



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE
CAMPUS ESTÂNCIA
COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

DAYVID CRISTIAN SILVA COSTA

**ENGENHARIA COSTEIRA E SUSTENTABILIDADE: ESTRATÉGIAS PARA
MITIGAÇÃO DOS “IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS” E UMA PROPOSTA DE
REORDENAMENTO URBANO NO LITORAL SUL DE SERGIPE**

MONOGRAFIA

ESTÂNCIA
2025

DAYVID CRISTIAN SILVA COSTA

**ENGENHARIA COSTEIRA E SUSTENTABILIDADE: ESTRATÉGIAS PARA
MITIGAÇÃO DOS “IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS” E UMA PROPOSTA DE
REORDENAMENTO URBANO NO LITORAL SUL DE SERGIPE**

Trabalho de conclusão de curso (TCC II)
apresentado ao Instituto Federal de Sergipe –
Campus Estância, como pré-requisito parcial para a
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Augustus Remacre
Munareto Lima

Co-orientadora: Prof. Dra. Márcia Maria de Jesus
Santos

ESTÂNCIA
2025

C837e Costa, Dayvid Cristian Silva.
Engenharia costeira e sustentabilidade: estratégias para mitigação dos
“impactos ambientais e sociais” e uma proposta de reordenamento . /
Dayvid Cristian Silva Costa. - Estância, 2025.
93 f.; il.

Monografia (Graduação) – Bacharelado em Engenharia Civil. Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – IFS, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Augustus Remacre Munareto Lima
Coorientadora: Profa. Dra. Márcia Maria de Jesus Santos

1. Erosão costeira. 2. Urbanização. 3. Engenharia civil. 4. Gestão
sustentável. 5. Conservação ambiental. I. Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Sergipe - IFS. II. Lima, Thiago Augustus Remacre
Munareto. III. Santos, Márcia Maria de Jesus. IV. Título.

CDU:624:504.61(813.7)

TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia

**ENGENHARIA COSTEIRA E SUSTENTABILIDADE: ESTRATÉGIAS PARA
MITIGAÇÃO DOS “IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS” E UMA PROPOSTA DE
REORDENAMENTO URBANO NO LITORAL SUL DE SERGIPE**

DAYVID CRISTIAN SILVA COSTA

Esta monografia foi apresentada às 16 horas do dia 19 de março de 2025 como requisito parcial para a obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelo professor e membro externo abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado..

Prof. Msc. José Carlos de
Anunciação Cardoso
(Instituição)

Dra. Maria Gabriela Bispo
Almeida
(Membro Externo)

Prof. Dr. Thiago Augustus Remacre
Munareto de Lima (IFS – Campus
Estância)
Orientador

Profa. Dra. Márcia Maria de Jesus
Santos (IFS – Campus Estância)
Coorientadora

AGRADECIMENTOS

“Dedico aos meus pais, que sob muito sol, fizeram-me chegar até aqui, na sombra”

RESUMO

COSTA, Dayvid Cristian Silva. **ENGENHARIA COSTEIRA E SUSTENTABILIDADE: ESTRATÉGIAS PARA MITIGAÇÃO DOS “IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS” E UMA PROPOSTA DE REORDENAMENTO URBANO NO LITORAL SUL DE SERGIPE**. 93 páginas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Estância. 2025.

Este trabalho analisa os impactos da erosão costeira e da urbanização desordenada na Praia do Saco, Estância/SE, com o objetivo propor um modelo de gestão sustentável para a expansão urbana de áreas costeiras no litoral Sul de Sergipe, que minimize os impactos ambientais e sociais "da erosão costeira", ao evidenciar o papel do Engenheiro Civil como ator de uma gestão integrada de reordenamento urbano entre os poderes públicos e sociedade civil. A pesquisa incluiu revisão bibliográfica, ao considerar áreas como Ilhéus/BA, Marechal Deodoro/AL e Balneário Camboriú/SC, visitas técnicas, análise de imagens de satélite (Google Earth Pro) e aplicação de um checklist técnico. Na área de pesquisa proposta identificou-se que o mar avançou até 600 metros em algumas áreas nos últimos 20 anos, causado por fatores como mudanças climáticas, alterações na dinâmica sedimentar e ocupação irregular. Entre as propostas está a "Lei Municipal de Gestão Sustentável e Ordenamento Urbano", que visa regulamentar o uso do solo, implementar faixas de recuo e promover a revegetação de dunas com espécies nativas. Essa legislação é essencial para alinhar o desenvolvimento urbano à conservação ambiental, garantindo maior segurança jurídica e sustentabilidade. Os resultados incluem a elaboração de um modelo integrado de gestão costeira, que combina soluções como engorda da faixa de areia e recuperação ambiental estruturada por meio de um *CheckList* de Gestão Sustentável. A análise de imagens de satélites revelou alterações significativas na linha de costa, ao destacar a necessidade urgente de intervenções planejadas. Este estudo reforça a relevância acadêmica ao integrar engenharia civil e legislação ambiental, além de destacar a importância de engajar discentes em projetos futuros atrelados às demandas socioambientais. Conclui-se que mais estudos socioambientais são necessários para fortalecer as propostas apresentadas, promovendo o desenvolvimento sustentável no litoral sergipano.

Palavras-chave: Erosão Costeira; Urbanização; Engenharia Civil; Gestão Sustentável; Conservação Ambiental.

ABSTRACT

COSTA, Dayvid Cristian Silva. **ENGENHARIA COSTEIRA E SUSTENTABILIDADE: ESTRATÉGIAS PARA MITIGAÇÃO DOS “IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS” E UMA PROPOSTA DE REORDENAMENTO URBANO NO LITORAL SUL DE SERGIPE**. 92 páginas. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Estância. 2025.

This study analyzes the impacts of coastal erosion and unregulated urbanization at Praia do Saco, Estância/SE, aiming to propose a sustainable management model for urban expansion in coastal areas of southern Sergipe. The objective is to minimize the environmental and social impacts of coastal erosion while highlighting the role of civil engineers as key actors in integrated urban reorganization management, bridging public authorities and civil society. The research included a literature review, considering areas such as Ilhéus/BA, Marechal Deodoro/AL, and Balneário Camboriú/SC, technical visits, satellite image analysis (Google Earth Pro), and the application of a technical checklist. In the proposed study area, findings indicate that the sea has advanced up to 600 meters in some areas over the past 20 years due to factors such as climate change, changes in sediment dynamics, and irregular land occupation. Among the proposed measures is the "Municipal Law for Sustainable Management and Urban Planning," which aims to regulate land use, implement setback zones, and promote dune revegetation with native species. This legislation is essential to align urban development with environmental conservation, ensuring greater legal security and sustainability. The results include the development of an integrated coastal management model that combines solutions such as beach nourishment and structured environmental recovery through a Sustainable Management Checklist. The satellite image analysis revealed significant changes in the coastline, emphasizing the urgent need for planned interventions. This study reinforces its academic relevance by integrating civil engineering and environmental legislation, while also underscoring the importance of engaging students in future projects linked to socio-environmental demands. It concludes that further socio-environmental studies are needed to strengthen the proposed solutions and promote sustainable development along the Sergipe coastline.

Keywords: Coastal Erosion; Urbanization; Civil Engineering; Sustainable Management; Environmental Conservation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – O avanço do mar ocasiona afundamentos de casas na Praia do Saco	13
Figura 02 – Mapa do Zoneamento Costeiro Municipal (ZEEC)	27
Figura 03 – Impactos do avanço do mar em Ilhéus/BA	37
Figura 04 – Avanço do mar em Marechal Deodoro/AL	38
Figura 05 – Orla de Balneário Camboriú (SC) antes do alargamento	41
Figura 06 – Orla de Balneário Camboriú pós-alargamento	42
Figura 07 – Faixa de praia de Fortaleza pós-ampliação	43
Figura 08 – Avanço das dunas móveis na Praia do Saco/SE	44
Figura 09 – Enrocamento feito por moradores na Praia do Saco	46
Figura 10 - <i>Setback Zones</i> .	47
Figura 11 – Igreja Nossa Senhora da Boa Viagem em 2001	57
Figura 12 – Distância Igreja X Mar no ano de 2001	57
Figura 13 – Igreja Nossa Senhora da Boa Viagem em 2024	58
Figura 14 – Ponta do Saco no ano de 2001	59
Figura 15 – Ponta do Saco em 2024	59
Figura 16 – Praia do Saco - Áreas dos bares em 2024	60
Figura 17 – Praia do Saco - Áreas dos bares em 2001	61
Figura 18 – Praia do Saco - Áreas dos bares em comparação	61
Figura 19: Dunas móveis da Praia do Saco/SE em 2001	63
Figura 20 – Dunas móveis da Praia do Saco/SE em 2024	63
Figura 21 – Delimitação da Área de Proteção Ambiental de Paracuru/CE	64
Figura 22 – Máquinas retirando excesso de areia das dunas móveis da Praia do Saco/SE	65
Figura 23 - Projeção Engorda na Praia do Saco	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Princípios de Engenharia Sustentável	31
Quadro 02 – Métodos Construtivos Sustentáveis	32
Quadro 03 – Ponto de convergência entre os estados estudados	40
Quadro 04 – Soluções construtivas e estratégias sustentáveis	45
Quadro 05 – Soluções contra o avanço do mar	62
Quadro 06 – Dados econômicos utilizando a técnica de engorda no Brasil	66
Quadro 07 – Dados das engordas no Brasil	67
Quadro 08 – Prós e contras da Engorda	68

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ADEMA – Administração Estadual do Meio Ambiente

AL - Alagoas

APP – Área de Preservação Permanente

BA - Bahia

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

GCI – Gerenciamento Costeiro Integrado

GIZC – Gestão Integrada da Zona Costeira

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IFS – INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

MA - Maranhão

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONG – Organização das Nações Unidas

PEGC – Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro

PMGC – Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro

PNGC – Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro

PRODETUR – Programa de Desenvolvimento do Turismo no Nordeste

SbN – Soluções Baseadas na Natureza

SE - Sergipe

SP - São Paulo

SC - Santa Catarina

TCC - Trabalho de Conclusão de Curso

ZEEC - Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro

ZEIS - Zonas Especiais de Interesse Social

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA	16
1.2 OBJETIVOS	20
1.2.1 Objetivo Geral	20
1.2.2 Objetivos específicos	20
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 INTRODUÇÃO ÀS ZONAS COSTEIRAS E SUA IMPORTÂNCIA AMBIENTAL, E LEGISLAÇÕES	21
2.2 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO EM ÁREAS COSTEIRAS	22
2.3 ZONEAMENTO E PLANEJAMENTO TERRITORIAL COSTEIRO	26
2.4 FUNDAMENTOS DE ENGENHARIA DA GESTÃO SUSTENTÁVEL NA EXPANSÃO URBANA	29
2.4.2. Métodos Construtivos Sustentáveis	32
2.5 ESTRATÉGIAS DE ENGENHARIA CIVIL SUSTENTÁVEL PARA INTERVENÇÃO EM ÁREAS COSTEIRAS	33
3. UM ESTUDO DE CASOS DE SUCESSO EM GESTÃO SUSTENTÁVEL DE ÁREAS COSTEIRAS: SERGIPE, BAHIA E ALAGOAS	36
3.3 GESTÃO COSTEIRA EM ALAGOAS: LIÇÕES APRENDIDAS	39
4. O PAPEL DO ENGENHEIRO CIVIL NA GESTÃO COSTEIRA	40
4.1 SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS E ESTRATÉGIAS SUSTENTÁVEIS	45
4.2 ALINHAMENTO COM OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)	48
4.3 GOVERNANÇA E GESTÃO COMPARTILHADA NA EXPANSÃO URBANA COSTEIRA	51
5. METODOLOGIA	53
5.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	54
5.2 VISITAS TÉCNICAS	54
5.3 COLETA DE DADOS EM CAMPO	54
5.4 ANÁLISE CRÍTICA	55
5.5 ETAPAS COMPLEMENTARES	55
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
6.1 ANÁLISE COM IMAGENS DE SATÉLITE	56
6.1.1 Capela de Nossa Senhora da Boa Viagem	56
6.1.2 Ponta Do Saco	59
6.1.3 Praia Do Saco - Área Dos Bares	60
6.1.4 Dunas Móveis Da Praia Do Saco / Praia Das Dunas	62
6.2 ENGORDA DA ORLA DA PRAIA DO SACO (ANÁLISE PRELIMINAR)	65
6.2.1 Prós e Contras do Método Construtivo	68
6.3 MODELO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL PARA EXPANSÃO URBANA EM ÁREAS COSTEIRAS NO LITORAL DE SERGIPE	71
6.3 PROPOSIÇÃO DE LEGISLAÇÃO	73

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
REFERÊNCIAS	77
APÊNDICE A - Checklist Técnico para Gestão Sustentável	85
APÊNDICE B - Projeto de Lei: "Lei Municipal de Gestão Sustentável e Ordenamento Urbano em Áreas Costeiras de Estância/SE"	89

1. INTRODUÇÃO

A interferência humana na natureza é evidente e reflete diretamente na degradação do meio ambiente, especialmente em áreas costeiras, onde a ocupação desordenada intensifica os impactos ambientais. A zona costeira, caracterizada pela interação dinâmica entre terra, mar e atmosfera, é um ambiente sensível e vulnerável a processos como erosão, deposição praial e inundações (SILVA et al., 2016), é relevante apresentar que “deposição praial” é o processo de acumulação de sedimentos na costa, formando as praias. A erosão costeira é um processo natural que ocorre devido ao balanço sedimentar negativo, podendo ser intensificado por ações antrópicas e mudanças climáticas. Segundo Silva et al. (2016), "o ambiente costeiro é caracterizado por sua alta sensibilidade e instabilidade, reagindo às alterações do meio físico por meio de interferências na dinâmica sedimentar, como a impermeabilização do solo, a ocupação desordenada e a retirada da vegetação natural". Essas alterações resultam de fatores naturais, como a elevação do nível do mar e a ação das ondas, mas são exacerbadas por atividades antrópicas, como a impermeabilização do solo e a retirada da vegetação natural (REIS et al., 2019).

