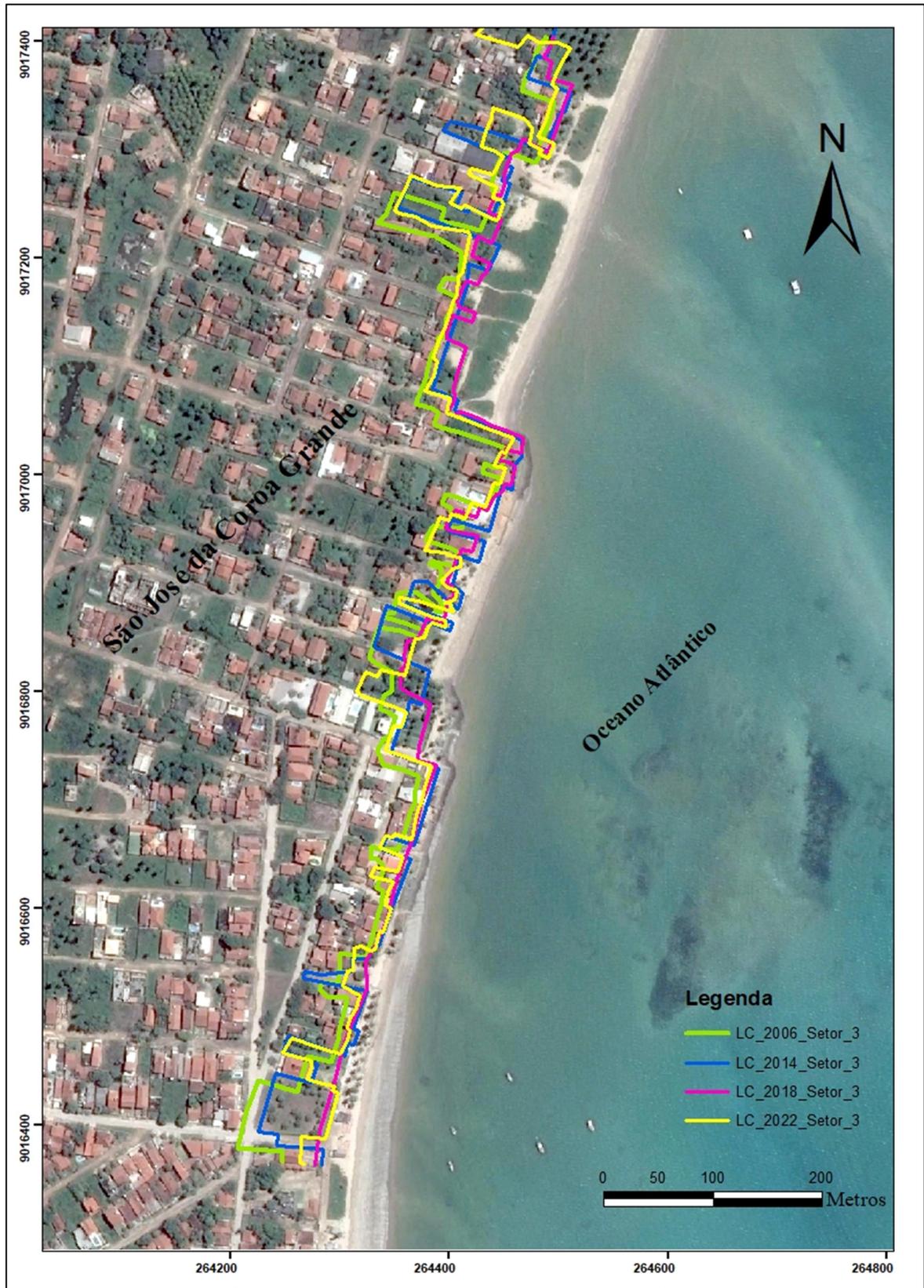
Fonte: O autor (2025)

Setor 3

O Setor 3 (Figura 31), representa a região mais ao norte da praia de São José da Coroa Grande, limitada pelo Rio Uma, com aproximadamente 1.801,08m. Essa área, conforme destacado por Barreto (2015), é composta pelos distritos de Várzea do Una e Abreu do Una, caracterizando-se por menor urbanização e maior preservação ambiental, com extensos manguezais associados ao regime de marés. Do ponto de vista geomorfológico, o setor está inserido na Bacia Pernambuco, delimitada pelo Alto de Maragogi e o Lineamento Pernambuco (Lima Filho, 1998). Essa região apresenta características jovens transgressivas, conforme descrito por Coutinho (1993), com estuários bem desenvolvidos devido ao transporte de sedimentos fluviais. A ausência de dunas, Figura 31 e 32, reflete a dinâmica sedimentar e as condições climáticas predominantes.

Esse Setor sofre influência de correntes longitudinais que favorecem a formação de células de deriva litorânea, como apontado por Muehe (2018). Essas correntes têm papel importante na redistribuição dos sedimentos, contribuindo para a morfodinâmica costeira. Além disso, os processos erosivos são mais (Figura 33 e 34) nessa área devido à redução no fornecimento sedimentar, intensificada por fatores naturais, como eventos climáticos extremos. A localização mais ao norte implica em condições hidrodinâmicas específicas, que moldam a configuração costeira, influenciando diretamente a estabilidade das margens.

Figura 31 – Mapa de localização do setor 3



Fonte: O autor (2024)

Figura 32 – Características Do Setor 3 – ao norte da praia



Fonte: O autor (2024)

Figura 33 - Características do Setor 3 – ao norte da praia



Fonte: O autor (2024)

Figura 34 – Processos erosivos no Setor 3

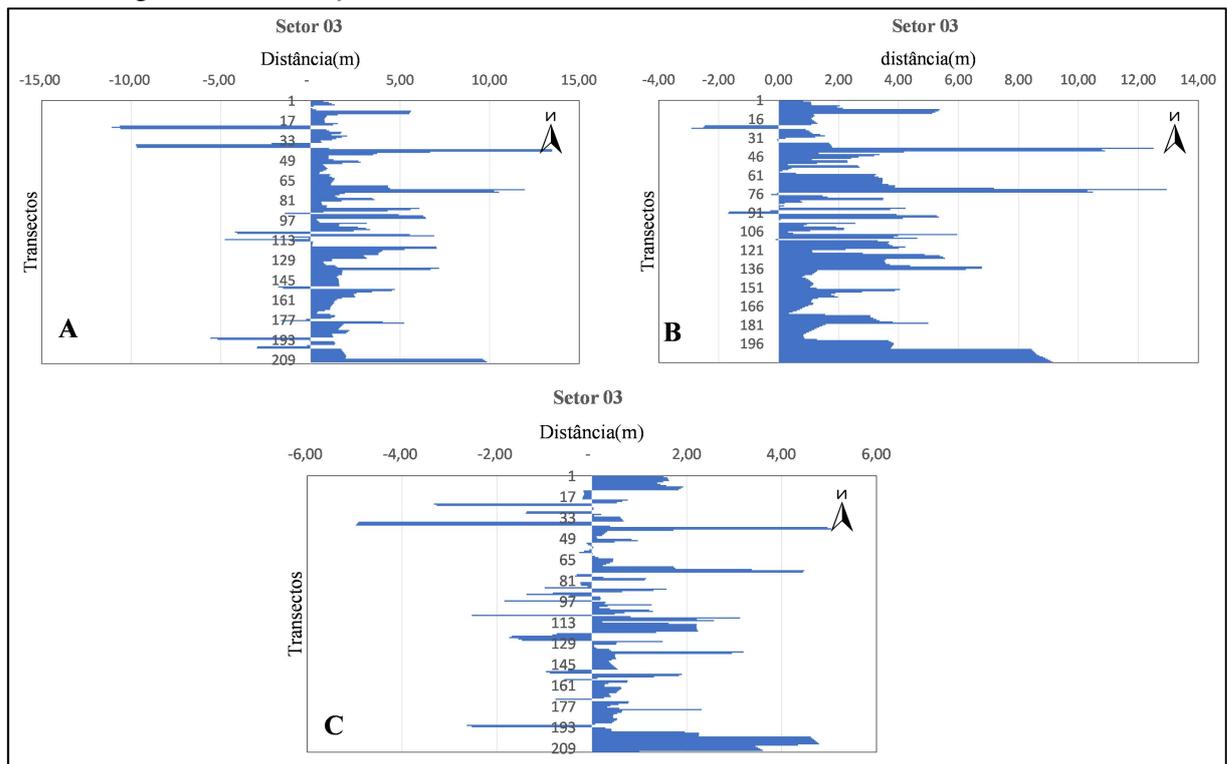


Fonte: Silva (2023)

Foi observado no Setor 3 (Tabela 1) uma variação nas distâncias de deslocamento da linha de construção em relação a todos os períodos monitorados (Figura 35). Os valores máximo e mínimos foram de 13,49m e 11,09m respectivamente, ambos os valores observados para o período de 2006 a 2014, como observados nos setores anteriores. A média com maior valor de deslocamento na linha de construção foi demonstrada (Tabela 1 e Figura 15), diferentemente dos outros setores, no valor de 2,70m durante o período de 2006-2018. Entretanto, apesar de o período entre 2006-2018, os períodos seguintes ao período de 2006-2014, apresentaram uma diminuição nos valores máximos e mínimos observados para o setor.

Nos valores observados máximos para os períodos seguintes foram de 12,95m e 5,05m respectivamente para 2018 e 2022. Havendo uma redução considerável para o período de 2006-2022 (Tabela 1 e Figura 16). O qual pode estar atrelado aos mesmos questionamentos abordados no Setor 2. Porém, foi observado nesse Setor um alto índice de processos erosivos nesse setor durante a pesquisa realizado por Santos, 2024, provavelmente esse fator não permitiu que novas construções em direção offshores. Nos períodos subsequentes (2006-2018 e 2006-2022), houve uma recuperação gradual nas oscilações, refletindo esforços para estabilizar a linha de construção.

Figura 35 - Distribuição das distâncias dos transectos do Setor 3, dos anos 2014, 2018 e 2022



Fonte: O autor (2025)

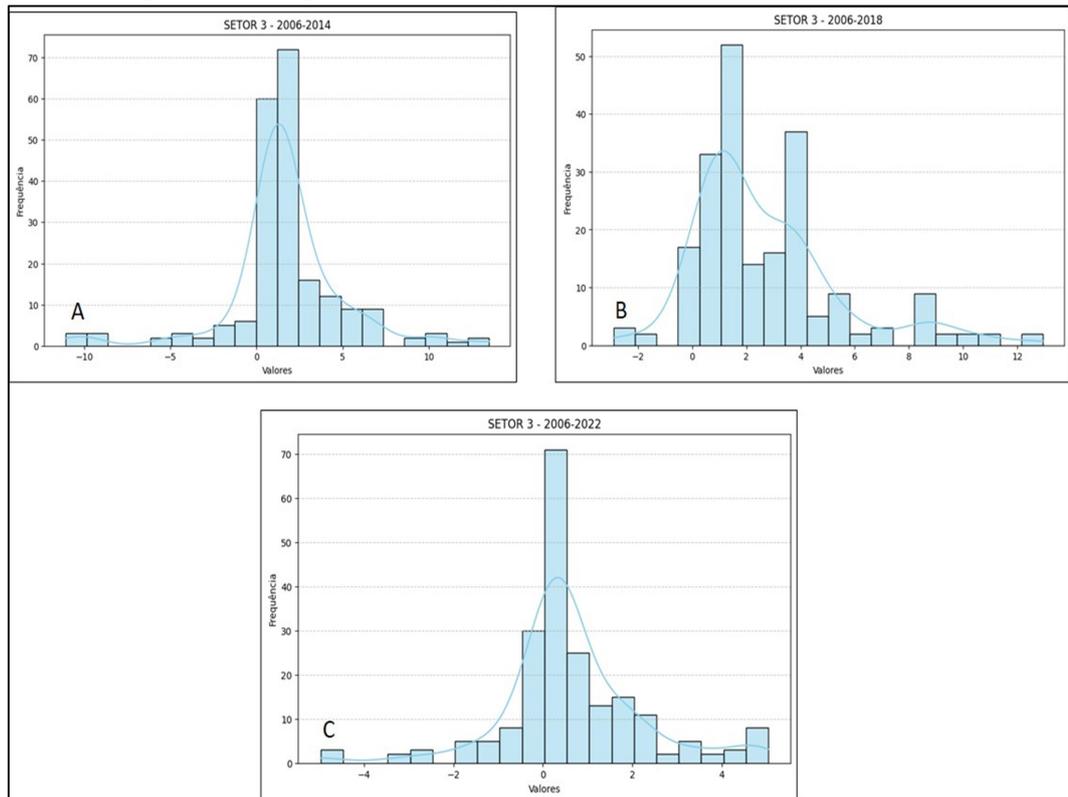
No Setor 3, conforme a Figura 36A, B e C, para todos os períodos monitorados demonstrou uma maior concentração de variações nas regiões ao Sul do setor, principalmente durante o período de 2006-2018. A área ao Sul, tem mais proximidade com o Setor 2, que apresenta uma maior urbanização e estar mais suscetíveis a alterações, sejam elas ambientais ou relacionadas a intervenções humanas. As regiões ao Norte do Setor 3 apresentam maior estabilidade, com variações menos intensas, no deslocamento da linha de construção.