Nesse contexto, torna-se urgente a implementação de ações públicas e privadas que promovam a gestão sustentável desses territórios. O litoral brasileiro, com uma extensão de 7.941 km, é um dos mais extensos do mundo e concentra uma riqueza ecológica e econômica significativa. A região Nordeste abriga cerca de 50% dessa faixa litorânea, sendo o estado de Sergipe responsável por 168 km desse total. Dentro desse cenário, o município de Estância destaca-se como um importante polo turístico, com 28 km de praias que incluem as famosas Praia do Saco e Praia do Abaís. No entanto, essas áreas enfrentam desafios críticos relacionados ao avanço do mar e à urbanização desordenada. Estudos indicam que o litoral sergipano apresenta alta vulnerabilidade à erosão costeira devido à intensa ocupação urbana e às modificações na dinâmica sedimentar (Santos et al., 2021).

Desde o ano de 2009, o litoral estanciano tem sido assolado pela erosão marítima, que já resultou no desabamento de mais de 20 casas, incluindo a mais recente em 2024. Diversas áreas da Praia do Saco foram afetadas por estes eventos, evidenciando a necessidade urgente de soluções que promovam a conservação ambiental e o ordenamento territorial da localidade. O exemplo mais recente e emblemático dos impactos da erosão costeira em Estância, ocorreu em setembro de 2024, onde uma residência de veraneio desabou devido ao avanço do mar, como pode-se ver na Figura 01, após ser interditada pela Defesa Civil devido ao seu comprometimento estrutural. Esse evento evidencia a necessidade de ações integradas que

combinem soluções técnicas baseadas na engenharia civil com estratégias de gestão ambiental para mitigar os danos socioeconômicos e ambientais (SILVA et al., 2016). Além disso, o aumento da frequência de eventos climáticos extremos associados às mudanças climáticas agrava ainda mais os processos erosivos nas zonas costeiras. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2018), a elevação do nível do mar e as tempestades intensas estão entre os principais fatores que contribuem para o recuo da linha de costa em regiões como Sergipe. Esses fenômenos não apenas ameaçam as infraestruturas urbanas, mas também comprometem os ecossistemas costeiros, como manguezais e dunas vegetadas, que desempenham um papel essencial na proteção contra a erosão marinha.

Figura 01 - O avanço do mar, ocasiona em afundamentos de casas na Praia do Saco.



Fonte: Site Metrôpoles, 2024.

Entretanto, este não foi um caso isolado. O avanço do mar é uma realidade vivenciada por milhares de habitantes que residem no litoral brasileiro, confirmando as previsões e projeções ambientais para o futuro. Estudos indicam que o setor estuarino da Praia do Saco apresenta taxas médias de erosão de -5,6 m/ano, enquanto o setor oceânico registra taxas positivas de acreção de até +7,3 m/ano, refletindo a complexa dinâmica sedimentar local (SANTOS et al., 2021).

No que concerne à legislação, é pertinente salientar que a área que compreende a Praia do Saco está sob questão jurídica desde 2017. O processo na Justiça Federal envolve 154 Ações Cíveis Públicas (ACPs) relacionadas a construções irregulares. Essas ações são

fundamentadas na legislação ambiental brasileira, que proíbe edificações em faixas de areia e Áreas de Preservação Permanente (APPs). A praia é classificada como restinga, com presença significativa de dunas e manguezais, ecossistemas essenciais para a proteção costeira e a biodiversidade local. Contudo, as edificações ilegais não apenas dificultam o acesso público à praia como também contaminam o lençol freático devido ao despejo inadequado de resíduos no solo (SILVA et al., 2016).

Nesse contexto, o papel do engenheiro civil torna-se preponderante para minimizar os impactos socioambientais decorrentes da ocupação desordenada e da erosão costeira. Conforme a Resolução nº 218/73 do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea), os engenheiros civis possuem atribuições relacionadas ao planejamento e execução de obras em sistemas costeiros, incluindo drenagem e contenção (Confea, 1973). Além disso, esses profissionais são responsáveis pela elaboração de projetos que integram soluções técnicas com princípios de sustentabilidade ambiental. A implementação de faixas de recuo para construções leves e pesadas é uma das estratégias recomendadas para mitigar os danos causados pela erosão costeira. Estudos demonstram que, se essas faixas tivessem sido aplicadas em 1971 na Praia do Saco, muitos dos danos às estruturas antrópicas poderiam ter sido evitados (SANTOS et al., 2021).

Os debates envolvendo questões ambientais têm ganhado destaque na atualidade, especialmente no âmbito da Agenda 2030 proposta pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU). Esses debates refletem sobre o comportamento humano em relação às zonas costeiras e reforçam a necessidade de promulgar leis ambientais mais eficazes para orientar as instituições sociais e públicas na tomada de decisões voltadas à proteção desses territórios sensíveis. A atuação do engenheiro civil é essencial nesse cenário, pois ele desempenha um papel estratégico na interligação entre desenvolvimento sustentável e legislação ambiental. Segundo Silva et al. (2016), "a avaliação da vulnerabilidade costeira é uma ferramenta indispensável para subsidiar ações planejadas que minimizem os impactos da ocupação humana em áreas litorâneas".

Este estudo baseia-se em ações de gestão ambiental no âmbito da legislação vigente, identificando disposições legais destinadas à proteção das zonas costeiras e analisando como essas normas limitam e orientam o desenvolvimento socioeconômico. A engenharia civil emerge como uma disciplina fundamental nesse processo ao propor soluções técnicas inovadoras que harmonizem as demandas humanas com a preservação ambiental.

Além disso, o desenvolvimento sustentável exige que os recursos naturais sejam utilizados sem comprometer sua disponibilidade para as gerações futuras. Nesse sentido, a

adoção de materiais sustentáveis e a aplicação dos princípios da legislação ambiental são competências inerentes ao engenheiro civil. A capacitação desses profissionais para refletirem sobre uma conexão mais profunda com o meio ambiente é essencial para alcançar um equilíbrio entre progresso urbano e conservação ecológica.

As preocupações dos setores econômico, social e ambiental devem ser integradas para melhorar a qualidade de vida das populações locais e promover a sustentabilidade das áreas costeiras. Embora a construção civil seja frequentemente associada à degradação ambiental, ela também oferece oportunidades significativas para implementar práticas sustentáveis que minimizem esses impactos. Como destaca Silva et al. (2016), "o planejamento territorial integrado é essencial para garantir que as intervenções humanas respeitem os limites ecológicos das zonas costeiras". Em Estância, essa abordagem é crucial para proteger ecossistemas sensíveis como restingas e manguezais enquanto se promove um desenvolvimento urbano equilibrado.

O geocientista Júlio César Vieira, da Universidade Federal de Sergipe (UFS), alerta que o estado vive um momento crítico de erosão costeira crônica, com 68 dos 168 km do litoral sergipano apresentando erosão intensa ou moderada. Ele destaca que "o avanço do mar em áreas como Brejo Grande e Itaporanga D'Ajuda é alarmante, com recuos de até 100 metros nos últimos oito anos" (UFS, 2024). Esses dados reforçam a necessidade urgente de intervenções planejadas e integradas.

A Praia do Saco, em Estância, é um exemplo emblemático dos impactos da erosão costeira associados à ocupação desordenada. A presença de construções irregulares em APPs, como dunas e manguezais, não apenas compromete a biodiversidade local, mas também intensifica os processos erosivos. Segundo SILVA et al. (2016), "a ausência de planejamento territorial adequado e a impermeabilização do solo agravam os danos causados por eventos climáticos extremos". Além disso, o despejo inadequado de resíduos no solo contamina o lençol freático, evidenciando a necessidade de soluções técnicas que integrem saneamento básico e proteção ambiental. Essa situação evidencia a necessidade de mudanças paradigmáticas na gestão costeira do estado.

Portanto, este trabalho busca analisar os impactos da urbanização desordenada e da erosão costeira no litoral sul de Sergipe, com foco nas praias do Saco e Abaís. A partir disso, propõe-se avaliar estratégias sustentáveis que alinhem as demandas humanas à preservação ambiental. O papel do engenheiro civil é central nesse processo, pois ele atua como mediador entre as necessidades sociais e as exigências ambientais, promovendo soluções técnicas que respeitem os limites ecológicos enquanto garantem o desenvolvimento sustentável.

A metodologia adotada neste trabalho foi cuidadosamente planejada para abordar os impactos da urbanização desordenada e da erosão costeira no litoral sul de Sergipe, com ênfase na Praia do Saco como objeto de estudo. O processo metodológico seguiu uma abordagem integrada, combinando revisão bibliográfica, visitas técnicas, coleta de dados em campo e análise crítica, com o objetivo de compreender os processos erosivos locais e propor soluções técnicas sustentáveis. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica abrangente, utilizando artigos científicos, relatórios técnicos e documentos oficiais que tratam da dinâmica costeira, erosão e gestão ambiental. Essa etapa permitiu consolidar o embasamento teórico necessário para o entendimento das causas e consequências da erosão costeira no litoral sergipano. Além disso, foram analisados estudos que destacam a eficiência de faixas de recuo e outras intervenções técnicas aplicadas em regiões costeiras semelhantes.

As visitas técnicas à Praia do Saco foram conduzidas com o objetivo de observar *in loco* os impactos da erosão costeira e da ocupação desordenada. Durante essas visitas, foram coletados dados sobre a presença de dunas vegetadas e as condições das estruturas antrópicas existentes. Registros fotográficos documentaram áreas críticas, como trechos onde o avanço do mar resultou na destruição parcial ou total de edificações. Essas observações foram fundamentais para identificar os principais pontos vulneráveis e subsidiar as análises posteriores.

A coleta de dados em campo envolveu medições georreferenciadas da linha de costa por meio do Google Earth, permitindo identificar áreas críticas sujeitas à erosão. A análise incluiu a avaliação das políticas públicas existentes na proteção das zonas costeiras e o papel do engenheiro civil na implementação de soluções técnicas sustentáveis. Essa etapa buscou integrar ciência técnica com práticas participativas para construir soluções que respeitem as especificidades locais enquanto promovem um desenvolvimento equilibrado. Essa metodologia permitiu uma compreensão detalhada dos impactos da urbanização desordenada e dos processos erosivos na Praia do Saco, fornecendo subsídios técnicos para orientar intervenções futuras que alinhem preservação ambiental com desenvolvimento socioeconômico sustentável.

1.1 JUSTIFICATIVA

O crescimento urbano em áreas costeiras apresenta desafios significativos no que diz respeito à sustentabilidade ambiental e à preservação da biodiversidade, especialmente em regiões ecologicamente sensíveis, como os manguezais. Segundo Cavalcante (2018), o processo de urbanização desordenada intensifica a degradação dos recursos naturais, afetando

diretamente a qualidade ambiental e a sustentabilidade das populações que habitam essas regiões. Este cenário é amplificado pela alta densidade populacional e pelas atividades econômicas concentradas nas zonas costeiras brasileiras, o que ressalta a necessidade de um gerenciamento costeiro eficiente e integrado.

O litoral Sul de Sergipe, particularmente no município de Estância e no Povoado Porto do Mato, exemplifica os desafios enfrentados pelas áreas costeiras no Brasil. A destruição dos ecossistemas locais, como os manguezais, devido à pressão antrópica e à falta de planejamento urbano adequado, compromete não apenas a biodiversidade, mas também os modos de vida tradicionais que dependem diretamente desses recursos naturais. Além disso, a perda da cobertura vegetal e o avanço da urbanização agravam os impactos ambientais, como erosão costeira, redução da biodiversidade e aumento da vulnerabilidade socioambiental (CAVALCANTE, 2018).

O município de Estância possui 65 mil habitantes, uma extensão litorânea com 28 km, subdivididas em três praias: Praia do Abaís, Praia das Dunas e Praia do Saco, sendo a última o objeto de estudo deste trabalho, devido às suas características socioambientais, econômicas e estruturais. A Praia do Saco vem sofrendo frequentemente com o avanço do mar e das dunas, diversas casas já foram demolidas pelo mar, aumentando o processo de erosão na costa sergipana. Entretanto, é evidente a busca por soluções de engenharia que possam mitigar esses eventos no futuro, aliando às legislações vigentes, a sustentabilidade e a economia local.

No litoral sergipano, o processo de infiltração de águas pluviais e marinhas no solo tem causado uma ação erosiva progressiva, resultando no aluimento das fundações de edificações localizadas próximas à linha de costa. Esse fenômeno compromete a estabilidade estrutural das construções, deslocando sedimentos e reduzindo a capacidade de suporte do solo. Estudos indicam que a ausência de drenagem adequada e a ocupação desordenada em (APPs), como dunas e manguezais, agravam significativamente esse cenário.

A Praia do Saco, em particular, apresenta um histórico de danos estruturais causados pela ação erosiva subterrânea. Um exemplo emblemático é o comprometimento da Igreja Nossa Senhora da Boa Viagem, patrimônio histórico ameaçado pelo avanço do mar e pela instabilidade do solo. Além disso, o despejo inadequado de resíduos no solo e a impermeabilização das áreas urbanizadas intensificam os processos erosivos subterrâneos. A análise detalhada desse fenômeno é essencial para embasar intervenções técnicas que mitiguem os impactos causados pela infiltração e pela erosão costeira.