A Figura 36, apresenta os histogramas dos valores das distâncias do deslocamento da linha de construção para os períodos pesquisados. Durante 2006-2014 (Figura 36A), foi observado uma variação das distancias nos valores dos intervalos entre 0,00m-3,00m. Tendo uma concentração entre 15 e 70 transectos. Para o deslocamento no período de 2006-2018 (Figura 36B), foi observado que a maior concentração de deslocamento estão entre 0,00m e 2,00m, em uma frequência entre 30 e 70 transectos, apresentando valores aproximados ao setor 2. No período de 2006 a 2022 os valores ficam em torno de -2,00m a 2,00m.

O perfil topográfico do Setor 3 (Figura 37), apresentou uma elevação proeminente na região do estirâncio superior e pós-praia, seguido de um rebaixamento em direção offshore ao

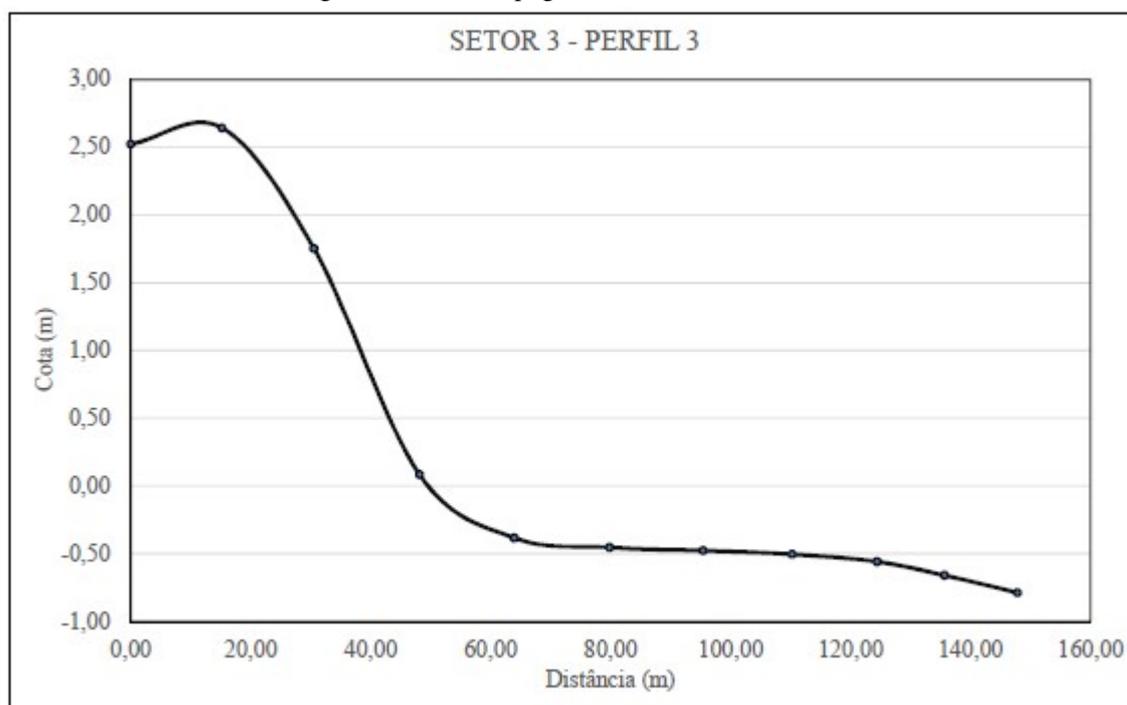
longo do percurso medido, nota-se um declive acentuado. Seguido com as regiões do estirâncio médio e inferior com redução de sedimentos, que indica um processo erosivo nesse setor, que corrobora com a ausência de deslocamento da linha de construção em direção offshores. O perfil tem em média um espaçamento entre as estacas de 16,92m. Esse início do perfil com uma cota mais elevada, provavelmente está relacionado ao processo erosivo observado na região, localizada ao Norte da área de estudo (Santos, 2014)

Figura 36 - Histograma do Setor 3 para os anos de 2014, 2018 e 2022



Fonte: O autor (2025)

Figura 37 – Perfil topográfico do Setor 3



Fonte: O autor (2025)

Tabela 2 – Volume sedimentar e as características dos perfis 1, 2 e 3

Setor	Perfil	Coodenadas		Comp. (m)	Altitude		Volume	Direção	Granulometria
		Em	Nm		Máxima (m)	Mínima (m)			
1	1	263311,482	9014322,644	220,51	2,84	-0,32	108,57	O/L	Areia fina
2	2	264069,686	9015454,388	287,67	1,99	-0,75	240,56	NO/SE	Areia fina
3	3	264537,523	9017222,647	147,83	2,52	-0,78	39,99	NO/SE	Areia fina

Fonte: o autor

O Setor 1 (Tabela 2) apresenta um volume sedimentar de 108,57m³) com um perfil relativamente extenso (220,51m). A variação de altitude se encontra de -0,32m a 2,84m, com uma direção de Oeste para o Leste, O Setor 2 (Tabela 2), possui um perfil topográfico de maior volume de sedimentos (240,56m³) e o maior comprimento de perfil (287,67m). Localizado ao centro da área de estudo, onde se encontra o pontal da praia de São José da Coroa Grande, apresentou uma direção Noroeste para o Sudeste. Apesar do perfil 2 ter uma altitude máxima menor que o Setor 1 (1,99m), entretanto, apresentou uma altitude mínima é mais baixa (-0,75m), indicando uma área mais erosiva na região do estirâncio inferior.

O Setor 3 (Tabela 2) teve um menor volume de sedimentos (39,99m³) e o menor comprimento do perfil (147,83m). Apesar da altitude máxima (2,52m), a altitude mínima foi de -0,78 m, sendo essa maior que a do Setor 2, em termos negativos, provavelmente esse perfil possui também uma área erosiva no estirâncio inferior, e devido à sua menor extensão, apresenta um processo erosivo mais intensivo. A direção segue o mesmo padrão do Setor 2 (Noroeste/Sudeste), podendo estar sob influência das mesmas forças hidrodinâmicas.

Quanto aos aspectos de sedimentologia, (Santos, 2024) discute que os sedimentos correspondem a um conjunto de partículas ou grãos, que estão no ambiente de forma inconsolidada, se originam de diferentes fontes, como, marinha e/ou terrestre e estão

condicionados a processos de erosão, transporte e deposição, de diferentes naturezas, como os processos químicos e/ou mineralógicos.

A granulometria dos sedimentos, segundo a classificação de Wentworth (1922) foram classificadas de acordo com o tamanho do grão, e são divididas: cascalho (-1ϕ), areia muito grossa (-1 a 0ϕ), areia grossa (0 a 1ϕ), areia média (1 a 2ϕ), areia fina (2 a 3ϕ), areia muito fina (3 a 4ϕ) e a lama (4 a 5ϕ). O tamanho do grão depende da natureza do material envolvido, do tempo e da distância e energia do transporte. A Tabela 2 apresenta os resultados do volume desses materiais sedimentados.

A granulometria fina é comum a todos os setores (Tabela 2), o que pode sugerir um ambiente de deposição predominantemente homogêneo e de baixa energia, apesar do Setor 3 demonstrar um processo erosivo, devido a sua extensão e rebaixamento maior que os outros perfis, apresentou a mesma distribuição granulométrica. A variação na orientação dos perfis (Oeste/Leste para Noroeste/Sudeste (Tabela 2), pode indicar mudanças nos padrões de transporte sedimentar ao longo da área de estudado.

Área não Edificante

A zona costeira é um ambiente dinâmico e vulnerável devido à sua localização geográfica, atributos paisagísticos e valorização socioeconômica, pode ser entendida como um lugar de grande concentração demográfica e de grande pressão antrópica e pode ser definida, ainda, como faixa de terra com variações em sua largura (Lira et al. 2015).

A vulnerabilidade erosiva, observada na zona costeira, devido a crescente urbanização, promovem ações preventivas, para essa área de transição entre o meio marinho e o continental, é de fundamenta importância delimitar as áreas não edificantes, a fim de limitar as atividades antrópicas que promovam impactos negativos no domínio costeiro (Soares Junior et al., 2019).

Entre os impactos das mudanças climáticas, destaca-se a subida do Nível Médio do Mar (NMM), que têm como consequências os impactos ambientais observados na morfologia costeira, nas inundações, na erosão da linha de costa, e perda de ambientes, como praias, dunas e manguezais, bem como, socioeconômicos (Braga et al., 2020). As projeções do Painel Intergovernamentais de Mudanças Climáticas-IPCC 2013, 2014, em seu Quinto Relatório AR5, sobre o aumento de um metro do Nível do Mar NM até 2100 preveem um cenário de impactos nas cidades e ecossistemas costeiros. Braga et al., 2020).

Nessa pesquisa os dados do aumento médio do nível do mar nos anos de 2050 e 2100 para o cálculo da área não edificante foram extraídos do *5th Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, em 2013. O AR5 (Quinto Relatório de Avaliação), que apresenta quatro cenários (*Representative Concentration Pathways - RCP*) para a elevação do nível médio do mar. Esses possíveis cenários de futuro irão depender da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera. Os *RCP's 2.6* e *8.5* preveem um aumento do nível do mar variando de 0,22 m e 0,25 para os 2050 e 0,44 e 0,74 para o ano de 2100. Os resultados observados na pesquisa se encontram representados na Tabela 3 e Figuras 37 a 49.

A Tabela 3 mostra a análise dos cenários de estimativa do recuo da costa para a área não edificante nos anos de 2050 e 2100, diante dos cenários 2.6 e 8.5 do 5º Relatório de Avaliação do IPCC, nos valores mínimos de 0,22 m para o cenário 2.6 e 8.5 para o período de 2050; e o aumento do nível do mar de 0,44 m, também para o cenário de 2.6 e 8.5 durante o

período de 2100. nos setores 1, 2 e 3. Apresentando assim, uma perspectiva otimista e pessimista diante as possibilidades futuras do incremento do Dióxido de Carbono na atmosfera avaliada pelo 5º relatório do IPCC, teria como consequência as previsões no aumento da temperatura atmosférica, no nível das águas oceânicas, aos quais estão diretamente relacionados nas mudanças climáticas globais.

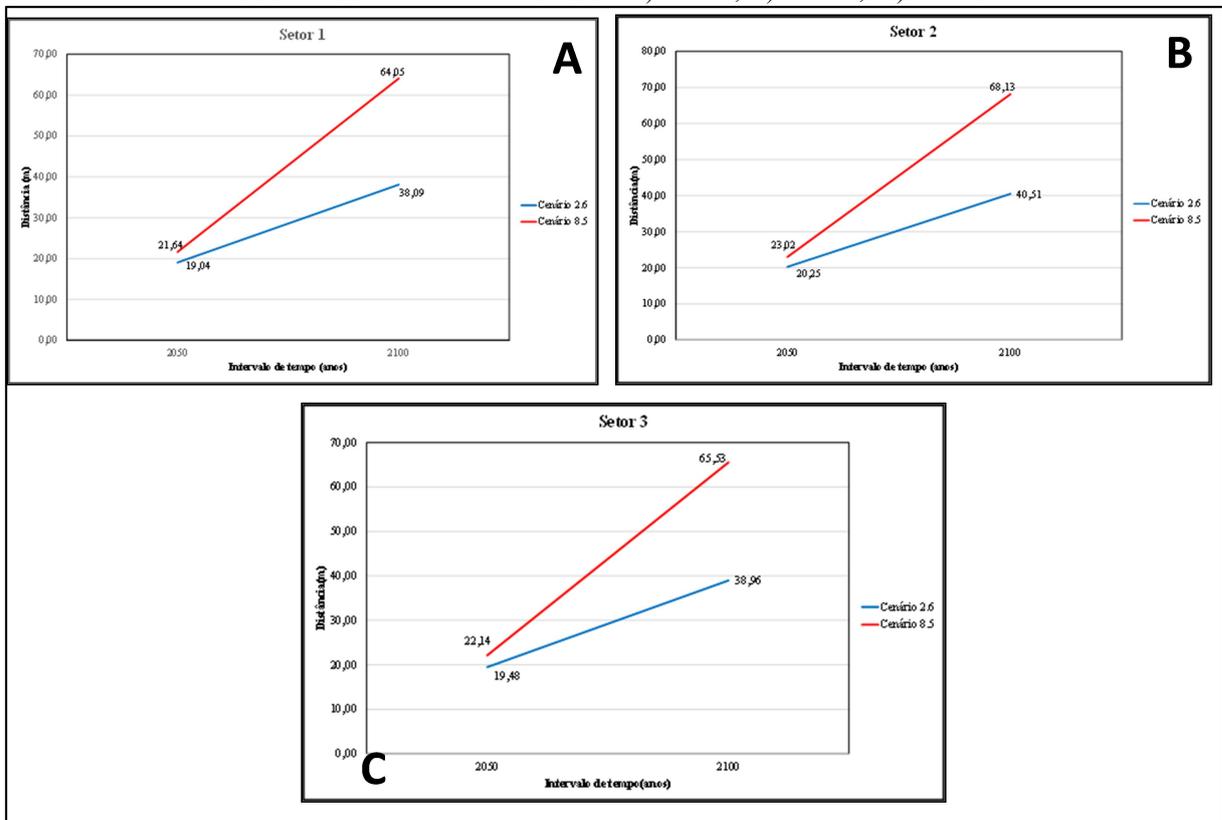
Tabela 3 - Estimativa do recuo da área não edificante para os anos de 2050 e 2100 nos Cenários 2.6 e 8.5, do 5º Relatório de Avaliação do IPCC nos setores 1, 2 e 3.