Nesse contexto, o papel do engenheiro civil torna-se indispensável. Esses profissionais possuem competências técnicas para projetar e implementar soluções como sistemas

eficientes de drenagem subterrânea, reforço das fundações das edificações vulneráveis e recuperação ambiental das áreas degradadas. Este projeto busca contribuir para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis que integrem engenharia civil e gestão ambiental no enfrentamento desses desafios, promovendo a segurança estrutural, a preservação ambiental e o ordenamento territorial da Praia do Saco. Estudos realizados por Souto (2022) indicam que as políticas públicas voltadas para a gestão costeira muitas vezes não consideram as especificidades locais, o que limita sua eficácia. No entanto, a implementação de ferramentas como o geoprocessamento e o planejamento integrado tem se mostrado eficazes para monitorar e mitigar os impactos ambientais, além de fomentar a governança participativa. Nesse contexto, surge a necessidade de desenvolver modelos de gestão sustentável que equilibrem o crescimento urbano com a conservação dos ecossistemas costeiros. Esses modelos devem integrar práticas de engenharia civil sustentável e envolver os principais atores sociais e econômicos da região, cita-se principalmente os grupos de comunidade tradicional das marisqueiras, pescadores artesanais e mangabeiras, que atuam em consonância com o meio ambiente e demandam ações concretas que dêem subsídios à sua existência.

A importância dos manguezais como ecossistemas-chave para a biodiversidade e para a proteção costeira é amplamente reconhecida. Segundo Souto (2022), os manguezais desempenham um papel fundamental na estabilização da linha costeira e na redução dos impactos de desastres naturais, como inundações e tempestades. No entanto, sua destruição compromete severamente a capacidade de adaptação das comunidades locais às mudanças climáticas e aos desafios ambientais. Isso torna essencial a criação de estratégias que incorporem a gestão integrada dos recursos naturais, promovendo tanto a sustentabilidade ambiental quanto o desenvolvimento social.

A gestão sustentável da expansão urbana em áreas costeiras exige uma abordagem integrada, considerando as especificidades ambientais, sociais e econômicas dessas regiões. De acordo com Souto (2022), os manguezais são ecossistemas de alta produtividade biológica e fundamentais para a estabilização da linha costeira, e sofrem com o avanço da urbanização desordenada. Este avanço não planejado contribui para a perda de biodiversidade e para a redução dos serviços ecossistêmicos, que são essenciais para comunidades locais e para a proteção contra eventos climáticos extremos.

No contexto de Sergipe, o zoneamento costeiro desempenha um papel crucial ao delimitar áreas de preservação permanente e orientar o uso sustentável do solo (Zoneamento Costeiro, 2022). A integração entre políticas públicas e práticas de gestão participativa é

essencial para mitigar os impactos ambientais decorrentes da urbanização. Segundo o Zoneamento Costeiro (2022), é imprescindível incorporar mecanismos de monitoramento contínuo, como o uso de geotecnologias, para identificar e atuar preventivamente em áreas críticas.

Estudos apontam que a fragmentação dos habitats costeiros compromete a resiliência dos ecossistemas e aumenta a vulnerabilidade socioambiental. Assim, estratégias que considerem tanto os fatores ecológicos quanto os sociais são fundamentais. Uma abordagem baseada na gestão integrada, conforme descrita por Souto (2012), destaca a importância de envolver múltiplos atores, promovendo uma governança colaborativa para o planejamento costeiro. Além disso, o fortalecimento da governança costeira exige capacitação técnica e alocação adequada de recursos financeiros e humanos. A proteção dos manguezais no litoral sergipano, por exemplo, deve ser priorizada por meio de políticas de recuperação ambiental e de controle das atividades econômicas que promovem sua degradação.

Desta forma, este estudo propõe um modelo de gestão integrada liderada pela Engenharia Civil, com foco na expansão urbana sustentável nas áreas costeiras de Estância/SE, com a implementação de modelos que conciliam o crescimento populacional com a conservação dos recursos naturais, por meio de métodos construtivos mais sustentáveis. Diretrizes baseadas em boas práticas de gestão integrada, incluindo a aplicação de indicadores ambientais e sociais, são essenciais para garantir a sustentabilidade a longo prazo e para promover a adaptação às mudanças climáticas. Portanto, este estudo busca contribuir para a elaboração de diretrizes de gestão urbana que considerem as particularidades do litoral estanciano. A abordagem proposta baseia-se na análise de estudos de caso de sucesso em outras regiões costeiras, bem como na aplicação de tecnologias modernas para monitoramento e planejamento ambiental.

Sabe-se que a indústria da construção civil destaca-se em todo o país pela sua contínua expansão, sendo diretamente responsável pela construção de estruturas urbanas, contribuindo para mudanças sociais nas condições construtivas e na qualidade de vida, ao mesmo tempo que representa potencialmente uma ameaça à sustentabilidade das cidades e áreas de ocupação, que podem impactar o ambiente natural e a qualidade de vida das pessoas. A área da construção civil abrange todas as atividades de produção de engenharia e infraestrutura exigidas pelas cidades, desde as funções de planejamento, execução e manutenção de diferentes partes das obras, os exemplos incluem edifícios, estradas, portos, aeroportos, vias navegáveis, túneis, instalações de construção, obras sanitárias, fundações e terrenos em geral,

mas também, a Engenharia Civil cria e executa obras de cunho ambiental, em face da minimização dos problemas vindouros da ação da erosão marítima, por exemplo.

Desta forma, é de extrema relevância formar engenheiros civis capacitados em gestão e execução de obras verdes, permeando três pilares: obras sustentáveis, sociáveis e econômicas. A fim de prepará-los ao mercado de trabalho, propõe-se a criação de um *checklist* para a elaboração de projetos e gestão de obras, baseadas nas legislações municipais, estaduais e federais, levando em consideração as especificidades da localidade de estudo, o litoral de Estância/SE, e ao ampliar o escopo deste trabalho, vislumbra-se criar um documento capaz de ser replicado em escala nacional, sempre levando em consideração as características locais, com base nesta premissa, será possível criar um círculo virtuoso de obras mais sustentáveis e que atendam aos anseios socioeconômicos, promovendo sustentabilidade e crescimento ordenado para o enfrentamento das intempéries vindouras.

1.2 OBJETIVOS

Serão apresentados a seguir os objetivos, geral e específicos, deste estudo.

1.2.1 Objetivo Geral

Propor um modelo de gestão sustentável para a expansão urbana de áreas costeiras no litoral Sul de Sergipe, que minimize os impactos ambientais e sociais "da erosão costeira", ao evidenciar o papel do Engenheiro Civil como ator de uma gestão integrada de reordenamento urbano entre os poderes públicos e sociedade civil.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar o impacto da erosão costeira na Praia do Saco;
- Propor soluções de engenharia civil sustentável aplicáveis a essas áreas;
- Desenvolver diretrizes para uma gestão integrada e sustentável da urbanização em áreas sensíveis;
- Criar um *checklist* para adaptação das legislações aos anseios do litoral de Estância/SE em conformidade com as práticas da engenharia moderna.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nos capítulos 2, 3 e 4 serão apresentadas pesquisas bibliográficas de trabalhos científicos relacionados ao tema abordado, a fim de obter embasamento e referencial teórico que contribuirão com a análise dos resultados obtidos.

2.1 INTRODUÇÃO ÀS ZONAS COSTEIRAS E SUA IMPORTÂNCIA AMBIENTAL, E LEGISLAÇÕES

As zonas costeiras são áreas naturalmente frágeis e vulneráveis. Além disso, sofrem com ações humanas contínuas ao longo da história, que alteram significativamente seu estado original. Esses locais atraem populações pela disponibilidade de recursos naturais e pelas oportunidades de lazer, turismo, especulação imobiliária e atividades comerciais. Com isso, as áreas costeiras foram constantemente transformadas para atender aos usos humanos, enfrentando desafios relacionados à ocupação. Elas abrigam grupos sociais e econômicos variados, frequentemente com interesses conflitantes, o que resulta em impactos ambientais severos, muitas vezes superando a capacidade de resiliência dos ecossistemas.

A Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), define Impacto Ambiental como qualquer modificação das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente causada por atividades humanas, de modo a torná-lo inadequado. Tais alterações podem incluir poluição em diversas formas, com consequências para o ambiente e a sociedade, afetando a saúde, economia e a convivência diária.

Segundo Costa (2013), os impactos negativos nas zonas costeiras resultantes das atividades humanas incluem pressões sobre o ambiente que desencadeiam diversos efeitos adversos. Nesses locais, a capacidade biológica é reduzida devido às práticas insustentáveis, o que exige políticas públicas eficientes e fundamentadas na legislação ambiental.

A partir da década de 1950, emergiram tecnologias e conceitos destinados à recuperação de recursos naturais, como estudos sobre impacto ambiental, resiliência, conservação e mitigação de impactos. De acordo com Fernandes (2012), a resiliência refere-se à habilidade de um ecossistema se regenerar após sofrer impactos; ambientes degradados, no entanto, perdem essa capacidade e necessitam de intervenção humana. A mitigação de impactos compreende ações para reduzir ou compensar os danos ambientais causados por atividades permitidas, como restauração e valorização de ecossistemas.

As áreas costeiras enfrentam impactos significativos devido à ocupação humana, incluindo erosão, assoreamento e perda de habitat natural. No Brasil, a principal consequência é a deterioração da qualidade ambiental, causada pelo descarte inadequado de resíduos e pelo crescimento desordenado das populações urbanas. Essa pressão resulta na degradação de serviços ecossistêmicos essenciais, como habitats para fauna e flora, agravada pela falta de governança integrada e legislação fragmentada.

Conforme Santos (2016), a urbanização substitui habitats naturais por infra estruturas como casas, hotéis e estradas, ilustrando o conflito entre desenvolvimento econômico e preservação ambiental. Nesse contexto, é necessário harmonizar as ações humanas com o desenvolvimento sustentável, considerando as dimensões sociais, econômicas e culturais dos impactos. Souto (2022) destaca que a percepção ambiental pode aprimorar a gestão de áreas protegidas ao identificar relações entre as pessoas e o meio ambiente, possibilitando soluções mais eficazes.

A Constituição Federal de 1988 (art. 225) assegura a todos o direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo ao poder público e à sociedade o dever de protegê-lo para as gerações presentes e futuras. Instrumentos como a Lei nº 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais) estabelecem sanções para práticas poluidoras, enquanto o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012) determina que a exploração da zona costeira deve ser sustentável. A Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981) reforça a necessidade de controle sobre a poluição e proteção dos recursos naturais.

O Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), instituído pela Lei nº 7.661/1988, define a zona costeira como uma área de interação entre ar, mar e terra, priorizando sua conservação por meio de zoneamento. Em Sergipe, a Lei nº 8.634/2019 criou o Sistema Estadual de Gerenciamento Costeiro, delimitando a zona costeira e estabelecendo normas para sua preservação. A Política Estadual do Meio Ambiente (Lei nº 5.858/2006) visa assegurar o desenvolvimento sustentável no estado, com base no equilíbrio entre interesses públicos e privados.

A criação do IBAMA, em 1989, consolidou esforços para fiscalizar e regular atividades que impactam o meio ambiente, promovendo manejo sustentável em parceria com comunidades locais. No entanto, os desafios permanecem na implementação de políticas eficazes. A Resolução CONAMA nº 357/2005 considera a água um recurso central para o desenvolvimento sustentável, destacando princípios como o poluidor-pagador e a precaução. Para garantir o uso equilibrado das zonas costeiras, a gestão integrada e a aplicação de leis

específicas são indispensáveis, permitindo conciliar desenvolvimento econômico com a proteção ambiental.

2.2 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO EM ÁREAS COSTEIRAS

A urbanização nas áreas costeiras do Brasil é um fenômeno que tem gerado transformações significativas no uso e ocupação do solo, com impactos ambientais, sociais e econômicos. Essas regiões, que abrigam ecossistemas sensíveis e desempenham funções ecológicas essenciais, sofrem pressões crescentes devido ao crescimento populacional, especulação imobiliária e atividades econômicas como o turismo. Este tópico aborda os principais impactos da urbanização em áreas costeiras brasileiras, com base em estudos realizados no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, na Zona Costeira de São Luís (MA) e no Litoral Sul de Sergipe, destacando a necessidade de estratégias de gestão sustentável.

A urbanização desordenada em zonas costeiras provoca a degradação dos ecossistemas locais, como manguezais, dunas e restingas, que são essenciais para a proteção contra erosão costeira e manutenção da biodiversidade. No Litoral Norte do Rio Grande do Sul, por exemplo, a expansão urbana resultou na destruição de habitats naturais e na impermeabilização do solo, alterando o ciclo hidrológico e aumentando o risco de inundações (MOURA et al., 2015). Em São Luís (MA), a urbanização intensa reduziu significativamente a cobertura vegetal, que passou de 61,27% da área total em 1984 para apenas 29,09% em 2010 (SILVA et al., 2019). A poluição das águas costeiras é outro problema crítico. O despejo inadequado de esgoto e resíduos sólidos compromete a qualidade dos recursos hídricos e afeta atividades econômicas como pesca e turismo. No Litoral Norte do Rio Grande do Sul, as lagoas costeiras apresentam altos níveis de contaminação por coliformes fecais devido à ausência de saneamento básico adequado (Moura et al., 2015). Em São Luís, o lançamento de esgoto in natura nas praias tornou algumas áreas impróprias para banho, prejudicando a balneabilidade e a saúde pública (SILVA et al., 2019).