Ano	Setor 1 Cenário 2.6	Setor 2 Cenário 2.6	Setor 3 Cenário 2.6	Setor 1 Cenário 8.5	Setor 2 Cenário 8.5	Setor 3 Cenário 8.5
2050	19,04	20,25	19,48	21,64	23,02	22,14
2100	38,09	40,51	38,96	64,05	68,13	65,53

Fonte: O autor (2025)

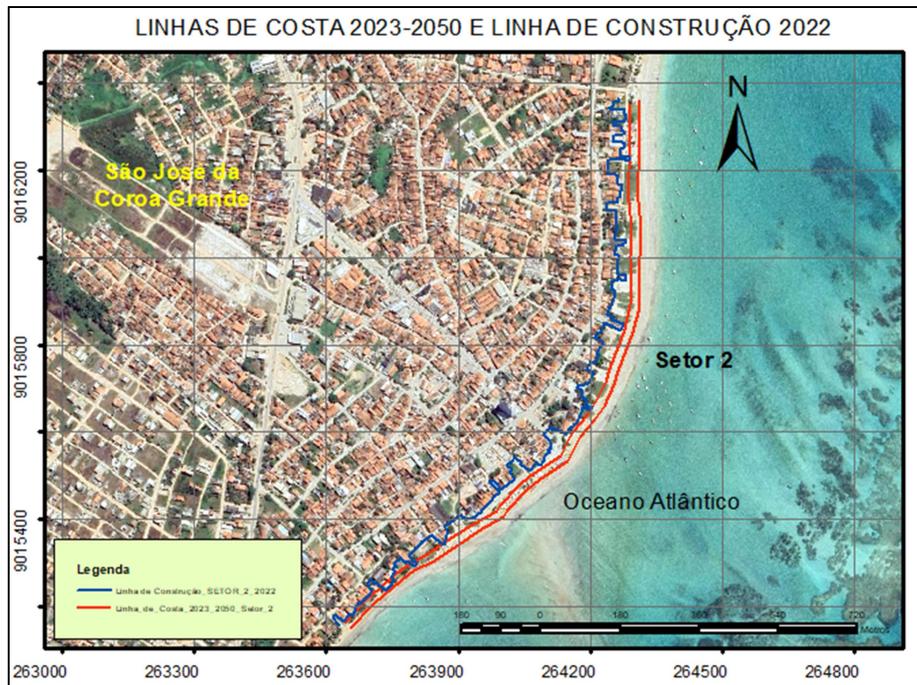
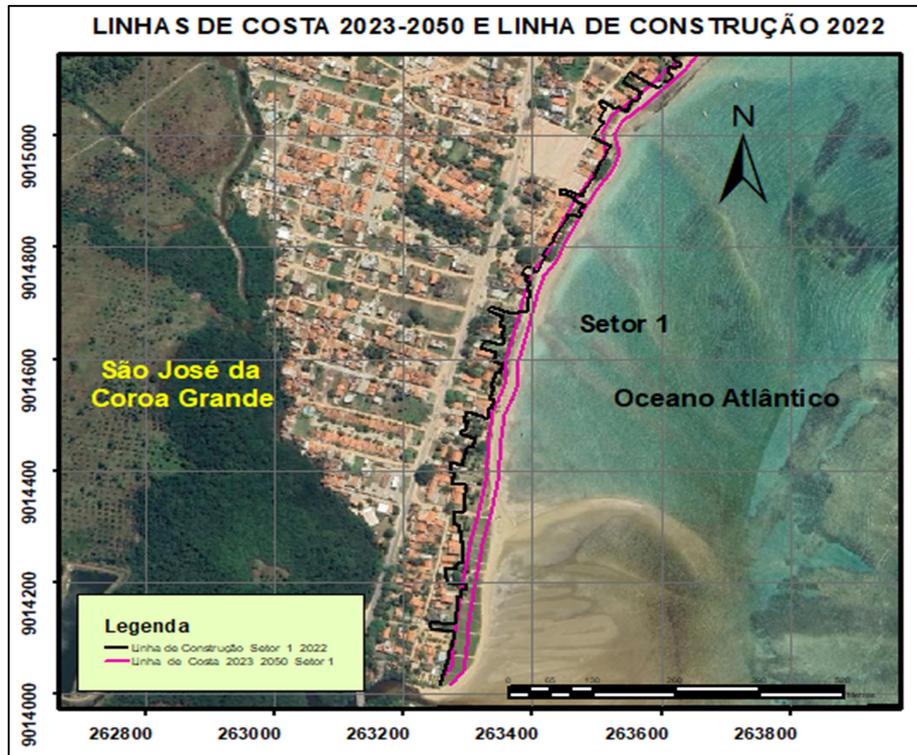
Os resultados dos valores de recuo da área não edificante mostraram um recuo da costa para o cenário 2.6 (Tabela 3 e Figura 38) os valores variaram entre 19,04m e 20,25m. Sendo observado uma diferença em torno de 1,25m de recuo entre os setores 1 e 2, e para os setores 2 e 3, e um valor aproximado de 0,77m para a previsão de 2050. Nesse contexto percebe-se que há um crescente aumento na retrogradação da linha de costa da direção sul para o norte, do Setor 1 para o Setor 2, sendo mais significativo ao centro do Setor 2, representado pelo pontal da Praia de São José da Cora Grande (Figura 39).

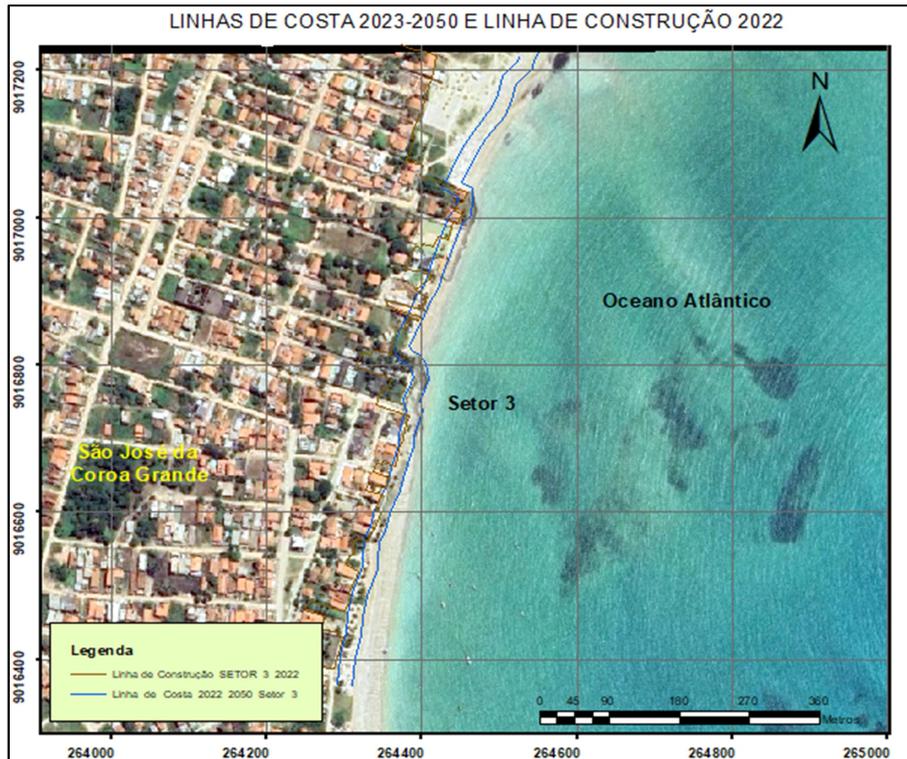
Figura 38 - Estimativas dos valores de recuo da área não edificante para os anos de 2050 e 2100 nos Cenários 2.6 e 8.5 - A) setor 1; B) Setor 2; C) Setor 3.



Fonte: o Autor (2025)

Figura 39 - Mapas das estimativas do recuo da área não edificante para o ano de 2050 no Cenário 2.6 do 5º Relatório de Avaliação do IPCC nos Setores, 1, 2 e 3.

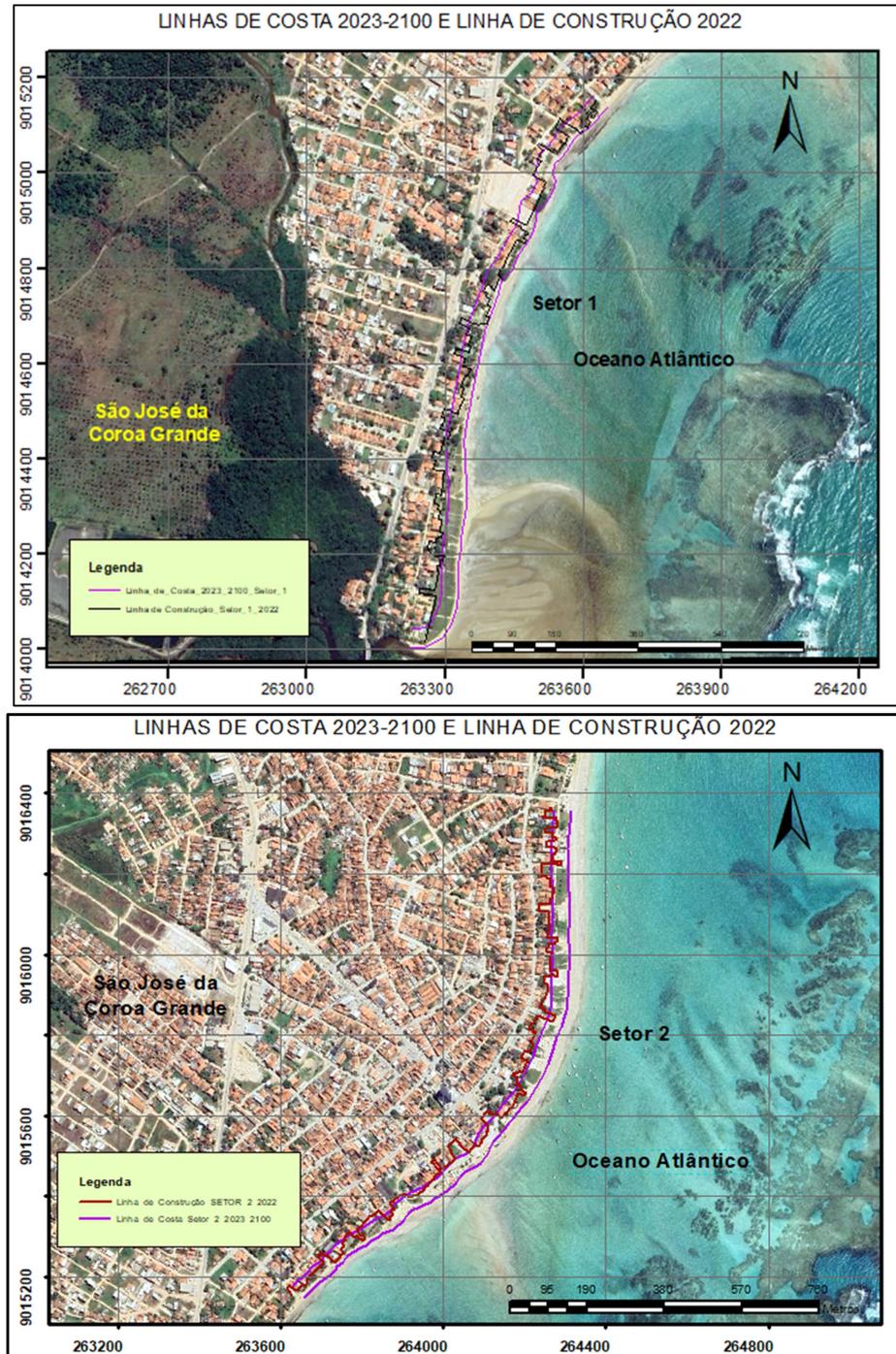


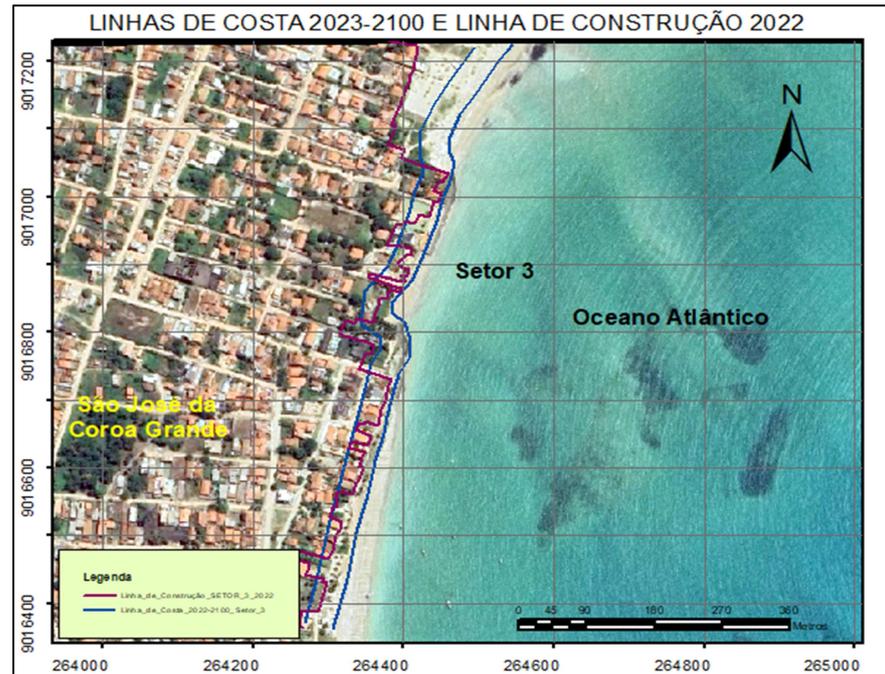


Fonte: O autor (2025)

Em relação a previsão 2.6 para o ano de 2100, observa-se um aumento expressivo nas estimativas, com os valores aproximados do dobro em relação a 2050, mas, com um crescimento proporcional entre os setores (Tabela 3). Os valores observados ficaram entre 38,09m a 40,51m (Tabela 3 e Figura 40). Esse cenário indica uma intensificação do recuo da área não edificante ao longo do tempo, sendo o Setor 2 o que mais se destaca devido ao seu valor mais alto, o que pode apontar para uma maior vulnerabilidade ou impacto nessa região (Figura 40). Na direção de sul para o norte se observa que os Setores 2 e 3 serão os mais impactados, pois a linha de ocupação, encontra-se dentro da área não edificante a partir do cenário 2.6 para o ano de 2050, que corresponde a um cenário mais otimista (Figuras 38 e 40).

Figura 40 - Mapas das estimativas do recuo da área não edificante para o ano de 2100 no Cenário 2.6 do 5º Relatório de Avaliação do IPCC, nos Setores 1, 2 e 3.

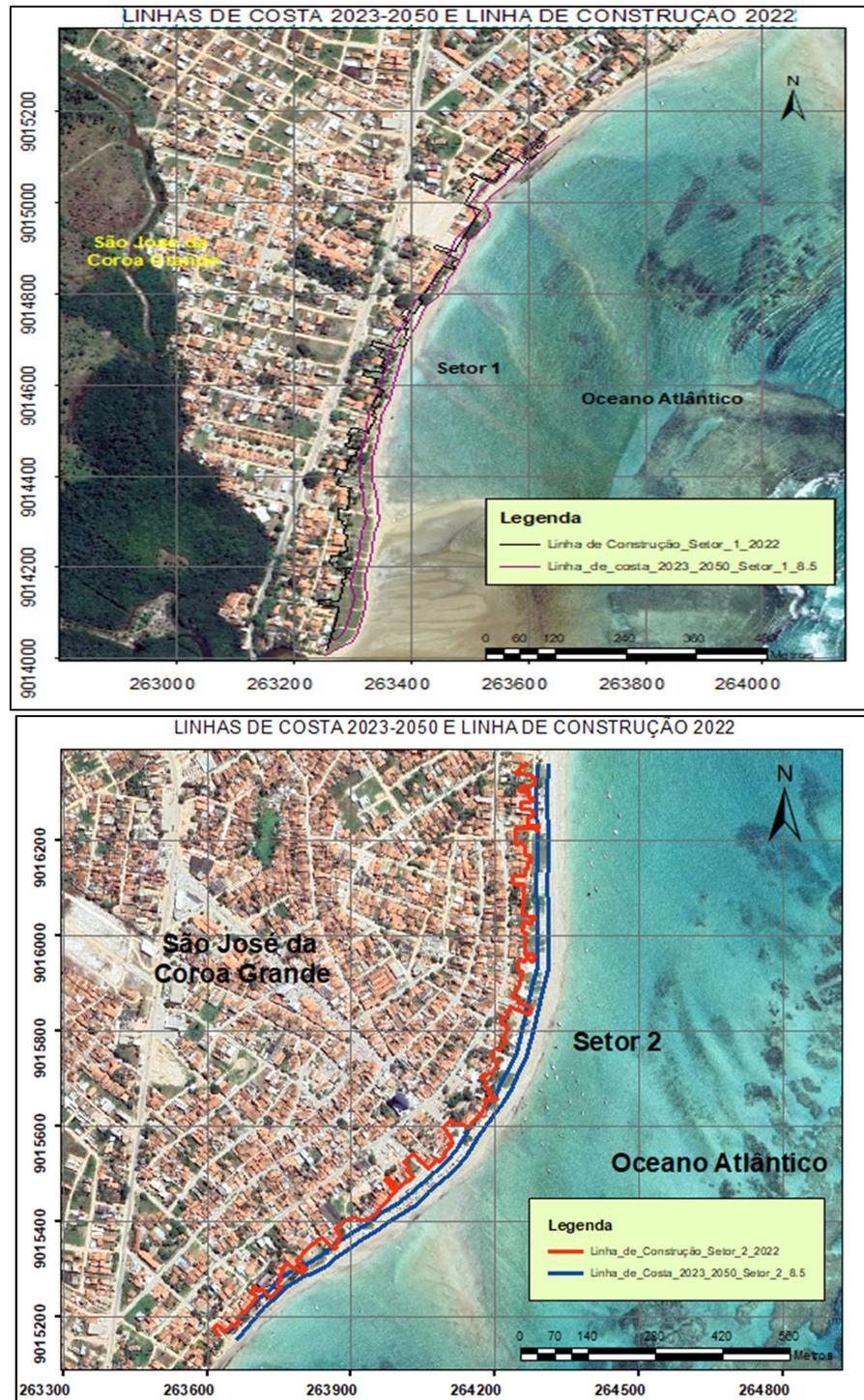


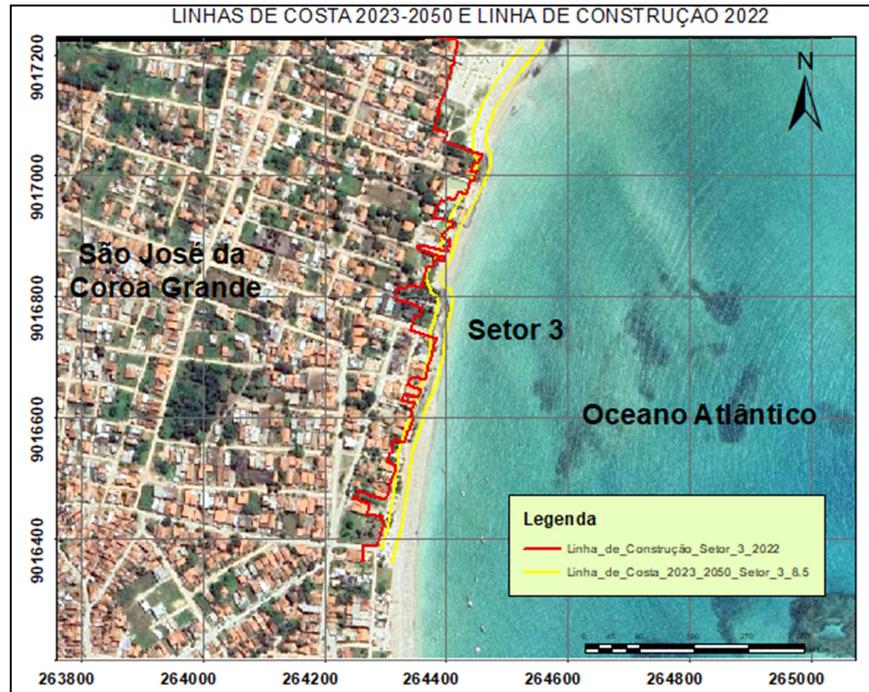


Fonte: O autor (2025)

No cenário 8.5, para o ano de 2050, ao comparar os três setores, percebe-se variação dos entre 21,64m a 23,02m (Tabela 3), alcançando um percentual de aumento aproximado de 12 a 14% de recuo nos setores, principalmente no Setor 2. Esse Setor por ser o mais urbanizado, irradia para o norte do Setor 1 e para o sul do Setor 3, as suas proporções tanto de ocupação urbana, bem como, a retrogradação da área edificante (Tabela 3 e Figura 41), revelando que as áreas não edificantes sofrerão um maior impacto da elevação do nível do mar já no médio prazo. Esse processo pode levar à expansão da área da pós praia em direção onshore e, conseqüentemente, ao aumento da retrogradação, afetando diretamente as edificações situadas ao longo da costa, principalmente nos Setores 2 e 3 ou a instalação de um intenso processo erosivo no Setor 2, e o aumento desse processo, no qual já foi observado no Setor 3, representado por um perfil menos extenso e com a presença de processo erosivo ao norte da área de estudo.

Figura 41- Mapas das estimativas do recuo da área não edificante para o ano de 2050 no Cenário 8.5 do 5º Relatório de Avaliação do IPCC nos Setores, 1, 2 e 3.



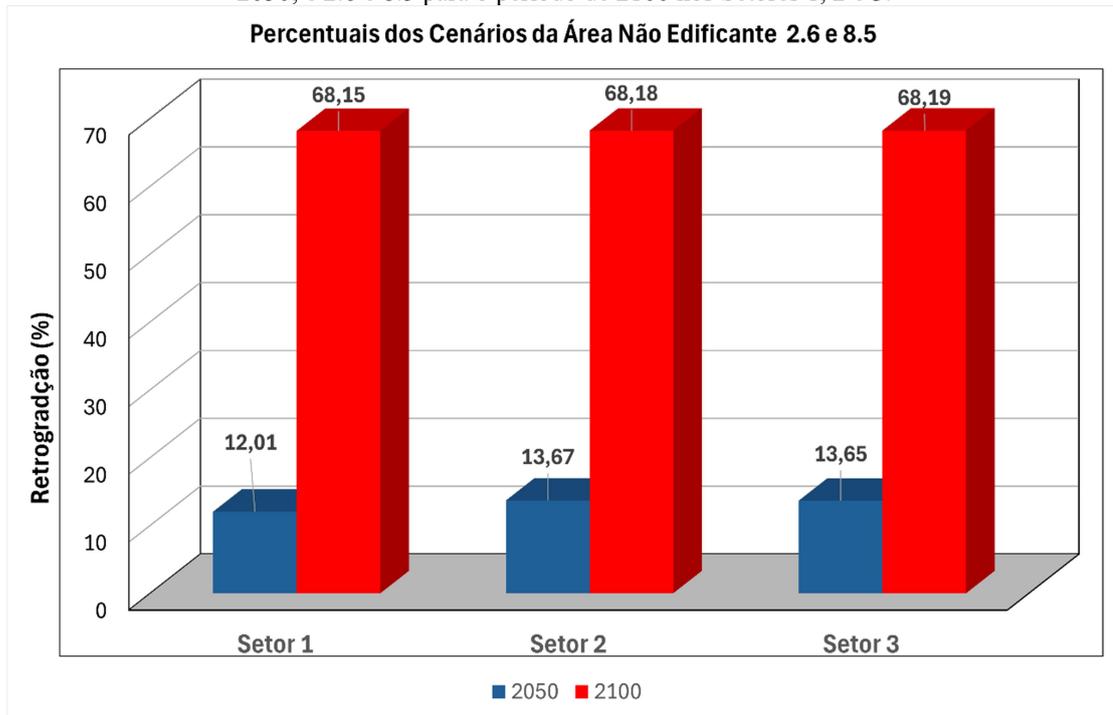


Fonte: O autor (2025)

No cenário 8.5, para o ano de 2100, a comparação entre os setores revela variações significativas nos valores de retrogradação. Os setores atingiram valores entre 64,05m e 68,13m de retrogradação da área não edificante (Tabela 3), com processos erosivos em toda a sua extensão da área de estudo. Esses resultados sugerem que o Setor 2 (68,13m) e o Setor 3 (65,53m) estarão mais expostos a processos erosivos e impactos ambientais do que o Setor 1, que registrou um recuo de 64,05. Como na análise anterior dos cenários 2.6 e 8.5 nos períodos de 2050 e 2100, houve um aumento progressivo na retrogradação da área não edificante, com variações entre os cenários, em um aumento para mais de 68%, no cenário 2.6 e 8.5 para o período de 2050; 2.6 e 8.5 no período de 2100, demonstrado na Figura 42. Os resultados contraídos para os três setores indicam uma elevação significativa do nível do mar nos anos de 2050 para o ano de 2100, entre os cenários, em todos os setores, destacando o impacto acumulativo na área não edificante no longo prazo (Figuras 42 e 43).