O crescimento urbano em áreas costeiras também gera desafios socioeconômicos. A especulação imobiliária leva à substituição de comunidades tradicionais por empreendimentos turísticos de alto padrão, como condomínios horizontais e hotéis. No Litoral Norte do Rio Grande do Sul, esse processo resultou na privatização de áreas antes acessíveis à população local e na formação de ocupações irregulares em áreas ambientalmente frágeis (MOURA et al., 2015). Em São Luís, a construção desordenada avançou sobre áreas de preservação permanente (APPs), como dunas e manguezais, agravando os problemas ambientais e sociais

(SILVA et al., 2019). Além disso, a falta de planejamento urbano adequado agrava as desigualdades sociais. Em São Luís, muitas moradias irregulares carecem de infraestrutura básica, expondo as populações vulneráveis aos riscos ambientais e à precariedade habitacional (SILVA et al., 2019)

As mudanças climáticas intensificam os impactos da urbanização em zonas costeiras. O aumento do nível do mar combinado com a ocupação desordenada aumenta a vulnerabilidade dessas áreas a eventos extremos como tempestades e ressacas. No Litoral Norte do Rio Grande do Sul, a remoção das dunas frontais para construção civil intensificou os processos erosivos e os danos causados pelas ressacas marítimas (MOURA et al., 2015). Em São Luís, o tráfego de veículos na faixa litorânea compacta o solo arenoso das praias, alterando sua dinâmica natural (SILVA et al., 2019)

Diante dos desafios identificados, é essencial adotar políticas públicas que conciliam desenvolvimento econômico com conservação ambiental. O Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro (GERCO) é um exemplo de iniciativa voltada para o ordenamento territorial das zonas costeiras brasileiras. No entanto, sua implementação ainda enfrenta desafios significativos devido à falta de integração entre os diferentes níveis governamentais (MOURA et al., 2015). Em São Luís, instrumentos como o Plano Diretor Municipal e a Lei Orgânica apresentam diretrizes importantes para o uso sustentável das zonas costeiras. Contudo, sua aplicação prática é limitada pela ausência de fiscalização efetiva e pela pressão da especulação imobiliária (SILVA et al., 2019).

O estado de Sergipe, com seus 168 km de litoral, enfrenta desafios significativos relacionados à erosão costeira, fenômeno que afeta todos os setores da sua faixa costeira (SILVA et al., 2016). A vulnerabilidade das áreas litorâneas sergipanas é amplamente reconhecida, sendo intensificada por fatores antrópicos, como a urbanização desordenada e a ocupação irregular em (APPs), bem como por fatores naturais, como o aumento do nível do mar e a dinâmica sedimentar alterada. Ao longo dos anos, as mudanças na linha de costa em Sergipe têm sido aceleradas por intervenções humanas e pela ausência de planejamento territorial adequado. No litoral norte, municípios como Barra dos Coqueiros e Brejo Grande apresentam alta vulnerabilidade devido à intensa ocupação urbana e à modificação da dinâmica marinha. Já no litoral central, Aracaju sofre com impactos moderados a altos, em função da urbanização extensiva e da construção de vias próximas às praias que alteraram a morfologia costeira. No litoral sul, que inclui municípios como Itaporanga D'Ajuda e Estância, os processos erosivos são ainda mais críticos, com taxas médias de recuo da linha de costa alcançando -5,6 m/ano em praias estuarinas e -1,6 m/ano em praias oceânicas. Nesse

contexto, o litoral sul de Sergipe, em especial a Praia do Saco, destaca-se como um importante objeto de estudo devido à sua relevância ambiental, econômica e social.

A urbanização desordenada na Praia do Saco tem agravado os processos erosivos. A construção de residências e empreendimentos turísticos próximos à linha de costa resultou na destruição parcial ou total de estruturas antrópicas, incluindo a Igreja Nossa Senhora da Boa Viagem, um patrimônio histórico ameaçado pela ação das marés (Silva et al., 2016). Para proteger essas construções, foram instaladas estruturas de contenção, como espigões e enrocamentos de rocha. No entanto, essas intervenções têm gerado efeitos colaterais negativos, como a intensificação da erosão em áreas adjacentes devido à reflexão das ondas

A Praia do Abaís faz parte do litoral sergipano, e também enfrenta desafios significativos relacionados à urbanização e à erosão costeira. Embora apresente taxas predominantemente positivas no comportamento da linha de costa ao longo das últimas décadas, eventos erosivos pontuais têm causado danos às infraestruturas locais. Entre 2013 e 2017, foram registrados recuos de até -7,7 m em alguns trechos da praia (SANTOS et al., 2021). A ocupação desordenada é um fator agravante na Praia do Abaís. Terrenos preparados para novas construções aumentam a impermeabilização do solo e reduzem a capacidade natural de absorção das águas pluviais. Além disso, a proximidade das construções com a faixa de praia expõe essas áreas aos impactos diretos das ondas durante eventos extremos, como mares de tempestade (SILVA et al., 2016). A destruição parcial da praça central da área é um exemplo emblemático dos danos causados pela falta de planejamento territorial. Os impactos observados nas praias do Saco e do Abaís estão diretamente relacionados a fatores naturais e antrópicos:

1. **Dinâmica Sedimentar:** Alterações no balanço sedimentar devido à ocupação urbana e à construção de infraestruturas costeiras têm intensificado os processos erosivos. O transporte longitudinal de sedimentos na região é predominantemente direcionado de nordeste para sudoeste, resultando em déficits sedimentares em algumas áreas (OLIVEIRA, 2003).
2. **Ocupação Desordenada:** A construção de residências e empreendimentos turísticos sem o devido planejamento tem aumentado a vulnerabilidade das áreas costeiras aos processos erosivos. A impermeabilização do solo agrava os impactos das chuvas intensas e reduz a capacidade natural de recuperação das praias (SANTOS et al., 2021).

3. **Mudanças Climáticas:** O aumento do nível do mar e a intensificação dos eventos climáticos extremos são fatores que contribuem para o agravamento dos processos erosivos nas praias investigadas (IPCC, 2018).

Os eventos da urbanização em áreas costeiras brasileiras são amplos e interligados. A degradação ambiental compromete não apenas os ecossistemas locais mas também a qualidade de vida das populações que dependem desses recursos. Para mitigar esses impactos, é fundamental fortalecer os instrumentos legais existentes e promover uma gestão integrada que considere as especificidades regionais. Apenas com uma abordagem sustentável será possível garantir o equilíbrio entre desenvolvimento urbano e preservação ambiental nas zonas costeiras do Brasil.

2.3 ZONEAMENTO E PLANEJAMENTO TERRITORIAL COSTEIRO

O município de Estância, localizado no Litoral Sul de Sergipe, destaca-se como um importante território para a aplicação de estratégias de zoneamento e planejamento territorial costeiro. Com uma extensão territorial de 647,62 km² e uma faixa litorânea rica em ecossistemas sensíveis, como dunas móveis, manguezais e estuários, Estância enfrenta desafios significativos relacionados à ocupação desordenada do solo e aos impactos socioambientais decorrentes do crescimento urbano e turístico. A implementação de instrumentos como o Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC) e o Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro (PMGC) é essencial para promover o uso sustentável dos recursos naturais e a preservação dos ecossistemas locais.

A Lei Municipal nº 2.360/2024 instituiu o PMGC e o ZEEC em Estância, estabelecendo diretrizes claras para normatizar o uso do solo e os recursos ambientais na zona costeira. A figura 02 indica um mapa desenvolvido pelo Governo Municipal e está vinculado ao ZEEC, e apresenta as delimitações do litoral estanciano. De acordo com a legislação, o objetivo principal é "normatizar o uso e ocupação dos territórios da zona costeira, prevenir ou mitigar os impactos antrópicos negativos e promover o desenvolvimento sustentável" (Lei nº 2.360/2024). Essa abordagem é fundamentada nos princípios da sustentabilidade socioambiental, incluindo a proteção dos ecossistemas costeiros, a recuperação de áreas degradadas e a valorização das comunidades tradicionais.

Figura 02 - Mapa do Zoneamento Costeiro Municipal (ZEEC)



Fonte: Diário oficial de Estância/SE, 2024

Como mostra a Figura 02, o ZEEC divide a zona costeira de Estância em quatro praias principais: Praia do Abaís, Praia da Ribuleirinha, Praia das Dunas e Praia do Saco. Cada uma dessas áreas apresenta características ambientais e socioeconômicas específicas que demandam estratégias diferenciadas de gestão. Por exemplo, a Praia do Abaís é caracterizada pela presença de dunas móveis e restingas fixadoras, além de ser ocupada por pescadores nativos e veranistas. Já a Praia do Saco enfrenta pressões significativas devido à especulação

imobiliária e ao turismo desordenado, que ameaçam os ecossistemas locais e dificultam o acesso público às praias (CAVALCANTE et al., 2018).

A Lei Estadual nº 8.634/2019 também desempenha um papel fundamental no gerenciamento costeiro em Estância ao integrar o município ao Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro (PEGC). Essa legislação estabelece instrumentos como o Sistema Estadual de Informações e Monitoramento da Zona Costeira, que coleta dados sobre as características físico-naturais e socioeconômicas da região para subsidiar decisões de planejamento. Além disso, prevê a elaboração do Relatório Estadual de Qualidade Ambiental da Zona Costeira, que avalia anualmente os resultados das ações implementadas (Lei nº 8.634/2019).

O Projeto Orla é outro instrumento relevante aplicado em Estância. Criado para harmonizar as práticas patrimoniais e ambientais com o planejamento territorial, esse projeto busca disciplinar o uso das faixas litorâneas por meio de diretrizes que promovam a sustentabilidade socioeconômica. Em Estância, o Projeto Orla identificou conflitos relacionados à privatização de áreas públicas por empreendimentos turísticos e residenciais, especialmente nos trechos do Molhe das Pedras e Ponta do Saco. Essas ações têm dificultado o acesso público às praias e intensificado os impactos ambientais na região (LIMA, 2011).

Apesar dos avanços institucionais promovidos pelo ZEEC, PMGC e Projeto Orla, desafios significativos persistem na gestão territorial de Estância. A ocupação irregular em Áreas de Preservação Permanente (APPs), como dunas e vegetação fixadora, tem causado alterações na paisagem natural e intensificado processos erosivos provocados pelo avanço do mar. Segundo análises realizadas pela Administração Estadual do Meio Ambiente (Adema), "a ocupação desordenada compromete os serviços ecossistêmicos essenciais dessas áreas, como a proteção contra erosão costeira e a recarga hídrica" (ADEMA, 2024).

A participação comunitária é um aspecto essencial para o sucesso das políticas públicas em Estância. O PMGC prevê ações voltadas à capacitação das populações locais por meio da educação ambiental, com o objetivo de conscientizar sobre a importância da conservação dos recursos naturais. Além disso, audiências públicas realizadas durante a elaboração do ZEEC permitiram incorporar as demandas das comunidades tradicionais no planejamento territorial (Lei nº 2.360/2024).

Outro ponto crítico identificado em Estância é a falta de infraestrutura básica em algumas áreas costeiras. A ausência de sistemas adequados de saneamento básico tem resultado no despejo in natura de esgoto doméstico em canais fluviais, comprometendo a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Esse problema é agravado pela expansão

urbana desordenada associada à especulação imobiliária e ao turismo sazonal (SANTOS & VILLAR, 2011). Nesse contexto, é fundamental que os planos municipais incorporem diretrizes voltadas à melhoria da infraestrutura urbana para mitigar esses impactos.

Em termos econômicos, Estância possui grande potencial turístico devido às suas belezas naturais e à riqueza cultural das comunidades locais. No entanto, é necessário que o desenvolvimento turístico esteja alinhado aos princípios da sustentabilidade. O PRODETUR (Programa de Desenvolvimento do Turismo no Nordeste) tem sido apontado como uma ferramenta importante para estruturar melhor as atividades turísticas na região por meio da criação de infraestrutura adequada e da valorização dos atrativos culturais (LIMA, 2011).

Por fim, as ações integradas entre os diferentes níveis governamentais são indispensáveis para garantir a efetividade das políticas públicas em Estância. A articulação entre órgãos municipais como a Secretaria Municipal do Meio Ambiente com instituições estaduais como a Adema tem sido essencial para monitorar as atividades na zona costeira e coibir infrações ambientais. Estância apresenta um cenário desafiador mas também promissor no que diz respeito ao zoneamento e planejamento territorial costeiro. Instrumentos como o ZEEC, PMGC e Projeto Orla oferecem bases sólidas para promover o uso sustentável dos recursos naturais enquanto preservam os ecossistemas locais. No entanto, sua eficácia depende da articulação entre diferentes atores sociais e governamentais, bem como da incorporação ativa das comunidades locais no processo decisório.

2.4 FUNDAMENTOS DE ENGENHARIA DA GESTÃO SUSTENTÁVEL NA EXPANSÃO URBANA

A engenharia da gestão sustentável desempenha um papel central na resolução de questões socioambientais relacionadas à expansão urbana. A urbanização desordenada, frequentemente associada ao crescimento populacional e à especulação imobiliária, gera impactos significativos nos ecossistemas naturais e na qualidade de vida das populações urbanas. Para enfrentar esses desafios, é essencial adotar uma abordagem integrada que combine princípios de sustentabilidade com métodos construtivos inovadores e políticas públicas eficazes. Os fundamentos da engenharia da gestão sustentável baseiam-se em três pilares principais: planejamento urbano integrado, uso racional dos recursos naturais e a aplicação de tecnologias sustentáveis.

O planejamento urbano integrado é essencial para organizar o crescimento das cidades de maneira equilibrada, considerando tanto as demandas sociais quanto os limites ambientais.

Segundo Silva (2022), "o zoneamento das áreas urbanas e costeiras é uma ferramenta indispensável para a administração pública, pois permite a preservação dos recursos naturais ao mesmo tempo em que atende às necessidades da população". Nesse contexto, o planejamento deve incluir estratégias como o mapeamento de áreas de risco, a delimitação de zonas de proteção ambiental e a criação de corredores ecológicos que conectem fragmentos florestais. O uso racional dos recursos naturais é outro princípio fundamental.