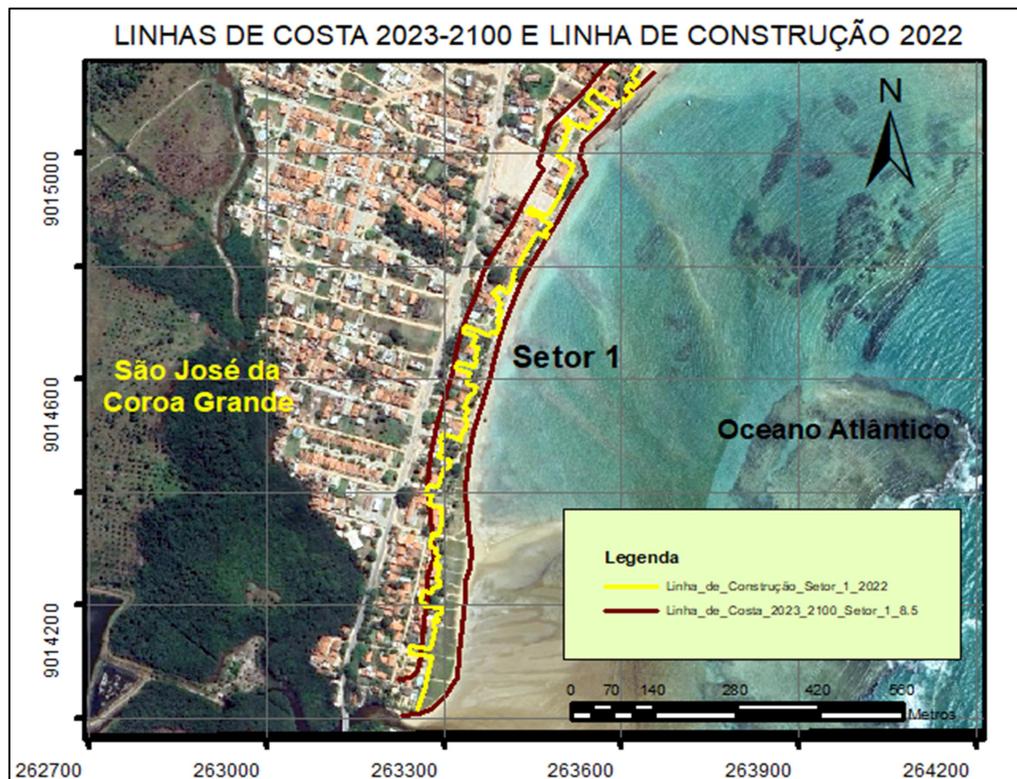
Portanto, é fundamental a adoção de estratégias eficazes de gestão costeira, visando reduzir os impactos previstos e preservar a integridade da área não edificante de São José da Coroa Grande. Medidas como a reavaliação das diretrizes de ocupação do solo, projetos de recuperação costeira e a redução das emissões de gases de efeito estufa são essenciais para mitigar os impactos da elevação do nível do mar nas próximas décadas.

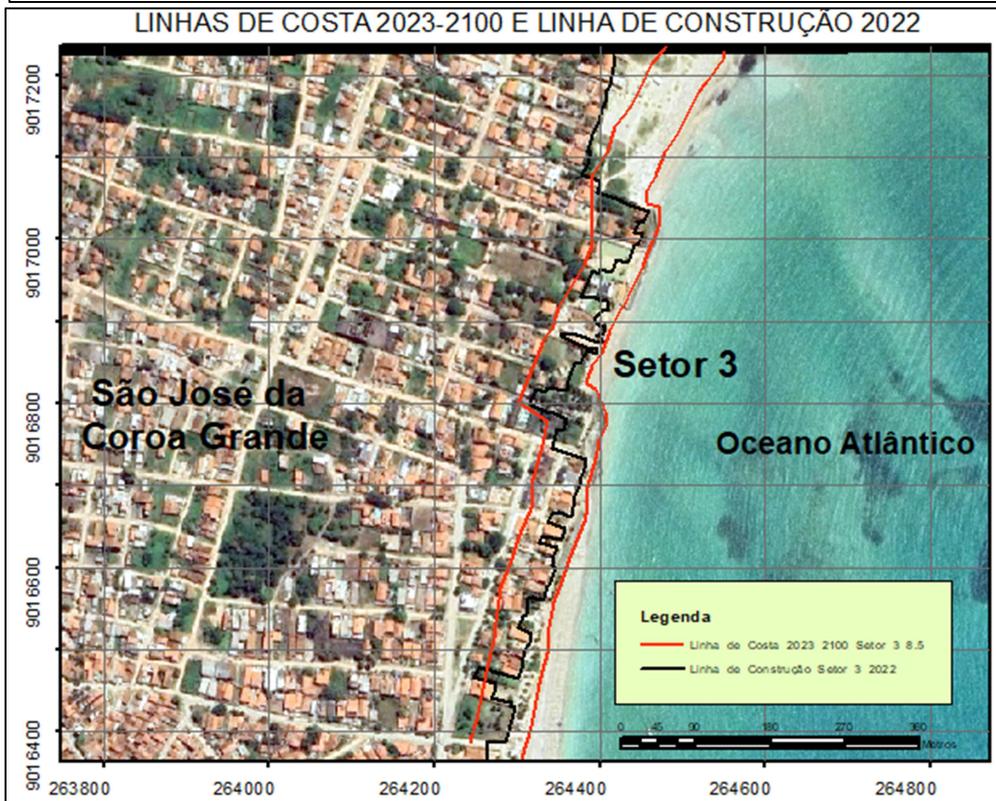
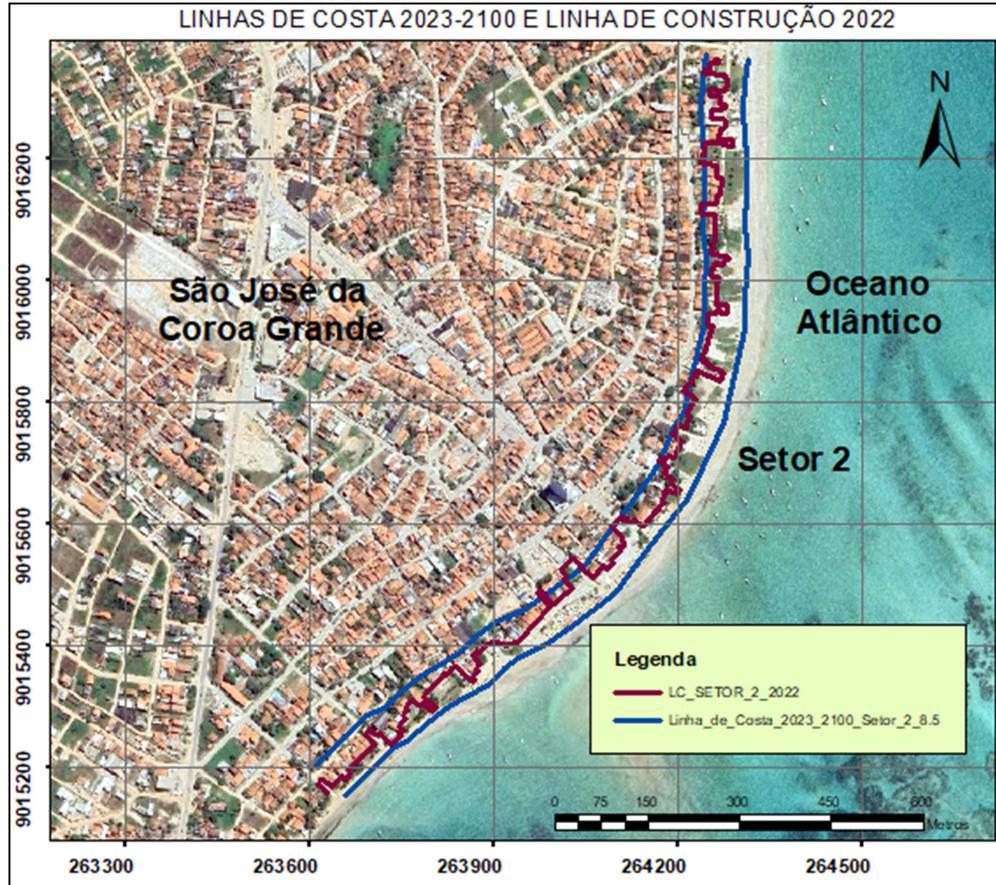
Figura 42 - Variações entre os cenários, 2.6 e 8.5 (%) para a área não edificante no período de 2050; e 2.6 e 8.5 para o período de 2100 nos Setores 1, 2 e 3.



Fonte: O autor (2025)

Figura 43- Mapas das estimativas do recuo da área não edificante para o ano de 2100 no Cenário 8.5 do 5º Relatório de Avaliação do IPCC nos Setores, 1, 2 e 3.





Fonte: O autor (2025)

A literatura destaca que expansões rápidas, especialmente em áreas ao norte de maior variação, podem resultar em impactos ambientais significativos, como erosão do solo, perda de biodiversidade e pressão sobre recursos naturais (Clemente et al., 2018). Assim, futuras intervenções devem considerar políticas de mitigação, buscando acompanhar o desenvolvimento com práticas de conservação ambiental.

Os resultados dos três setores representam uma retrogradação, sendo mais evidente nos setores 2 e 3, para os dois cenários 2.6 e 8.5, nos anos de 2050 e 2100, corroborando com Soares et al. (2019), que relata em seu estudo a vulnerabilidade classificada, como alta onde há uma redução nas áreas de praia, inexistência de pós-praia, e a presença de obras de contenção ao longo da costa. Segundo Batista (2019) a configuração espacial pode estar relacionada à influência de variáveis ambientais, como a presença de corpos d'água, condições topográficas, ou à pressão antrópica, como expansão urbana ou agrícola.

Estudos anteriores, como os de Muehe (2018) e Cooper e Pilkey (2012), corroboram essa tendência ao apontarem que a elevação do nível do mar tem sido um dos principais fatores para o aumento da erosão em regiões costeiras. O comportamento da retrogradação da área não edificante sugere, mesmo em um horizonte a médio prazo, indicam que, o aumento do nível médio do mar podem resultar em uma erosão acelerada, comprometendo a estabilidade da área não edificante e ampliando as restrições para o uso e ocupação do solo (Souza et al., 2020).

Manso et al. (2003) afirmam que a determinação da zona não edificante a partir da linha de preamar máxima permitiu estimar as distâncias mínimas para uso e ocupação da faixa costeira, mesmo em um cenário otimista (ENM = 0,18m), pode ocorrer uma retrogradação de 23,39m na linha de costa, valor próximo das variações sazonais anuais da praia do Porto (PE).

7. CONSIDERAÇÕES

O Setor 1 está localizado ao sul da praia de São José da Coroa Grande, localizada na divisa com o estado de Alagoas, tem aproximadamente 1.851,52m limita-se ao sul com o Estado de Alagoas, através do Rio Pisinunga. A linha de construção desse setor, apresentou no deslocamento o valor mínimo de -5,40m (2006-2018). Entretanto foi observado um grande acréscimo na expansão urbana em direção à linha de costa para o período de 2006-2022, observando-se um valor máximo de 101,00m. Porém, a maior média ocorreu durante o período de 2006-2014 (4,19m), e a menor no período 2006-2018 (2,05m). Houve uma maior concentração de expansão da linha de construção durante 2006-2014, com um desenvolvimento urbano em direção offshore, concentrando-se ao norte, em razão de uma maior proximidade com o centro urbano de São José da Coroa Grande.

O Setor 2 se localiza na região central e tem aproximadamente 2.022,71m, essa região limita-se ao norte com uma área mais preservada e uma mais urbanizada ao sul. Pertence a sede do município, é uma região de alta especulação imobiliária e turística. O Setor 2, apresentou no deslocamento da linha de construção, o valor máximo de 10,82m e o mínimo de -7,07m, durante o período de 2006 -2014. A maior média foi observada no mesmo período (2,75m) e o menor valor de 2006 a 2022 (1,18m). Houve uma diminuição no recuo da linha de construção em direção onshore (-4,45m) em 2018. Para o período seguinte foi evidenciado uma tendência a estabilização na linha de construção. Provavelmente essa

estabilidade, tanto em recuo, como em avanço, está relacionada a mudanças econômicas no setor de turismo, que corresponde em grande parte, ao período epidêmico da (COVID 19) ou a falta de espaço para expansão.

O Setor 3, situa-se mais ao norte, limitada pelo Rio Uma, com aproximadamente 1.801,08m. Ao norte desse setor se caracteriza por uma menor urbanização e maior preservação ambiental. No Setor 3, a área ao sul, apresenta uma maior proximidade com o Setor 2, onde foi observado as maiores concentrações das variações na linha de construção, durante o período de 2006-2018 e urbanização, sendo mais suscetível as alterações, tanto ambientais, como as intervenções antrópicas, e uma maior estabilidade ao norte. A variação no deslocamento da linha de construção, os valores máximo e mínimos de 13,49 e 11,09m, ocorreu durante o período de 2006 a 2014. A maior média, diferentemente dos outros setores foi observada para o período de 2006-2018 (2,70m).