A expansão urbana frequentemente resulta na destruição de ecossistemas sensíveis, como manguezais e restingas, que desempenham funções ecológicas cruciais. (MOURA et al. 2015) destaca que "a urbanização desordenada compromete a capacidade dos ecossistemas de prestar serviços essenciais, como a regulação climática e a proteção contra enchentes". Nesse sentido, a engenharia sustentável propõe soluções como a reutilização de materiais de construção, o aproveitamento da água da chuva e o uso de fontes renováveis de energia para minimizar os impactos ambientais. Além disso, os métodos construtivos sustentáveis desempenham um papel central na mitigação dos impactos socioambientais da expansão urbana.

A infraestrutura verde, por exemplo, é uma abordagem que integra elementos naturais no ambiente construído para melhorar a qualidade do ar, reduzir ilhas de calor e gerenciar as águas pluviais. (SILVA, 2022) afirma que "a implementação de telhados verdes e parques urbanos contribui significativamente para a resiliência das cidades frente às mudanças climáticas". Outro método relevante é o uso de sistemas modulares pré-fabricados, que reduzem o desperdício de materiais e aceleram o processo construtivo. A gestão sustentável também envolve a aplicação rigorosa das legislações ambientais existentes. No Brasil, instrumentos como o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) e o Estatuto da Cidade fornecem diretrizes importantes para o ordenamento territorial. Segundo Scherer (2007), "o PNGC estabelece normas gerais para a gestão ambiental das zonas costeiras, promovendo um equilíbrio entre desenvolvimento econômico e conservação ambiental". No entanto, a eficácia dessas políticas depende da capacidade dos governos locais em implementá-las adequadamente e monitorar seu cumprimento.

Outro aspecto crucial é a participação social no processo de planejamento urbano. A inclusão das comunidades locais nas decisões sobre o uso do solo e a gestão dos recursos naturais é essencial para garantir que as políticas públicas atendam às necessidades reais da população. Silva (2022) enfatiza que "a governança ambiental deve estimular a participação ativa dos cidadãos na formulação e implementação das políticas públicas". Essa abordagem participativa não apenas aumenta a legitimidade das decisões tomadas, mas também promove

uma maior conscientização sobre as questões ambientais. Os impactos sociais da expansão urbana também devem ser considerados na gestão sustentável.

A especulação imobiliária muitas vezes desloca populações vulneráveis para áreas periféricas sem infraestrutura adequada, agravando problemas como exclusão social e falta de acesso aos serviços básicos. Moura et al. (2015) observam que "a gentrificação nas zonas urbanas costeiras é um fenômeno crescente que substitui comunidades tradicionais por empreendimentos voltados ao turismo". Para enfrentar esse desafio, é necessário adotar políticas habitacionais inclusivas que garantam moradias dignas para todos os segmentos da população.

As mudanças climáticas representam um desafio adicional para a gestão sustentável da expansão urbana. O aumento do nível do mar e os eventos climáticos extremos tornam as áreas urbanas mais vulneráveis a desastres naturais. Moura et al. (2015) destacam que "a impermeabilização do solo nas cidades aumenta significativamente o risco de enchentes durante períodos de chuvas intensas". Nesse contexto, medidas como a recuperação de áreas degradadas e a construção de infraestrutura resiliente são fundamentais para aumentar a capacidade adaptativa das cidades. A gestão sustentável na expansão urbana fundamenta-se em princípios que buscam equilibrar o uso dos recursos naturais com as demandas do crescimento urbano. Entre esses princípios estão destacados no Quadro 01:

Quadro 01 - **Princípios de Engenharia Sustentável.**

Planejamento Urbano Integrado: O planejamento deve considerar as interações entre os sistemas naturais e construídos. Segundo Silva (2022), "o zoneamento das áreas costeiras e urbanas é uma prática essencial para a administração pública ou privada, devido aos benefícios que traz para a sociedade".

Uso Racional dos Recursos Naturais: A sustentabilidade requer a utilização eficiente dos recursos disponíveis, minimizando desperdícios e impactos ambientais. Fernandes (2012) destaca que "a mitigação de impactos é essencial para reduzir os danos ambientais associados à expansão urbana".

Participação Social e Governança: A inclusão da sociedade no processo de tomada de decisões é crucial para garantir que as políticas públicas reflitam as necessidades locais.

Como aponta Silva (2022), "a governança ambiental deve estimular a participação dos movimentos sociais e ambientais no exercício da cidadania".

Adaptação às Mudanças Climáticas: A expansão urbana deve incorporar estratégias para lidar com os efeitos das mudanças climáticas, como o aumento do nível do mar e eventos climáticos extremos. Segundo Moura et al. (2015), "a ocupação desordenada agrava os riscos associados às mudanças climáticas, expondo populações inteiras a situações de vulnerabilidade".

Fonte: o autor, 2025.

2.4.2. Métodos Construtivos Sustentáveis

Os métodos construtivos desempenham um papel central na gestão sustentável da expansão urbana. Algumas práticas destacadas no Quadro 03, incluem:

Quadro 02 - **Métodos construtivos sustentáveis**

Infraestrutura Verde: A incorporação de elementos naturais no ambiente construído, como telhados verdes e parques lineares, contribui para a regulação térmica, a gestão das águas pluviais e a melhoria da qualidade do ar (SILVA, 2022).

Materiais Sustentáveis: O uso de materiais reciclados ou de baixo impacto ambiental reduz a pegada ecológica das construções. Fernandes (2012) enfatiza que "a recuperação de ecossistemas degradados pode ser integrada ao uso de materiais sustentáveis".

Fonte: o autor, 2025.

Os fundamentos da engenharia da gestão sustentável oferecem uma base sólida para enfrentar os desafios socioambientais associados à expansão urbana. Por meio do planejamento integrado, do uso racional dos recursos naturais e da aplicação de métodos construtivos inovadores, é possível promover um desenvolvimento urbano equilibrado que respeite os limites ecológicos do planeta. Além disso, a participação social e a aplicação rigorosa das legislações ambientais são elementos indispensáveis para garantir que as políticas públicas sejam eficazes e inclusivas.

2.5 ESTRATÉGIAS DE ENGENHARIA CIVIL SUSTENTÁVEL PARA INTERVENÇÃO EM ÁREAS COSTEIRAS

A engenharia civil sustentável para áreas costeiras é uma disciplina que se destaca pela busca de soluções que conciliam o desenvolvimento urbano com a preservação ambiental e a resiliência frente aos desafios climáticos. A tese de Cavalcante (2018) sobre a gestão das áreas costeiras no município de Areia Branca, Rio Grande do Norte, oferece uma base rica para aprofundar as estratégias de engenharia aplicadas a essas regiões, destacando aspectos como o gerenciamento costeiro integrado, o uso de tecnologias avançadas e a participação comunitária. Uma das principais abordagens identificadas por Cavalcante (2018) é o Gerenciamento Costeiro Integrado (GCI), que propõe ações coordenadas em seis áreas prioritárias: planejamento, proteção ambiental, desenvolvimento econômico, resolução de conflitos, segurança pública e gerenciamento de áreas públicas. Essa estratégia busca harmonizar os interesses econômicos e ambientais, promovendo o uso sustentável dos recursos costeiros. A autora destaca que "o GCI no Brasil ainda enfrenta desafios significativos, especialmente na implementação em nível municipal, como observado em Areia Branca, onde há carências estruturais e normativas" (Cavalcante, 2018).

No contexto da engenharia civil sustentável, as soluções baseadas na natureza (SbN) são fundamentais para mitigar os impactos da urbanização desordenada e das mudanças climáticas. A restauração de manguezais e dunas móveis é um exemplo prático dessas soluções. Segundo Cavalcante (2018), "as dunas móveis em Areia Branca têm apresentado movimentos significativos devido à ação dos ventos e à interferência antrópica", o que reforça a necessidade de estratégias que combinem geotecnologias com práticas ecológicas para estabilizar essas formações. O uso do geoprocessamento é outro destaque nas estratégias sustentáveis para áreas costeiras. Cavalcante (2018) utilizou imagens de satélite para mapear o avanço das dunas e as mudanças no uso do solo em Areia Branca ao longo de 20 anos. Essa tecnologia permite identificar áreas críticas e planejar intervenções específicas, como a criação de zonas de amortecimento natural ou o redirecionamento de atividades humanas. Além disso, a autora aponta que "o geoprocessamento é uma ferramenta indispensável para monitorar os impactos das atividades econômicas, como a produção salineira e a instalação de parques eólicos" (CAVALCANTE, 2018).

A infraestrutura verde também desempenha um papel crucial na mitigação dos impactos ambientais nas zonas costeiras. Telhados verdes, sistemas de drenagem sustentável e corredores ecológicos são exemplos de soluções que podem ser implementadas para melhorar

a resiliência urbana. Em Areia Branca, Cavalcante (2018) observa que "a falta de infraestrutura adequada contribui para problemas como a erosão costeira e a degradação dos recursos hídricos", destacando a necessidade urgente de investimentos em tecnologias sustentáveis.

Outro aspecto relevante é a percepção ambiental da população local. A pesquisa realizada por Cavalcante (2018) revelou que os moradores de Areia Branca reconhecem os problemas ambientais da região, mas muitas vezes não percebem o impacto das atividades econômicas sobre o meio ambiente. Essa desconexão aponta para a importância da educação ambiental como uma ferramenta para engajar as comunidades na proteção dos ecossistemas costeiros. As políticas públicas também são essenciais para promover a sustentabilidade nas áreas costeiras. O Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), instituído pela Lei nº 7.661/1988, é um marco importante nesse sentido. No entanto, Cavalcante (2018) ressalta que "a implementação do PNGC enfrenta desafios significativos em estados como o Rio Grande do Norte, onde as ações ainda estão em estágio inicial". A autora sugere que instrumentos como o Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC) podem ser mais amplamente utilizados para orientar o ordenamento territorial nessas regiões.

É pertinente reiterar que as mudanças climáticas representam um desafio crescente para as áreas costeiras. A elevação do nível do mar e os eventos climáticos extremos exigem soluções robustas e integradas. Cavalcante (2018) destaca que "a vulnerabilidade das comunidades costeiras pode ser reduzida por meio da combinação de barreiras físicas com soluções baseadas na natureza", uma abordagem que tem mostrado resultados promissores em outras partes do mundo. Em face disso, as estratégias de engenharia civil sustentável para áreas costeiras devem integrar tecnologias avançadas, práticas ecológicas e participação comunitária para enfrentar os desafios socioambientais dessas regiões. O estudo realizado por Cavalcante (2018) oferece *insights* valiosos sobre como essas abordagens podem ser aplicadas no contexto brasileiro, destacando tanto os avanços quanto às lacunas existentes na gestão costeira.

Outra técnica relevante, a *beach nourishment*, ou engorda de faixa de areia, é amplamente utilizada como uma solução sustentável para mitigar os impactos da erosão costeira e proteger áreas litorâneas vulneráveis, tanto no Brasil quanto no exterior. Essa estratégia consiste na adição de sedimentos, geralmente areia, à faixa litorânea, com o objetivo de ampliar a extensão da praia, restaurar sua morfologia natural e aumentar sua capacidade de dissipar a energia das ondas. No contexto da engenharia costeira sustentável,

essa abordagem tem se destacado por preservar a dinâmica natural do ambiente costeiro e manter as funções ecológicas e recreativas das praias.

No Brasil, um dos exemplos mais notáveis da aplicação dessa técnica ocorreu em Balneário Camboriú (SC), onde a faixa de areia foi ampliada em até 70 metros. O projeto foi realizado para mitigar os impactos da erosão costeira e revitalizar o turismo local, que é uma das principais atividades econômicas da região. A execução envolveu o uso de dragas para extração de sedimentos em áreas submersas próximas à costa, transporte do material até a praia e deposição controlada ao longo da faixa litorânea. Segundo Dominguez et al. (2018), "a compatibilidade granulométrica entre os sedimentos adicionados e a areia nativa foi um fator crucial para o sucesso do projeto". Outro exemplo relevante é o caso da Praia do Futuro, em Fortaleza (CE), onde a alimentação artificial foi utilizada para recuperar áreas degradadas pela erosão e melhorar as condições para atividades recreativas.

No exterior, a técnica é amplamente utilizada em países como os Estados Unidos e os Países Baixos, que enfrentam desafios significativos relacionados à elevação do nível do mar e à intensificação dos eventos climáticos extremos. Na Flórida (EUA), projetos de engorda são realizados regularmente em praias turísticas como Miami Beach, com o objetivo de proteger infraestruturas urbanas e manter a atratividade turística. Já nos Países Baixos, a abordagem conhecida como "*Zandmotor*" (ou "Motor de Areia") utiliza grandes volumes de sedimentos depositados em locais estratégicos para serem redistribuídos naturalmente pelas correntes marítimas ao longo da costa. Essa técnica combina intervenções artificiais com processos naturais, promovendo uma gestão costeira adaptativa.

O método executivo do beach nourishment envolve várias etapas técnicas que exigem planejamento detalhado e supervisão especializada. Inicialmente, são realizados estudos preliminares que incluem análises geotécnicas, hidrodinâmicas e ambientais para determinar a viabilidade do projeto. Em seguida, o material sedimentar é extraído de bancos submersos ou fontes terrestres, transportado por dragas ou caminhões até o local da intervenção e depositado de forma controlada ao longo da praia. Após a execução, modelos computacionais são utilizados para monitorar o comportamento dos sedimentos adicionados e avaliar a eficácia do projeto.