O perfil topográfico do Setor 1 possui uma extensão de 220,51m, e um volume sedimentar de 108,57m³, e deficit de sedimentos nas regiões do estirâncio médio e inferior. o que corrobora com o processo erosivo detectado nesse Setor. A variação de altitude se encontra de -0,32 a 2,84m, e teve uma direção de Oeste para o Leste. O perfil topográfico do Setor 2 está localizado no pontal da praia de São José da Coroa Grande, e teve uma direção Noroeste para o Sudeste, se encontra protegido por uma linha de recifes algálicos, possui um maior volume sedimentar (240,56m³), bem como, a maior extensão (287,67m). Sua altitude mínima foi menor (-0,75m), indicando uma área mais erosiva na região do estirâncio inferior. O perfil topográfico do Setor 3, foi observada uma cota mais elevada, provavelmente está relacionado ao processo erosivo, localizado ao norte da área de estudo. Esse perfil teve o menor volume sedimentar (39,99m³). Apesar da altitude máxima (2,52m), a altitude mínima foi de -0,78m, foi maior que a do Setor 2, em termos negativos, e devido à sua menor extensão (147,83m), apresenta um processo erosivo mais intensivo. A direção segue o mesmo padrão do Setor 2 (Noroeste/Sudeste), podendo estar sob influência das mesmas forças hidrodinâmicas.

A granulometria fina foi comum a todos os setores, o que pode sugerir um ambiente de deposição predominantemente homogêneo e de baixa energia, apesar do Setor 3 demonstrar um processo erosivo, devido a sua extensão e rebaixamento maior que os outros perfis, apresentou a mesma distribuição granulométrica. A variação na orientação dos perfis (Oeste/Leste para Noroeste/Sudeste, pode indicar mudanças nos padrões de transporte sedimentar ao longo da área de estudado.

Em relação a análise de estimativas, do recuo da costa para a área não edificante, foram utilizados s cenários mínimos, otimista, de 0,22m para o cenário 2.6 e 8.5 para o período de 2050; e o aumento do nível do mar de 0,44, também, do cenário 2.6 e 8.5 para o período de 2100, do 5º Relatório de Avaliação do IPCC.

Para o cenário 2.6, durante o ano de 2050, os valores variaram um recuo no deslocamento da área não edificante, de 19,04m a 20,25m e foi constatado uma diferença aproximada de 1,25m de recuo entre os Setores 1 e 2, e para os Setores 2 e 3, foi em torno de 0,77m, apresentando um menor recuo. Do Setor 1 para o Setor 2, houve um aumento na retrogradação na área não edificante, sendo mais significativo no pontal da Praia de São José da Cora Grande. Para o período de 2100, houve um aumento expressivo nas estimativas, os valores se aproximaram do dobro em relação a 2050, esses ficaram entre 38,09 a 40,51m. Nesse cenário há um aumento no recuo da área não edificante, com uma maior

vulnerabilidade ao longo do tempo. Do Sul para o Norte, os Setores 2 e 3 serão os mais impactado, pois a linha de construção, encontra-se dentro da área não edificante.

No cenário 8.5, para o período de 2050, percebe-se uma variação dos entre 21,64 a 23,02m, alcançando um percentual de um aumento entre 12 a 14% de recuo, sendo mais evidente no Setor 2. Foi observado, que há uma irradiação do processo de urbanização do Setor 2, para além dos limites do mesmo, nas direções Sul e Norte, atingindo os Setores 1 e 3. No cenário 8.5, para o ano de 2100, os setores atingiram valores entre 64,05 e 68,13m de retrogradação da área não edificante, com a instalação de processos erosivos em toda a extensão da área de estudo. O resultado atingiu no Setor 2 (68,13m) e o Setor 3 (65,53m), que sofrerão os maiores impactos ambientais. Porém o Setor 1, também registrou um valor alto de recuo (64,05m). Apresentou um aumento na retrogradação da área não edificante, para mais de 68%, para todos os cenários.

Os resultados para os três setores indicam que, uma elevação significativa do nível do mar, os setores, sofrerão impactos acumulativos na área não edificante, a médio e a longo prazo. Esse processo pode levar à expansão da área da pós praia em direção *onshore* e, conseqüentemente, ao aumento da retrogradação, afetando diretamente as edificações situadas ao longo da costa, principalmente nos Setores 2 e 3, ou o aumento do processo ao norte da área de estudo, onde foi constatado no Setor 3, um perfil de menor extensão, e a presença desse processo.

É de fundamental importância que exista estratégias na gestão costeira direcionada pra os impactos ambientais a fim de preservar a integridade da área não edificante de São José da Coroa Grande. É necessário que medidas e diretrizes sejam reavaliados, para o uso e ocupação do solo da área costeira do município, diante dos cenários previstos do 5º Relatório de Avaliação do IPCC.

8. REFERÊNCIAS

ALONÇO, A. dos S. et al. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado (VANT) para utilização em atividades inerentes à agricultura de precisão.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2005, Canoas. Anais... Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2005. 1 CD-ROM.

ALVES, JR; DIAS, MA; SOUZA, FT Estratégias de gestão territorial *Revista Brasileira de Gestão Ambiental* , v. 3, pág.

AMORIM, E. S. de; SAMPAIO, G. de M.; LAFAYETTE, K. P. V.; SILVA, S. R. da. **Aplicação do sistema Betonbloc, como alternativa de contenção da erosão costeira no município de Ipojuca/PE:** Application of the Betonbloc system, as an alternative to contain coastal erosion in the municipality of Ipojuca/PE. *Revista de Geociências do Nordeste*, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 44–58, 2023. DOI: 10.21680/2447-3359.2023v9n1ID31283. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/31283>. Acesso em: 24 maio. 2024.

ARAÚJO, B. B. **Evolução espaço temporal da zona costeira nos períodos 1974 -1981, 1974 - 1997 e 1974 - 2016 e sua implicação na área não edificante no município de**

Jaboatão dos Guararapes, PE/Brasil. Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50670-901. Universidade Federal de Pernambuco, 2021.

BAPTISTA, M., & BERNARDES, D. (2021). **Os impactos dos fatores antrópicos nas praias da área de proteção ambiental (APA) Costa Brava em Balneário Camboriú, Santa Catarina, Brasil.** *Metodologias E Aprendizado*, 4, 60–72. <https://doi.org/10.21166/metapre.v4i.1643>.

BARBOSA, I.; SANTOS, O. DINÂMICAS DE URBANIZAÇÃO LITORÂNEA E A PROBLEMATICA HABITACIONAL NO LITORAL SUL DE PERNAMBUCO . *Sociedade e Território*, [S. l.], v. 35, n. 3, 2024. DOI: 10.21680/2177-8396.2023v35n3ID33403. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/33403>. Acesso em: 17 jan. 2025.

BARMAN, N. K., PAUL, A. K., CHATTERJEE, S., BERA, G., & KAMILA, A. (2016). **Coastal Sand Dune Systems: Location, Formation, Morphological Characteristics Analysis through Vegetation Processes Estimation.** *J. Geogr. Environ. Earth Sci. Int*, 4, 1-8. 10.9734/JGEESI/2016/22383.

BARRETO, E. P. **Processos Morfodinâmicos, sedimentológicos e geomorfológicos na plataforma continental interna a praia de São José da Coroa Grande, litoral Sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil.** Pernambuco, Recife. 2014. Blücher, 2 ed. 1980.

BATISTA, L.R.; SANTOS, VR; COSTA, MT Impactos da urbanização sobre o uso do solo e recursos hídricos. *Revista Brasileira de Geografia Física* , v. 5, pág. 1140-1158, 2019.

BORBA, A.L.S. 1999. **Estudos Sedimentológicos, Morfodinâmicos e da Vulnerabilidade das Praias da Piedade, Candeias e Barra das Jangadas – município do Jaboaão dos Guararapes – PE.** Dissertação (Mestrado). Recife, UFPE. Madeira, Portugal.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília, DF: **Presidência da República**, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 1 jan. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, **Projeto Orla: Fundamentos para a Gestão Integrada.** Brasília, DF, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, **Panorama da Gestão Costeira no Brasil: Fundamentos para a Gestão Integrada. Organização.** Didier Muehe. Brasília, DF, MMA 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Macrodiagnóstico da zona costeira e marinha do Brasil.** Brasília: MMA, 2008.

BRASIL. *Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.* Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2025.

BUFFON, ELAIZ; SAMPAIO, TONY; PAZ, OTACÍLIO (2018). **Veículo aéreo não tripulado (VANT) - aplicação na análise de inundações em áreas urbanas**. Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT), n.º 13 (junho). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, p. 85-108, dx.doi.org/10.17127/got/2018.13.004

BULHÕES, E. IN MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) **Erosão costeira e soluções para a defesa do litoral**. Geografia Marinha oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 655-666. ISBN 978-65-6251-0-0

BUONOCORE, E., GRANDE, U., FRANZESE, P. P., & RUSSO, G. F. (2021). **Trends and evolution in the concept of marine ecosystem services: an overview**. Water, 13(15), 2060.

CÂMARA, I. F. da; HOLANDA, T. F. de; COSTA, M. B. Erosão e gestão costeira em praias protegidas por recifes no litoral sul de Pernambuco. Revista Brasileira de Geomorfologia, [S. l.], v. 24, n. 1, 2023. DOI: 10.20502/rbg.v24i1.2189. Disponível em: <https://rbg.emnuvens.com.br/rbg/article/view/2189>. Acesso em: 17 jan. 2025.

CAMARGO, JOAO MARCELLO RIBEIRO DE ET AL. **Morfologia da plataforma continental interna adjacente ao município de tamandare, sul de pernambuco – BRASIL**. Revista Brasileira de Geofísica, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 80-89, dez. 2007. Trimestral. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbg/a/xQmbnfCk8tzx8QqkyGnk5Lt/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26 dez. 2023.

CAMFIELD, F.E.; MORANG, A. (1996). **Defining and Interpreting Shoreline Change**. *Ocean and Coastal Management*, 32 (3): 129-151.

CAMPOS, MARÍLIA DE CARVALHO; CRIVELLARI, STEFANO; CHIESSI, CRISTIANO MAZUR; **"Os Oceanos: Lições do Passado para um Futuro Sustentável"**, p. 79 -92. In: Agendas Locais e Globais da Sustentabilidade: Ciência, Tecnologia, Gestão e Sociedade. São Paulo: Blucher, 2022. ISBN: 9786555501551, DOI 10.5151/9786555501551-04

CARVALHO, R.F. & COUTINHO, P.N. 1979. Evolução da área da Lagoa Olhos-d'agua (Recife, PE). In: SIMP. REG. GEOL., 9, Natal, 1979. Atas... Natal, SBG. p. 180-201.

CAÚLA, J.A.L. 1974. Carta geológica do BrasS ao MWonesimo – Folhas Natal (SB.25) e Recife (SC.25). Brasília, MME/DNPM. 41p. (Texto explicativo).

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard

CLEMENTE, RP; GOMES, FM; MENEZES, RC Expansão territorial *Sustentabilidade em Debate*, v. 4, pág. 23-37, 2018.

COOPER, J. A. G.; PILKEY, O. H. Sea-Level Rise and Shoreline Retreat: Time to Abandon the Bruun Rule. *Global and Planetary Change*, v. 80, p. 134-143, 2012.

COSTA, M. T. S. P.; OLIVEIRA, N. M. G. A. **Avaliação geoambiental da zona costeira de Candeias, Pernambuco.** Mercator. Fortaleza, v. 8, n. 17, p. 163-179, set. /dez. 2009.

COSTA, MC; OLIVEIRA, AL; FREITAS, DS Zonamento ecológico-econômico como ferramenta de planejamento. *Gestão Ambiental em Foco* , v.

COUTINHO, P. DA N. et al. **Estudo da erosão marinha nas praias de Piedade e de Candeias e no estuário de Barra de Jangadas.** Município de Jaboatão dos Guararapes-PE. Relatório Técnico. Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha-LGGM/UFPE, 1997.

CPRH. *Diagnóstico socioambiental do município de São José da Coroa Grande.* Disponível em: https://www.cprh.pe.gov.br/downloads/2diagnostico_ambiental.pdf. Acesso em: 22 jan. 2025.

CPRH. *Projeto Orla: plano de gestão integrada para a orla marítima de São José da Coroa Grande.* Disponível em: <https://www.cprh.pe.gov.br/downloads/sao-jose.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2025.

CRUZ, D. K. A.; NÓBREGA, A. A.; MONTENEGRO, M. M. S.; PEREIRA, V. O. M. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e as fontes de dados para o monitoramento das metas no Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, Brasília, v. 31, n. esp., p. e20211047, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S2237-9622202200010>. Acesso em: 22 jan. 2025.