No litoral sergipano, especialmente na Praia do Saco, onde os processos erosivos têm causado danos significativos às infra estruturas antrópicas e ecossistemas locais, a técnica de *beach nourishment* surge como uma alternativa viável. A aplicação dessa estratégia poderia ser combinada com ações complementares, como a recuperação de dunas vegetadas e manguezais adjacentes, para aumentar a resiliência da área frente aos impactos das mudanças

climáticas. Além disso, o uso dessa técnica contribuiria para preservar o patrimônio histórico local ameaçado pelo avanço do mar.

3. UM ESTUDO DE CASOS DE SUCESSO EM GESTÃO SUSTENTÁVEL DE ÁREAS COSTEIRAS: SERGIPE, BAHIA E ALAGOAS

A erosão costeira e o avanço do mar representam desafios significativos para a gestão sustentável das áreas litorâneas, especialmente em estados como Sergipe, Bahia e Alagoas. Esses fenômenos, intensificados por fatores naturais e antrópicos, têm causado impactos socioeconômicos e ambientais expressivos, exigindo a implementação de medidas de engenharia e gestão ambiental. Estudos de casos bem-sucedidos nesses estados serão abordados, destacando as semelhanças nas problemáticas enfrentadas e as soluções adotadas para mitigar os efeitos da erosão costeira.

A gestão sustentável de áreas costeiras exige a atuação integrada e participativa do engenheiro civil com os stakeholders envolvidos. Esses profissionais desempenham um papel crucial ao colaborar com comunidades locais, órgãos governamentais, instituições acadêmicas e o setor privado na busca por soluções técnicas que mitiguem os impactos da erosão costeira e do avanço do mar. O engajamento participativo é essencial para alinhar as soluções de engenharia às necessidades locais, respeitando as especificidades ambientais, sociais e econômicas de cada região.

A gestão sustentável de áreas costeiras em Sergipe, Bahia e Alagoas tem apresentado desafios significativos devido à intensificação dos processos de erosão costeira e ao avanço do mar. Contudo, os estados têm adotado estratégias diferenciadas que combinam soluções técnicas e abordagens participativas para mitigar os impactos desses fenômenos. Em Sergipe, por exemplo, o litoral sul, que inclui a Praia do Saco, destaca-se pela implementação de análises multitemporais da linha de costa e pela aplicação de geoindicadores para identificar áreas críticas de vulnerabilidade (SILVA et al., 2016). Essas ferramentas têm sido fundamentais para subsidiar ações voltadas ao planejamento territorial e à proteção ambiental.

Na Bahia, o município de Ilhéus tem enfrentado desafios relacionados à erosão costeira no bairro São Domingos, a Figura 03 mostra o impacto do avanço do mar, onde a construção do Porto Internacional alterou a dinâmica sedimentar local.

Figura 03 - Impactos do avanço do Mar em Ilhéus/BA



Fonte: Ilhéus Net, 2023.

Para mitigar os impactos, foram instalados espigões e muros de contenção. No entanto, essas intervenções rígidas acabaram gerando efeitos colaterais negativos, como a intensificação da erosão em áreas adjacentes (SCHER et al., 2023). Esse caso evidencia a necessidade de soluções integradas que combinem infraestrutura física com ações naturais, como a recuperação de manguezais e dunas vegetadas.

Em Alagoas, o litoral da capital Maceió apresenta iniciativas voltadas à conservação ambiental por meio da criação de zonas prioritárias para proteção costeira. Essas áreas incluem manguezais e dunas fixadoras que atuam como barreiras naturais contra o avanço do mar. A figura 04 mostra os impactos da erosão marítima ao longo da Orla de Marechal Deodoro, cidade da região metropolitana de Maceió. Além disso, projetos comunitários têm promovido a educação ambiental como ferramenta para engajar as populações locais na preservação dos ecossistemas costeiros (SANTOS et al., 2004). Essas ações demonstram que a integração entre ciência técnica e participação comunitária é essencial para garantir a eficácia das políticas públicas voltadas à gestão costeira.

Figura 04: Avanço do mar em Marechal Deodoro/AL



Fonte: Tribuna Hoje, 2024.

No litoral sul de Sergipe, estudos realizados por Santos et al. (2021) identificaram taxas médias de erosão costeira de até -5,6 m/ano em praias estuarinas e -1,6 m/ano em praias oceânicas. Essas taxas demonstram a gravidade do problema na região, onde 82,4% das praias estuarinas e 38,6% das praias oceânicas apresentam comportamento erosivo. A ocupação desordenada do solo e a ausência de planejamento adequado têm contribuído para o avanço do mar e a perda de sedimentos.

Uma solução proposta para mitigar os impactos da erosão foi a implementação de faixas de recuo para construções leves e pesadas. Caso essas faixas tivessem sido aplicadas em 1971, muitos danos às estruturas antrópicas poderiam ter sido evitados. Segundo Santos et al. (2021), "a análise da eficiência das faixas de recuo mostrou que essa medida simples pode ser eficaz na proteção das áreas costeiras". Além disso, o uso de tecnologias como geoprocessamento para monitorar a linha de costa tem sido fundamental para o planejamento territorial.

Portanto, os casos analisados nesses três estados revelam que a gestão sustentável das áreas litorâneas exige uma abordagem integrada que considere as especificidades locais. A combinação de soluções técnicas inovadoras com estratégias baseadas na natureza tem se mostrado eficaz na mitigação dos impactos da erosão costeira e no fortalecimento da resiliência das comunidades frente às mudanças climáticas.

3.3 GESTÃO COSTEIRA EM ALAGOAS: LIÇÕES APRENDIDAS

Em Alagoas, estudos sobre a planície costeira de Maceió destacam os desafios relacionados à ocupação desordenada e à intensificação dos processos erosivos devido ao aumento do nível do mar. Santos (2004) aponta que "a evolução da linha de costa está diretamente relacionada à urbanização acelerada e à falta de planejamento territorial".

Uma iniciativa bem-sucedida foi a criação de zonas prioritárias para conservação ambiental nas áreas mais vulneráveis à erosão. Essas zonas incluem manguezais e dunas fixas que atuam como barreiras naturais contra o avanço do mar. Além disso, projetos comunitários voltados à educação ambiental têm promovido maior conscientização sobre a importância da preservação dos ecossistemas costeiros.

A partir disso, é possível notar semelhanças entre os Estados, as quais estão dispostas no Quadro 03. Os estados de Sergipe, Bahia e Alagoas compartilham características semelhantes no que diz respeito aos desafios enfrentados pela erosão costeira e ao impacto da ocupação desordenada em suas zonas litorâneas. A urbanização desordenada é um fator comum entre os três estados, onde a ocupação irregular do solo, muitas vezes sem planejamento adequado, aumenta a vulnerabilidade das áreas costeiras aos processos erosivos. Essa ocupação intensiva compromete ecossistemas naturais, como manguezais e dunas, que atuam como barreiras naturais contra o avanço do mar. Segundo Silva et al. (2016), "a ausência de um planejamento territorial adequado tem agravado os impactos da erosão costeira em áreas urbanizadas e turísticas".

Outro ponto de convergência entre os estados é a alteração da dinâmica sedimentar causada por obras costeiras, como portos e espigões. Essas intervenções, embora necessárias para o desenvolvimento econômico, frequentemente interrompem o transporte natural de sedimentos, intensificando a erosão em áreas adjacentes. Na Bahia, a construção do Porto Internacional de Ilhéus modificou significativamente o equilíbrio sedimentar local, resultando em recuos expressivos da linha de costa (SCHER et al., 2023). Em Sergipe e Alagoas, situações semelhantes são observadas nas proximidades das desembocaduras fluviais, onde a dinâmica natural dos sedimentos é alterada por intervenções antrópicas.

Além disso, a falta de planejamento territorial é um problema recorrente nos três estados. A ausência de diretrizes claras para o uso do solo dificulta a implementação de medidas preventivas eficazes contra a erosão costeira. Em muitos casos, as políticas públicas não conseguem acompanhar o ritmo acelerado da urbanização e do turismo nas zonas costeiras. De acordo com Dominguez et al. (2018), "a implementação de estratégias

integradas que combinem ciência técnica com práticas participativas é essencial para enfrentar os desafios das zonas costeiras". Essa realidade reforça a necessidade de ações coordenadas entre diferentes níveis governamentais e setores da sociedade para garantir uma gestão sustentável das áreas litorâneas.

QUADRO 03 - Ponto de convergência entre os estados estudados.

CARACTERÍSTICA	COMENTÁRIO
Urbanização Desordenada	A ocupação irregular do solo aumenta a vulnerabilidade das áreas costeiras aos processos erosivos.
Alterações na Dinâmica Sedimentar	Obras como portos e espigões alteram o transporte natural dos sedimentos, intensificando a erosão.
Falta de Planejamento Territorial	A ausência de diretrizes claras para o uso do solo dificulta a implementação de medidas preventivas.

Fonte: o autor, 2025.

4. O PAPEL DO ENGENHEIRO CIVIL NA GESTÃO COSTEIRA

O engenheiro civil é um importante agente na formulação e implementação de estratégias para mitigar os impactos da erosão costeira e do avanço do mar. Sua atuação abrange desde o planejamento e projeto até a execução e manutenção de obras estruturais e não estruturais. A engenharia civil tem se adaptado às mudanças climáticas por meio da incorporação de novas tecnologias, materiais sustentáveis e práticas construtivas inovadoras. Essas adaptações são fundamentais para enfrentar os desafios impostos pelas condições climáticas em constante transformação.

A relevância do engenheiro civil na gestão de obras costeiras vai além da concepção técnica, abrangendo também a liderança no processo de urbanização sustentável dessas áreas. Esse profissional desempenha um papel estratégico ao aliar conhecimentos técnicos com práticas de gestão ambiental, promovendo soluções que atendam às demandas socioeconômicas e ambientais. No contexto das zonas costeiras, sua atuação é essencial para o

desenvolvimento e a implementação de barreiras sustentáveis contra o avanço do mar e a proteção de dunas móveis, que são ecossistemas fundamentais para a estabilidade da linha de costa. Conforme Silva et al. (2016), "a avaliação da vulnerabilidade costeira é indispensável para subsidiar ações planejadas que minimizem os impactos da ocupação humana em áreas litorâneas", evidenciando a necessidade de planejamento técnico especializado.

Entre as obras que destacam a importância do engenheiro civil estão os projetos de recuperação costeira em Balneário Camboriú (SC)) e na Praia Grande (SP). Em Balneário Camboriú, como apresenta as figuras 04 e 05 (antes e depois), a ampliação da faixa de areia foi combinada com técnicas de alimentação artificial, protegendo a linha de costa contra o avanço do mar e revitalizando o turismo local.

Figura 05 - Orla de Balneário Camboriú (SC) antes do alargamento: problemas constantes com ressacas.



Fonte: Prefeitura Balneário Camboriú, 2023.

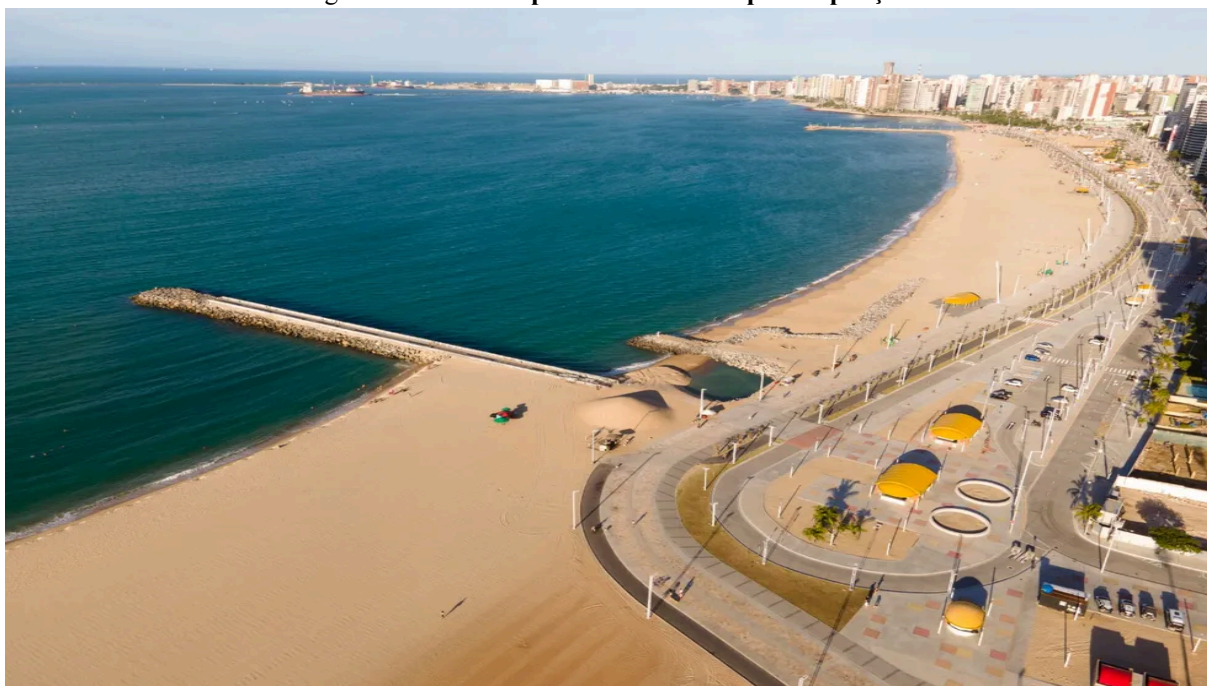
Figura 06 - Orla de Balneário Camboriú pós-alargamento.



Fonte: Prefeitura Balneário Camboriú, 2023.