DAVIDSON-ARNOTT, R., BAUER, B., & HOUSER, C. (2019). **Introduction to coastal processes and geomorphology.** Cambridge university press, 280-343. <https://doi.org/10.1017/9781108546126>.

DEAN, R. G. **Equilibrium beach profiles: US Atlantic and Gulf coasts, Department of Civil Engineering, Ocean Engineering Report.** University of Delaware, Newark, DE., n. 12, 1977.

DE OLIVEIRA, Raisia Arruda; TEIXEIRA, Simone Ferreira; KNEIPP, Ricardo Esteves. POLUIÇÃO EM AMBIENTES COSTEIROS: UMA ANÁLISE DE POLÍTICAS PÚBLICAS E ODS 6 E 14. *LUMEN ET VIRTUS* , [S. l.] , v. 43, pág. 8966–8983, 2024. DOI: [10.56238/levv15n43-100](https://doi.org/10.56238/levv15n43-100) . Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/LEV/article/view/2476> . Acesso em: 3 fev. 2025.

Dias Ferreira, VL; Santos Pereira, E.; Souza de Mello, LP; Garcia Silva, RA; Dias, FF Cenário Otimista de Elevação Média do Nível do Mar de 0,50 m e Possíveis Impactos Ambientais, Resultantes de Variações de Marés, na Cidade de Niterói, Rio de Janeiro – Brasil. *Costas* 2023 , 3 , 209-226. <https://doi.org/10.3390/coasts3030013>

DIAS,PL; MARTINS, FA; OLIVEIRA, CR A relação entre pressão antrópica e estabilidade ambiental em áreas de expansão. *Revista de Planejamento Territorial* , v. 1, pág. 88-102, 2021.

DILLENBURG, S. R.; HESP, P. A. *Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil.* Springer, 2009.

DOMINGUEZ, J. M. L. et al. **Geologia Do Quaternário Costeiro Do Estado De Pernambuco. Revista Brasileira de Geociências**, v. 20, n. 1–4, p. 208–215, 1990.

DOMINGUEZ, J. M. L., BITTENCOURT, A. C. S. P., LEÃO, Z. M. A. N., AZEVEDO, A. E. G. **Geologia do Quaternário Costeiro do Estado de Pernambuco, Brasil. Revista Brasileira de Geociências**, v. 20, p. 211.1990.

DOMINGUEZ, I.M.L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; MARTIN, L. - **1983 - O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas a desembocaduras dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ).** Rev. Bras. Geoc; 13(2): 98·105.

DUARTE, B. B.; TUPIASSU, L.; CRUZ, S. N. **O mercado de carbono na política de mitigação das mudanças climáticas.** Revista de Direito Ambiental e Socioambientalismo, v. 6, n. 2, p. 93, 23 dez. 2020.

DUTRA, V. C. S., SILVA, A. L. C. DA, PINHEIRO, A. B., VASCONCELOS, S. C. DE, & OLIVEIRA FILHO, S. R. DE. (2022). **Caracterização morfológica e sedimentar do sistema praia-barreira arenosa e os efeitos das ondas de tempestade no litoral de Jacaré-Squarema (RJ), Sudeste do Brasil.** *Revista Brasileira De Geomorfologia*, 23(2), 1435–1455. <https://doi.org/10.20502/rbg.v23i2.2092>

Elizabeth Santos Pereira, Jhone Araújo, Kátia Mansur, Kita Macario, Eduardo Q. Alves, Fábio Ferreira Dias, Variations in relative sea level in south America, Brazil: A comprehensive analysis, *Quaternary Science Advances*, Volume 12, 2023, 100116, ISSN 2666-0334, <https://doi.org/10.1016/j.qsa.2023.100116>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666033423000485>)

El-Mowafy, A. (2012). "Técnicas de posicionamento GNSS para aplicações precisas." *Survey Review*, 44(327), 54-63.

EL-MOWAFY, A. Posicionamento preciso em tempo real usando Rede RTK. *Soluções GPS*, v. 1, pág. 65-72, 2012. Disponível em: . Acesso em: 12 jan. 2025. <https://doi.org/10.1007/s10291-011-0216-5>

FENG, Q; LIU, J; GONG, J. **Urban flood mapping based on unmanned aerial vehicle remote sensing and random forest classifier - A case of Yuyao, China.** *Water*, v. 7, n. 4, 2015, p. 1437-1455, DOI: 10.3390/w7041437.

FERREIRA, LP; OLIVEIRA, JP; SANTANA, MA Estratégias de manejo territorial para recuperação de áreas degradadas. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 2, pág. 45

FIGLUS, J., SIGREN, J. M., ARMITAGE, A. R., & TYLER, R. C. (2014). **Erosion of vegetated coastal dunes.** *Coastal Engineering Proceedings*, 1(34), 20.

FLORENZANO, T. G. **Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso**. Revista do Departamento de Geografia, v.17, 2005, p. 24-29, ISSN 2236-2878

FONTES, A. **Geomorfologia costeira**. 1. ed. São Cristóvão - SE: UFS/CESAD, 2011. v. 1p. 46–63 **Gestão de praias : do conceito à prática** [recurso eletrônico] / Briana Bombana, Alexander Turra, Marcus Polette (Org.) – São Paulo : Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, 2022.

FREITAS, LP, & MEIRELES, AJ DE A. (2024). **Mudanças climáticas e a nova perspectiva de gestão de praias: um panorama da publicação científica brasileira**. *CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES*, 17 (3), e5057. <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.3-289>

GeoSense . (2024). *GPS, GNSS, RTK, PPK: O que são e como funciona* . disponível em: https://geosense.com.br/2024/01/12/gps-gnss-rtk-ppk-o-que-sao-e-como-funcionam/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em 12 de dezembro de 2024.

Ghilani, CD (2017). *Cálculos de ajuste: Análise de dados espaciais* . John Wiley & Sons.

GHILANI, CD *Cálculos de ajuste: análise de dados espaciais* . 5.

GINI, R.; SONA, G.; RONCHETTI, G.; PASSONI, D.; PINTO, L. **Improving Tree Species Classification Using UAS Multispectral Images and Texture Measures**. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 7, n. 8, p. 315, 2018. DOI: <https://dx.doi.org/10.3390/ijgi7080315>

GREGÓRIO, M. N.; ARAÚJO, T. C. M.; MENDONÇA, F. J. B.; MIKOSZ GONÇALVES, R.; MENDONÇA, R. L. **Mudanças posicionais da linha de costa nas praias do Pina e de Boa Viagem, Recife, PE, Brasil**. *Tropical Oceanography*, v. 45, n. 1, p. 44-61, 2017.

GRUBER, NELSON LUIZ SAMBAQUI, et al. **“Equilibrium Beach and Shoreface Profile of the Rio Grande Do Sul Coast -South of Brazil.”** *Journal of Coastal Research*, 2003, pp. 253–59. JSTOR, <http://www.jstor.org/stable/40928768>. Accessed 2 May 2024.

HAPKE, CJ; KRATZMAN, MG; LIST, JH Evidências para variabilidade em escala decadal na mudança costeira regional ao longo da costa atlântica dos Estados Unidos. *Journal of Coastal Research* , v. 28, n. 2, p. 487-504, 2016. D<https://doi.org/10.2112/JCOASTR-D-10-00165,1> . Acesso em: 12 jan. 2025.

HEMER, M.A.; FAN, Y.; MORI, N.; SEMEDO, A.; WANG, X.L. **Projected changes in wave climate from a multi-model ensemble**. *Nature Climate Change*, v.3, p.41j-4j6, 2013.

HESP, PATRICK. **A gênese de cristas de praias e dunas frontais**. *Mercator, Fortaleza*, v. 1, n. 2, jan. 2009. ISSN 1984-2201.

HOLLING, CS Resiliência e estabilidade de *Revisão Anual de Ecologia e Sistemática* , v. 4, p. 1-23, 1973.

IBAMA. Relatório de Qualidade do Meio Ambiente - RQMA Brasil 2020. Brasília: IBAMA, 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

Impacto da mudança global do clima nas inundações em áreas costeiras aumentará cinco vezes neste século. UNPD. 29 de novembro de 2023. disponível em: <https://canaltech.com.br/educacao/como-citar-e-referenciar-um-site-normas-abnt/>. Acesso em 22 de maio de 2024.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). *Agenda 2030: os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS): metas nacionais dos objetivos de desenvolvimento sustentável*. Brasília: IPEA, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8636/1/Agenda%202030%20ODS%20Metas%20Nac%20dos%20Obj%20de%20Desenv%20Susten%202018.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2025.

IPCC CZMS. **Strategies for Adaptation to Sea Level Rise: Report of the Coastal Zone Management Subgroup, Response Strategies Working Group of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. The Hague: Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 1990.

IPCC. **Climate Change 2014: SLJnthesis report: Contributions of workgroups I, II and III to the Fifth Assessment Report on the Intergovernmental Panel on Climate Change**, Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014.

IPCC. **First Assessment Report. Overview and Policymaker Summaries**. IPCC Supplement, 1992.

IPCC. **First Assessment ReporteScientific Assessment of Climate Change**. Intergovernmental Panel on Climate Change, 1990.

ITAIPU BINACIONAL. *Estudo de caso Itaipu: ODS 14 - vida na água*. 2017. Disponível em: https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/af_df/Estudo_de_caso_Itaipu_ODS_14.pdf. Acesso em: 22 jan. 2025.

IVOSEVIC, B.; HAN, Y.; CHO, Y.; KWON, O. **The use of conservation drones in ecology and wildlife research**. Journal of Ecology and Environment, v. 38, n. 1, p. 113-118, 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.5141/ecoenv.2015.012>

JUNIOR, CARLOS F.A. SOARES *et al.* **Determinação da área não edificante e classificação da vulnerabilidade erosiva na costa das praias de Dois Coqueiros, Iparana, Pacheco e Icaraiá, Município de Caucaia, Estado do Ceará, Nordeste do Brasil**. Revista de Gestão Costeira Integrada, Fortaleza -CE, ano 19, v. 19, n. 3, p. 145-153, 3 set. 2019.

KERN, PRISCILLA et al. **Gestão ambiental e sustentabilidade em áreas costeiras e marinhas: conceitos e práticas: Descarga de águas subterrâneas em lagunas e zonas costeiras subtropicais**. 1. ed. Rio de Janeiro: IVIDES.org, 2022. 87-110 p. v. 2.

KLEIN, AHF; GOURLAY, MR; PEREIRA, PS Dinâmica de praias arenosas em ambientes tropicais. *Coastal Engineering Journal* , v. 61, n. 3, p. 233-249, 2019. <https://doi.org/10.1080/21664250.2019.1615947> . Acesso em: 12 jan. 2025.

KOMAR, P.D. **Beach process and sedimentation**. New Jersey: Prentice-Hall Inc., 417 p., 1976.

LABOREL, J.L. 1969a. Lês peuplements de madreporaires dès cotes tropicales du Brésil. Ann. Univ. d Abidjan, serie E, II, fase. 3,260 p.

LABOREL, J.L. 1969b. Madreporaires et hidrocoralliaires recifaux dès cotes brésiliennes. Systematique, ecologie, repartition verticale et geographic. Ann. Inst. Oceanogr. 47:171 -226.

LABOREL, J.L. 1986. Vermetid gastropods as sea-level indicators, In: O. VAN DE PLASSCHE ed. Sea-Level Research - A Manual for Collection and Evaluation of Data. England, GeoBooks. p. _ 281-310.

Leick, A., Rapoport, L. e Tatarnikov, D. (2015). *Levantamento por satélite GPS* . John Wiley e Filhos.

LEICK, A.; RINSLAND, L.; VAN SICKLE, J. *Levantamento por satélite GPS* . 4. edição

LEMAY, M. **Coastal and Marine Management on the Caribbean and South America Coastal Zone. Banco InterAmericano de Desenvolvimento BID**. Washington, D.C. No. ENV – 121. 1998.

LIMA FILHO, M. F. **Análise Estratigráfica e Estrutural da Bacia Pernambuco**. 1998. 139 p. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica)–Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

LONGHITANO, G. A. **VANTS para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2010, 148 p.

MABESOONE, J.M. 1964. Origin and age of the sandstone reefs of Pernambuco (Northeastern Brazil). *JournSedJ>et.*, 34(4):715-726.

MABESOONE, J.M. 1966. Relief of Northeastern Brazil and its correlated sediments. *Zeitschrift fur Geomorfologie N.F.* Bd. 10. Heft 4.

MABESOONE, J.M. 1978. Panorama geomorfológico do Nordeste brasileiro. *Geomorfologia*, 56:16 p.

MADORE, BRIAN (2014) **“Shoreline Change from a Storm Event Procedure using the Digital Shoreline Analysis System”**. University of New Hampshire. USA.

MANSO VAV, CORREA ICS & GUERRA NC. 2003. **Morfologia e Sedimentologia da Plataforma Continental Interna entre as Praias Porto de Galinhas e Campos – Litoral Sul de Pernambuco, Brasil.** Rev. Pesq. Geociências, 30(2): 17–25.

MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; VILAS BOAS, G.S.; FLEXOR, J.M. 1980. Texto explicativo para o mapa geológico do Quaternário costeiro do Estado da Bahia - Escala 1:250.000. CPM.SME-BA.57p.

MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; VILAS BOAS.G.S. 1982. Primeira ocorrência de corais pleistocênicos da costa brasileira - Datação do máximo da Penúltima Transgressão. Rev. Ciências da Terra, 3:16-17.

MARTIN, L.; FLEXOR, J.M.; VILAS BOAS, G.S.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; GUIMARÃES, M.M.M. 1979. Coube de variations duniveau relatif de la mer au cours des 7.000 dernieres années sur unsecteur homogène du littoral brésilien (Nord de Salvador-Bahia).In: SUGUIO, K.; FATRCHILD, T.; MARTIN, L.; FLEXOR,J.M. eds. Proceedings of the International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary. São Paulo, p. 264-274.

MARTINHO, C. T.; HESP, P. A.; DILLENBURG, S. R. **Morphological and temporal variations of transgressive dunefields of the northern and mid-littoral Rio Grande do Sul coast, Southern Brazil.** *Geomorphology*, [s.l.], v. 117, n. 1-2, p.14-32, abr. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.11.002>

MARTINS, K. A.; PEREIRA, P. S.; LINO A. P.; GONÇALVES, R. M. **Determinação da erosão costeira no estado de Pernambuco através de geoindicadores.** Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 17, n. 3, p. 533-546, 2016.

MAZZER, A. & SOUZA, C.R. de G. 2008. **Risco à Elevação do Nível do Mar na Orla Marítima do Sul da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis-SC, Brasil).** VII Simpósio Nacional de Geomorfologia (SINAGEO) e II Encontro Latino-americano de Geomorfologia, Belo Horizonte (MG), 01-08/agosto/2008.

Mills, JP, Buckley, SJ, Mitchell, HL, Clarke, PJ, & Edwards, SJ (2005). "Uma técnica de integração de dados geomáticos para monitoramento de mudanças costeiras." *Earth Surface Processes and Landforms* , 30(6), 651-664.

MILLS, JP; BUCKLEY, SJ; MITCHELL, HL; CLARKE, PJ; EDWARDS, SJ Uma técnica de integração de dados geomáticos para monitoramento de mudanças costeiras. *Earth Surface Processes and Landforms* , v. 30, n.https ://doi.org /10.1002 /e.1187 . Acesso em: 12 jan. 2025.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Estratégias de conservação e desenvolvimento sustentável: diretrizes para o planejamento territorial. Brasília: MMA, 2017.

MOLONEY, JG; HILTON, MJ; SIRGUEY, P., E SIMONS-SMITH, T., 2018. **Levantamento de dunas costeiras usando um sistema aéreo pilotado remotamente (RPAS) de baixo custo.**

MORAIS, LENYGLIA MARIA FORMIGA ALVES. **Expansão urbana e qualidade ambiental no litoral de João Pessoa-PB**. 2009. 143 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, UFPB, João Pessoa, 2009.

MORTIMER, C.; LIVINGSTONE, M.; HANSOM, JE; FITZGERALD, DM Mudança costeira e adaptação à elevação do nível do mar: um estudo de caso do Reino Unido. *Ocean & Coastal Management*, v. 202, p. 1-13, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021>. Acesso em: 12 jan. 2025.

MUEHE, D. *Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro*. Brasília: MMA, 2018.

MUEHE, D. **Definição de limites e tipologias da orla sob os aspectos morfodinâmicos e evolutivos**. In: **Subsídios para um projeto de gestão**. Ministério do Meio Ambiente, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Brasília: MMA, 2004.

MUEHE, D. **Definição de limites e tipologias da orla sob os aspectos morfodinâmicos e evolutivos**. In: **Subsídios para um projeto de gestão**. Ministério do Meio Ambiente, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Brasília: MMA, 2004.

NASCIMENTO, DANIELA RODRIGUES. **Dinâmica de sistemas praia-duna do litoral de Almada**. Dissertação (mestrado) - Universidade de Lisboa Faculdade de Ciências Departamento de Geologia, 2020.

NASCIMENTO, V. X.; LIMA, Z. M. C. **Análise da hidrodinâmica costeira e ambiental da praia de Areia Preta em Natal/RN**. Geopauta, [S. l.], v. 7, p. e12602, 2023. DOI: 10.22481/rg.v7.e2023.e12602. Disponível em: <https://periodicos2.uesb.br/index.php/geo/article/view/12602>. Acesso em: 7 mar. 2024.

OLIVEIRA, A. R. Agenda 2030: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 14) - Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável. 2023. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/382919084>. Acesso em: 03 fev. 2025.

OLIVEIRA CABRAL, FERNANDA THAIS DE . **Análise multitemporal da variabilidade da linha de costa e o uso de geotecnologias para o ensino da geografia**. / Fernanda Thais de OliveiraCabral. - Recife, 2022. 90 : il., tab.

OLIVEIRA, CECÍLIA ALVES DE. **Heterogeneidade espacial do substrato plataformal adjacente a Ponta Negra, Natal/RN-** (Dissertação) Programa de pós-graduação e geofísica da UFRN, Natal/RN, 2017.

OLIVEIRA, Ingra Freire de. *Indicadores de sustentabilidade aplicados à gestão ambiental: avaliação em áreas costeiras*. 2018. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/19694/1/IngraFreireDeOliveira_Dissert.pdf. Acesso em: 22 jan. 2025.

OLIVEIRA, LR; COSTA, FP; SANTOS, MA Recuperação de áreas de vulnerabilidade ambiental: estudos de caso na Amazônia. *Re *Revista Brasileira de Estudos Ambientais* , v.

p. 130-152.

PASOLINI, A. **Utilização do método de perfil de equilíbrio para determinar a estabilidade e a evolução de perfis de praias arenosas** – Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

PASSERI, DL; PLANT, NG; SPENCER, T. Modelagem dinâmica da resposta de ilhas-barreira à elevação do nível do mar e tempestades. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* , v. 125, n. 2, p. 1-17, 2020. Disponível em: . Acesso em: 12 jan. 2025.<https://doi.org/10.1029/2019JF005357>

PHILLIPS, JD Sustentabilidade e estabilidade em sistemas de relevo. *Progresso em Geografia Física *Progresso em Geografia Física* , v. 17, n. 1, p. 1-16, 1993.

PITOMBEIRA, S. C., & ALEME ROMCY, C. M. (2023). **Ocupação do território em áreas costeiras: proposta de gestão e ordenamento de zona costeira - uma oportunidade para o planejamento urbano.** *Revista De Direito Da Cidade*, 15(3), 1039–1069. <https://doi.org/10.12957/rdc.2023.65109>

RAND, H. M. **Estudos geofísicos na faixa litorânea sul de Recife.** 1976. 112 f. Tese (Livre Docência)–Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1976.

REGUERO, B.G.; LOSADA, I.J.; MENDEZ, F.J. **A recent increase in global wave power as a consequence of oceanic warming.** *Nature Communications*, v. 10, n. 205, 2019.

RODRIGUES, MA; SILVA, CR; FREITAS, JP Inércia operacional em sistemas territoriais resultantes: limites e possibilidades. *Revista *Revista de Geografia Aplicada* , v. 3, pág. 78-89, 2020.

RONALDO DA CRUZ BRAGA; MÁRCIA APARECIDA DA SILVA PIMENTEL; EDSON JOSÉ PAULINO ROCHA. **Mudanças Climáticas e Impactos da Elevação do Nível do Mar na Zona Costeira: Pesquisa Bibliográfica e Contribuição Conceitual** *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science* • <http://periodicos.unievangelica.edu.br/fronteiras/> v.9, n.1, jan.-abr. 2020 • p. 230-255. • DOI <http://dx.doi.org/10.21664/2238-8869.2020v9i1.p230-255> • ISSN 2238-8869 ajeite essa referencia

ROSSETTI, DILCE DE FÁTIMA. **Ambientes costeiros.** In: FLOREZANO, T. G. (org). *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais.* São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SCARANO, F. R.; et al. *Bio Diverso: Contribuições para a Conservação e o Uso Sustentável da Biodiversidade no Brasil*. 1. ed. Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, 2020.

SERAFINI, T. Z., SIEGLE, E., DA SILVA, F. C., DIAS, J. R., & COSTA, A. M. (2017). **Use of a mobile mapping system for topographic survey of the beach-dune system**. *Journal of Coastal Research*, 33(2), p. 334-339.

SILVA, J. F. et al. Análise das leis ambientais brasileiras e sua interface com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/350778706>. Acesso em: 03 fev. 2025.

SILVA, J. P. da; ARAÚJO, P. V. do N.; DINIZ, M. T. M. .; SANTOS, J. Y. G. dos . Projeção e avaliação dos impactos físicos decorrente da elevação no nível do mar no ano de 2100 na zona urbana de Grossos: Projection and evaluation of the physical results resulting from the rise in sea level in the year 2100 in the urban area of Grossos . *Revista de Geociências do Nordeste*, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 206–214, 2024. DOI: 10.21680/2447-3359.2024v10n2ID37699. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/37699>. Acesso em: 17 jan. 2025.

SILVA, L. M. B. da; SELVA, V. S. F. TURISMO E CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS NO LITORAL SUL DE PERNAMBUCO: CASO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE GUADALUPE. *Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)*, [S. l.], v. 25, n. 2, p. 1–26, 2023. DOI: 10.35701/rcgs.v25.901. Disponível em: [//rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/901](http://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/901). Acesso em: 17 jan. 2025.

SILVA, L. M. da; LIRA, M. M. S. **Deslocamento espacial e temporal da linha de costa nas praias pertencentes a Recife e Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco, Brasil**. *Revista Cartográfica* 96 enero-junio 13-31 (2017).

SILVA, Thiago; FERREIRA, Bruno; DINIZ, Marco; FERREIRA, Mikael. Mapeamento Geomorfológico de Detalhe da Foz Tatuamunha, Litoral Norte de Alagoas. *Revista Brasileira de Geografia Física*, [S. l.], v. 17, n. 5, p. 3347–3363, 2024. DOI: 10.26848/rbgf.v17.5.p3347-3363. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/262977>. Acesso em: 17 jan. 2025.

SOARES, J. V. G.; DE SOUSA, W. R. N. **SHORETRACTOR: um aplicativo desktop para extração automática de linhas de costa**. *Revista de Sistemas e Computação - RSC*, v. 14, n. 1, 5 ago. 2024.

SOUTO, R.D. (org.). **Gestão ambiental e sustentabilidade em áreas costeiras e marinhas: conceitos e práticas**. Vol. 1. Edição da autora. Rio de Janeiro: Instituto Virtual para o Desenvolvimento Sustentável IVIDES.org, 2020. 259 p. <https://doi.org/10.5281/zenodo.389966>

SOUTO, R. et al. Planejamento espacial marinho, gestão costeira, sustentabilidade e participação. 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/352867719>. Acesso em: 03 fev. 2025.

SOUZA, C. R. G. et al. Coastal Erosion and Management Strategies in Brazil: A Review. *Journal of Coastal Research*, v. 95, p. 1312-1320, 2020.

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

SOUZA, CELIA & HIRUMA, SILVIO & SALLUN, ALETHÉA & RIBEIRO, ROGÉRIO & SOBRINHO, J.M.. (2008). "**Restinga**": **Conceitos e Empregos do Termo no Brasil e Implicações na Legislação Ambiental**. - 1ª edição, São Paulo, Instituto Geológico, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, Brasil. 2008.

STIVE, M.J.F., COWELL, P., NICHOLLS, R.J., 2009. Beaches, cliffs and deltas. In: SLAYMAKER, O.; SPENCER, T.; EMBLETON-HAMANN, C. (Eds.). **Geomorphology and Global Environmental Change**. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2009. p. 158–179.

SUGUIO, KENITIRO. ROCHAS SEDIMENTARES. SÃO PAULO, EDGARD BLÜCHER LTDA. 1980. THIELER, E.R., HIMMELSTOSS, E.A., ZICHICHI, J.L., AND ERGUL, AYHAN. 2009. **Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0** — An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-127.

TURNER, BL; LAMBIN, EF; REENBERG, A. O surgimento da mudança de terra *Proceedings of the National Academy of Sciences* , v. 104, n. 52, p. 20666-20671, 2007.

UN. Summary Report of the First Global Planning Meeting: UN Decade of Ocean Science for Sustainable Development. Copenhagen. 2019.

VILLWOCK, Jorge et al. Quaternário do Brasil: GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DE REGIÕES COSTEIRAS. In: SOUZA, CELIA et al. QUATERNÁRIO DO BRASIL. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2008. v. 1, cap. 5, p. 94-113. ISBN 85-86699-47-0.

WALKER, B.; HOLLING, CS; CARPENTER, SR; KINZIG, A. Resiliência, adaptabilidade e *trEcologia e Sociedade* , v. 9, n. 2, p. 5,

YOUNG, I.R.; RIBAL, A. **Multiplatform evaluation of global trends in wind speed and wave height**. *Science*, v.364, n.6440, p.548-552, 2019.