Já em Praia Grande, foram implementadas barreiras naturais e artificiais para conter a erosão costeira, destacando-se o uso de enrocamentos associados à revegetação das áreas adjacentes. Esses exemplos demonstram como o engenheiro civil é capaz de integrar soluções estruturais e baseadas na natureza para alcançar resultados eficazes. Também na capital cearense, a Praia de Iracema e a Beira-Mar tiveram um aumento de profundidade na orla de 40 a 80 metros. A obra foi feita entre abril e novembro de 2019. A praia já havia recebido obras de aterro da faixa de areia em 2000, a Figura 07 apresenta o estado atual da Orla de Iracema.

Figura 07 - Faixa de praia de Fortaleza pós-ampliação



Fonte: Izaías Vieira/Seinf-CE/2022.

Outro exemplo relevante é o projeto realizado na Praia do Futuro, em Fortaleza (CE), onde barreiras vegetadas foram utilizadas em conjunto com estruturas artificiais para estabilizar dunas móveis e proteger as áreas urbanizadas próximas à costa. Segundo Dominguez et al. (2018), "a recuperação de dunas vegetadas é uma estratégia eficaz para aumentar a resiliência das zonas costeiras frente aos impactos das mudanças climáticas". Nesse tipo de intervenção, o engenheiro civil atua como um mediador entre as demandas humanas e as necessidades ecológicas, garantindo que as soluções sejam sustentáveis e adaptáveis às condições locais.

Além disso, no litoral sergipano, as dunas móveis presentes na Praia do Saco representam um desafio técnico significativo devido à sua dinâmica natural e à ocupação desordenada nas áreas adjacentes. A figura 08, mostra que ao decorrer dos anos, as dunas móveis estão obstruindo parte da Rodovia Airton Senna, que liga o Povoado Porto do Mato à Praia do Saco, visualmente é possível perceber que a vegetação nativa age como ferramenta de segurança impedindo o avanço mais rápido da areia.

Figura 08 - Avanço das dunas móveis na Praia do Saco/SE.



Fonte: Governo do Estado de Sergipe, 2024.

A construção de barreiras sustentáveis nessas áreas exige um planejamento detalhado que considere tanto os aspectos geotécnicos quanto os impactos ambientais. Conforme destacado por Santos et al. (2021), "a implementação de faixas de recuo associadas à recuperação ambiental pode reduzir significativamente os danos causados pela erosão costeira", reforçando a importância do engenheiro civil como líder no desenvolvimento dessas estratégias.

Portanto, o engenheiro civil é um profissional completo e apto para liderar processos de urbanização sustentável em zonas costeiras. Sua formação técnica permite não apenas projetar e executar obras complexas, mas também engajar stakeholders locais e integrar conhecimentos tradicionais ao planejamento urbano. Ao adotar uma abordagem interdisciplinar, esse profissional contribui para a criação de soluções inovadoras que equilibram desenvolvimento econômico com preservação ambiental, garantindo a resiliência das comunidades costeiras frente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas.. Grupos como marisqueiras, pescadores artesanais, catadoras de mangaba e representantes do trade turístico possuem conhecimentos tradicionais que podem enriquecer as soluções técnicas propostas. Além disso, esses grupos são diretamente impactados pelas mudanças na dinâmica costeira e devem ser incluídos nos processos decisórios.

4.1 SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS E ESTRATÉGIAS SUSTENTÁVEIS

As soluções adotadas nesses estados incluem tanto intervenções estruturais quanto abordagens baseadas na natureza, no Quadro 04 apresenta-se um resumo das soluções:

Quadro 04: Soluções construtivas e estratégias sustentáveis

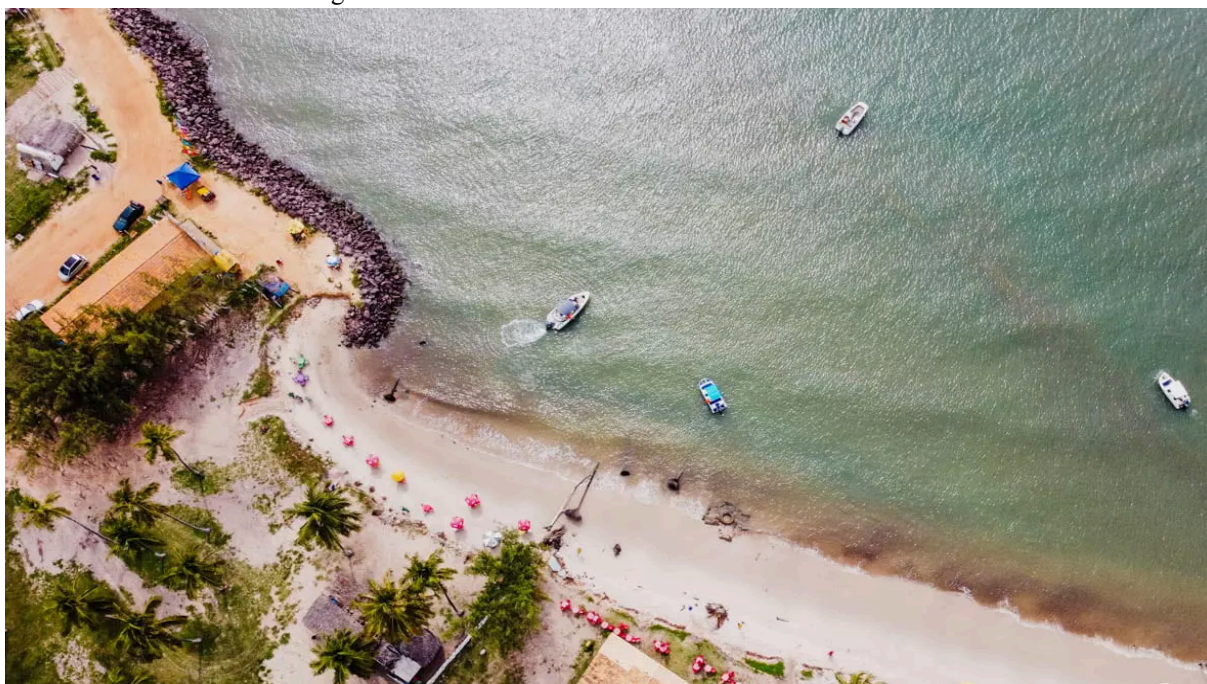
Estruturas Físicas: A construção de espigões, diques, muros de contenção e as <i>Setback Zones</i> tem sido utilizada para proteger áreas vulneráveis ao avanço do mar. Contudo, essas estruturas devem ser projetadas com base em estudos detalhados sobre a dinâmica costeira local para evitar impactos negativos em áreas adjacentes (GÓIS, 2023).
Tecnologias Avançadas: O uso de geoprocessamento para monitorar mudanças na linha de costa permite uma análise precisa dos impactos das intervenções realizadas. Essa tecnologia pode ser utilizada para avaliar a eficácia das soluções implementadas e orientar ajustes futuros (SANTOS et al., 2021).
Governança Participativa: A inclusão das comunidades locais nos processos decisórios fortalece as políticas públicas voltadas à gestão costeira.

Fonte: o autor, 2025.

As barreiras artificiais, como espigões, diques, enrocamentos e quebra-mares, são amplamente utilizadas em engenharia costeira para proteger áreas litorâneas vulneráveis ao avanço do mar e à erosão costeira. Esses métodos estruturais têm como objetivo principal reduzir a energia das ondas, estabilizar a linha de costa e proteger infraestruturas e ecossistemas costeiros. No entanto, a eficácia dessas estruturas depende de um planejamento detalhado que considere as características locais, como a dinâmica sedimentar, os padrões de ondas e as interações entre o mar e a terra.

No litoral sergipano, onde os processos erosivos afetam significativamente áreas como a Praia do Saco, essas barreiras artificiais têm sido empregadas com resultados variados. Espigões e enrocamentos de rocha foram instalados de maneira desordenada por moradores para proteger construções próximas à linha de costa, como residências e a Igreja Nossa Senhora da Boa Viagem. Como apresentado na Figura 09:

Figura 09 - Enrocamento artesanal na Praia do Saco.



Fonte: Euds Drones, 2024.

Contudo, essas intervenções frequentemente geram efeitos colaterais negativos, como a intensificação da erosão em áreas adjacentes devido à reflexão das ondas. Segundo Silva et al. (2016), "a presença de estruturas rígidas pode alterar a dinâmica sedimentar local, causando déficits sedimentares em trechos próximos", como é possível avaliar, o enrocamento feito por moradores, provocou um avanço do mar maior em áreas sem a técnica.

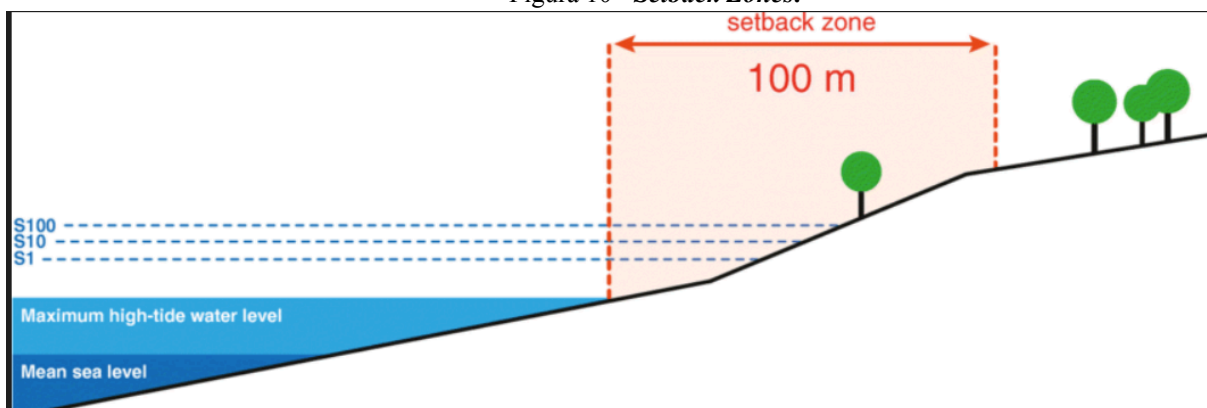
O método executivo para construção dessas barreiras envolve várias etapas técnicas. Inicialmente, são realizados estudos geotécnicos e hidrodinâmicos para determinar o melhor posicionamento das estruturas e prever seus impactos na linha de costa. Em seguida, materiais como rochas ou concreto são transportados até o local da obra e posicionados estrategicamente para formar a barreira. No caso dos espigões, esses elementos são dispostos perpendicularmente à linha de costa para interromper o transporte longitudinal de sedimentos e reduzir a energia das ondas. Já os quebra-mares são instalados paralelamente à costa para criar uma zona de calmaria que protege as praias contra a ação direta das ondas.

Além disso, há uma crescente adoção de barreiras sustentáveis que combinam elementos naturais com artificiais. No contexto da Praia do Saco, essas soluções poderiam ser adaptadas para atender às especificidades locais. A integração entre barreiras artificiais e estratégias baseadas na natureza (SbN), como a recuperação de dunas vegetadas e manguezais adjacentes, pode aumentar significativamente a resiliência da área frente aos processos

erosivos. Além disso, é fundamental que essas intervenções sejam acompanhadas por monitoramento contínuo para avaliar sua eficácia e orientar ajustes futuros.

No que tange às *Setback Zones*, ou mais conhecidas como faixas de recuo, definem-se como áreas delimitadas a partir da linha de costa onde as ocupações humanas são restritas ou proibidas, como é apresentado na figura 10. Essas zonas são projetadas para proteger a infraestrutura e os ecossistemas costeiros contra os impactos da erosão e do avanço do mar. Segundo Santos et al. (2024), as faixas de recuo são uma ferramenta essencial para mitigar os danos em áreas sujeitas a processos erosivos, especialmente em regiões com alta vulnerabilidade, como o litoral sul de Sergipe. A implementação dessas zonas é baseada em estudos detalhados sobre a dinâmica sedimentar, a taxa de erosão e as projeções de elevação do nível do mar.

Figura 10 - *Setback Zones*.



Fonte: LINCKE, Daniel et al., 2020.

Na Praia do Saco, onde os processos erosivos têm causado perdas significativas de infraestrutura e ameaçado o patrimônio histórico local, como a Igreja Nossa Senhora da Boa Viagem, a adoção de *Setback Zones* é uma medida técnica que pode contribuir com a mitigação do processo erosivo, além de permitir uma melhor gestão a longo e médio prazo. Estudos indicam que o setor estuarino da praia apresenta taxas médias de erosão de -5,6 m/ano, enquanto o setor oceânico demonstra comportamento de acreção com taxas médias de +7,3 m/ano (SANTOS et al., 2021). Para construções leves, como residências unifamiliares, recomenda-se uma faixa de recuo equivalente a 30 vezes a taxa anual de erosão; já para construções pesadas, como hotéis e prédios maiores, essa faixa deve ser ampliada para 60 vezes a taxa anual. Essa abordagem simples e eficaz poderia ter evitado muitos dos danos registrados nas últimas décadas.

O planejamento das *Setback Zones* na Praia do Saco deve considerar também as especificidades locais. A combinação dessas zonas com ações complementares, como a

recuperação ambiental das dunas vegetadas e manguezais adjacentes, pode aumentar significativamente a resiliência da área frente aos processos erosivos. Além disso, é fundamental integrar essas medidas ao ordenamento territorial e às políticas públicas locais para garantir sua eficácia no longo prazo. Conforme Silva et al. (2016), "a implementação de estratégias integradas que combinem ciência técnica com práticas participativas é essencial para enfrentar os desafios das zonas costeiras".

A aplicação das *Setback Zones* na Praia do Saco também deve ser acompanhada por monitoramento contínuo e revisões periódicas com base nos dados coletados. Tecnologias como geoprocessamento podem ser utilizadas para mapear mudanças na linha de costa e ajustar as delimitações das faixas conforme necessário. Essa abordagem adaptativa garante que as *Setback Zones* permaneçam eficazes frente às mudanças climáticas e às dinâmicas costeiras locais.

Desta forma, as barreiras artificiais representam uma ferramenta importante no arsenal da engenharia costeira para mitigar os impactos da erosão costeira. No entanto, sua aplicação deve ser cuidadosamente planejada para evitar efeitos adversos e maximizar sua eficácia no longo prazo. A combinação dessas estruturas com abordagens sustentáveis é fundamental para garantir a proteção das zonas costeiras enquanto se preserva sua funcionalidade ecológica e social.

4.2 ALINHAMENTO COM OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)

O alinhamento deste trabalho no litoral de Sergipe com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU reflete um compromisso com a sustentabilidade e a integração das dimensões social, econômica e ambiental. Este projeto, que propõe métodos construtivos e soluções de engenharia civil para a gestão costeira, apresenta uma interface direta com diversos ODS, especialmente aqueles voltados para a conservação ambiental, a redução das desigualdades e a promoção de cidades sustentáveis. A análise do PMGC de Estância evidencia avanços significativos, mas também destaca lacunas que precisam ser abordadas para garantir o cumprimento das metas globais.

Entre os ODS mais diretamente relacionados ao escopo do projeto estão o ODS 6 (Água Potável e Saneamento), ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), ODS 14 (Vida na Água) e ODS 15 (Vida Terrestre). Essas metas são fundamentais para orientar as ações no litoral sergipano, onde

ecossistemas sensíveis, como manguezais e dunas móveis, enfrentam pressões crescentes devido à urbanização desordenada e à especulação imobiliária. Cita-se em especial dois tópicos principais que podem direcionar este estudo:

- **Restauração Ambiental:** A recuperação de manguezais e dunas fixadoras é uma solução baseada na natureza que tem demonstrado eficácia na redução da erosão costeira. Em Estância, essas intervenções podem ser combinadas com programas comunitários de educação ambiental para engajar os moradores na conservação dos ecossistemas. (SILVA et al., 2021)
- **Infraestrutura Verde:** A criação de parques lineares costeiros e sistemas naturais de drenagem pode ajudar a absorver o impacto das ondas e reduzir os efeitos da erosão. Essas soluções também promovem benefícios adicionais, como o aumento da biodiversidade e a melhoria da qualidade do ar (BRANDÃO & CRESPO, 2016).

O ODS 6, que busca assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, é particularmente relevante em Estância. A ausência de sistemas adequados de saneamento básico em algumas áreas costeiras tem resultado no despejo in natura de esgoto em rios e estuários, comprometendo a qualidade da água e os serviços ecossistêmicos. Segundo o PMGC, "a implementação de tecnologias avançadas para tratamento de esgoto é uma prioridade para mitigar os impactos ambientais e melhorar a saúde pública" (Lei nº 2.360/2024). Nesse sentido, o projeto propõe soluções como sistemas descentralizados de tratamento de águas residuais e o uso de wetlands construídos, que são compatíveis com as metas do ODS 6.

O ODS 11, que visa tornar as cidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis, também encontra eco nas diretrizes do PMGC. A urbanização desordenada nas praias do Abaís e do Saco tem gerado conflitos territoriais e impactos ambientais significativos. O zoneamento ecológico-econômico proposto pelo PMGC busca disciplinar o uso do solo nessas áreas, promovendo a ocupação ordenada e a preservação dos ecossistemas locais. Além disso, o Projeto Orla tem desempenhado um papel importante ao identificar áreas prioritárias para intervenção, como o Molhe das Pedras, onde ações de recuperação ambiental são necessárias para garantir o acesso público às praias e proteger os habitats naturais (LIMA, 2011).

No contexto do ODS 13, que enfatiza ações urgentes contra as mudanças climáticas, o projeto propõe medidas adaptativas para aumentar a resiliência das comunidades costeiras

frente aos impactos climáticos. A elevação do nível do mar e os eventos climáticos extremos representam ameaças crescentes para Estância. O PMGC destaca a necessidade de integrar projeções climáticas no planejamento territorial e adotar soluções baseadas na natureza (SbN), como a restauração de manguezais e dunas móveis. Essas ações não apenas protegem contra a erosão costeira, mas também contribuem para a captura de carbono, alinhando-se às metas globais de mitigação climática.

O ODS 14, voltado para a conservação dos oceanos e recursos marinhos, é diretamente abordado pelas políticas locais que visam proteger os estuários e manguezais da região. Esses ecossistemas desempenham um papel crucial na manutenção da biodiversidade marinha e na sustentação das atividades pesqueiras tradicionais. O PMGC prevê ações como o monitoramento contínuo da qualidade da água nos estuários e o fortalecimento das comunidades pesqueiras locais por meio da capacitação técnica e do acesso ao crédito sustentável (Lei nº 8.634/2019).

Por fim, o ODS 15, que trata da proteção dos ecossistemas terrestres, encontra aplicação prática nas diretrizes voltadas à recuperação de áreas degradadas em Estância. A ocupação irregular em Áreas de Preservação Permanente (APPs), como dunas fixadoras e vegetação nativa, tem causado perdas significativas na biodiversidade local. O PMGC propõe ações específicas para restaurar essas áreas por meio do reflorestamento com espécies nativas e da criação de corredores ecológicos que conectem fragmentos florestais.

Embora o PMGC esteja alinhado com muitos dos princípios da Agenda 2030, algumas lacunas ainda precisam ser preenchidas para garantir sua plena conformidade com os ODS. A falta de indicadores claros para monitorar o progresso das ações propostas dificulta a avaliação dos resultados alcançados. Além disso, é necessário fortalecer a articulação entre os diferentes níveis governamentais e ampliar a participação comunitária no processo decisório. Como aponta Cavalcante et al. (2018), "a gestão integrada só será eficaz se houver uma colaboração ativa entre governos locais, sociedade civil e setor privado".

As contribuições socioambientais deste projeto são amplas. Além de promover a conservação dos ecossistemas costeiros e melhorar a qualidade ambiental das áreas urbanizadas, ele também busca reduzir as desigualdades sociais ao incluir as comunidades tradicionais no processo de planejamento territorial. A valorização dessas comunidades por meio da educação ambiental e do fortalecimento econômico é essencial para alcançar um desenvolvimento verdadeiramente sustentável.

O alinhamento do projeto com os ODS demonstra seu potencial transformador para promover um litoral mais sustentável em Sergipe. No entanto, sua eficácia dependerá da

capacidade dos gestores locais em implementar as diretrizes propostas no PMGC de forma integrada e participativa. Ao adotar uma abordagem baseada nos princípios da Agenda 2030, Estância pode se tornar um modelo para outros municípios costeiros brasileiros que enfrentam desafios semelhantes.

4.3 GOVERNANÇA E GESTÃO COMPARTILHADA NA EXPANSÃO URBANA COSTEIRA

A governança participativa e a integração comunitária são fundamentais para a expansão urbana sustentável em áreas costeiras, especialmente em contextos como o de Estância, no litoral sul de Sergipe. Este município, com sua rica diversidade ambiental e cultural, enfrenta desafios significativos relacionados à ocupação desordenada, especulação imobiliária e conflitos entre desenvolvimento econômico e conservação ambiental. A inclusão de grupos locais, como marisqueiras, pescadores artesanais, catadoras de mangaba e o trade turístico, é essencial para a construção de soluções socioambientais que respeitem as especificidades do território.

O PMGC de Estância, instituído pela Lei nº 2.360/2024, reconhece a importância da participação comunitária na gestão territorial. Essa abordagem está alinhada com os princípios da Gestão Integrada da Zona Costeira (GIZC), que enfatiza a necessidade de integrar diferentes setores e níveis de governo na gestão costeira (CICIN-SAIN & KNECHT, 1998). Contudo, a implementação prática desses princípios ainda enfrenta desafios significativos.

Os grupos locais desempenham um papel central na governança costeira em Estância. As marisqueiras e pescadores artesanais possuem um conhecimento profundo sobre os ecossistemas costeiros e suas dinâmicas. Esse saber tradicional é fundamental para a implementação de práticas sustentáveis de manejo dos recursos naturais.

As catadoras de mangaba são outro grupo essencial para a governança costeira. Sua atividade depende diretamente da preservação dos manguezais, que estão sob pressão devido à expansão urbana. A inclusão dessas mulheres nos processos decisórios pode contribuir para políticas mais sensíveis às questões de gênero e ao uso sustentável dos recursos naturais. Como observa Diegues (2001), "as comunidades tradicionais desempenham um papel crucial na conservação da biodiversidade e na promoção do desenvolvimento local sustentável".

O trade turístico também deve ser integrado à governança participativa em Estância. O turismo é uma das principais atividades econômicas do município, especialmente nas praias do Abaís e do Saco. No entanto, sua expansão desordenada tem gerado conflitos territoriais e

impactos ambientais significativos. O Projeto Orla busca harmonizar as práticas patrimoniais e ambientais com o planejamento territorial. Segundo Oliveira & Nicolodi (2012), "a gestão integrada da orla marítima é essencial para equilibrar as demandas do turismo com a conservação ambiental".

Apesar dos avanços institucionais promovidos pelo PMGC e pelo Projeto Orla, desafios significativos ainda persistem em Estância. A fragmentação institucional entre diferentes níveis de governo resulta em ações descoordenadas e ineficazes (Dias et al., 2024). Além disso, a participação comunitária enfrenta barreiras relacionadas à desigualdade de poder entre os diferentes atores envolvidos nos processos decisórios.

Outro exemplo relevante é o caso da Lagoa Santo Antônio dos Anjos (SC), onde foram implementados sistemas de pagamento por serviços ambientais que remuneraram pescadores artesanais pela adoção de práticas sustentáveis (OLIVEIRA et al., 2022). Essas experiências mostram que abordagens participativas podem promover tanto a conservação ambiental quanto o desenvolvimento econômico.

Para fortalecer a governança participativa em Estância, é necessário criar espaços efetivos de diálogo e negociação entre os diferentes atores sociais. O Conselho Municipal de Meio Ambiente (CMMA) pode desempenhar um papel central nesse processo ao reunir representantes do poder público, da sociedade civil organizada e das comunidades locais. Além disso, é fundamental promover a capacitação técnica das comunidades locais em temas como legislação ambiental, gestão territorial e monitoramento participativo. Como argumenta Arnstein (1969), "a verdadeira participação cidadã ocorre quando há redistribuição real de poder entre os diferentes atores sociais".

A integração dos conhecimentos tradicionais com o saber técnico-científico também deve ser uma prioridade. A experiência do Mandira demonstra que essa abordagem pode resultar em estratégias mais efetivas e legitimadas de gestão territorial (DIAS et al., 2024). Outro fator preponderante é a ação de revegetação e a recuperação ambiental, pois desempenham papéis fundamentais na mitigação dos impactos causados pela ocupação desordenada e pela erosão costeira em áreas como Estância, no litoral sul de Sergipe. A revegetação de dunas e áreas degradadas com espécies nativas, como vegetação de restinga, não apenas estabiliza o solo, mas também contribui para a proteção contra o avanço do mar. Segundo Silva et al. (2016), "a recuperação de dunas vegetadas é uma estratégia eficaz para aumentar a resiliência das zonas costeiras frente aos impactos das mudanças climáticas". Na Praia do Saco, a implementação de programas de reflorestamento voltados para a recuperação de manguezais e dunas fixadoras poderia atuar como uma barreira natural contra a erosão.

Além disso, o reordenamento urbano surge como uma medida indispensável para enfrentar os desafios impostos pela expansão imobiliária desordenada em Estância. A criação de Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) pode garantir maior segurança jurídica para as comunidades locais e promover um planejamento territorial que respeite as especificidades ambientais da região. A delimitação de faixas de recuo para construções leves e pesadas é outra estratégia que pode ser adotada para evitar novos danos às estruturas existentes. Estudos realizados por Santos et al. (2021) destacam que "a implementação de faixas de recuo associadas à recuperação ambiental pode reduzir significativamente os danos causados pela erosão costeira".

A integração dessas medidas com políticas públicas voltadas ao ordenamento territorial é essencial para garantir um desenvolvimento sustentável na região. O PMGC de Estância já estabelece diretrizes importantes nesse sentido, mas sua eficácia depende da articulação entre diferentes níveis governamentais e da inclusão ativa das comunidades locais nos processos decisórios. Como observado por Oliveira et al. (2022), "a participação comunitária é indispensável para legitimar as políticas públicas e assegurar sua eficácia no longo prazo". Dessa forma, a combinação entre revegetação, recuperação ambiental e reordenamento urbano pode não apenas mitigar os impactos da ocupação desordenada, mas também promover um equilíbrio entre desenvolvimento econômico e conservação ambiental em Estância.

Ademais, governança participativa na expansão urbana costeira em Estância requer uma abordagem integrada que valorize os saberes locais, promova o diálogo entre diferentes setores da sociedade e articule ações entre os diversos níveis governamentais. Ao incluir grupos como marisqueiras, pescadores artesanais, catadoras de mangaba e o trade turístico nos processos decisórios, é possível avançar em direção a um modelo mais inclusivo e sustentável de desenvolvimento territorial.

5. METODOLOGIA

A metodologia deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi estruturada para abordar de forma abrangente os impactos da urbanização desordenada e da erosão costeira no litoral sul de Sergipe, com foco nas praias do Saco e Abaís, no município de Estância. A pesquisa seguiu uma abordagem qualiquantitativa, dividida em etapas que incluíram revisão bibliográfica, visitas técnicas aos locais de estudo, coleta de dados em campo e análise crítica dos resultados obtidos.

5.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A primeira etapa consistiu na revisão da literatura científica sobre temas relacionados à erosão costeira, urbanização desordenada e gestão ambiental em zonas costeiras. Foram utilizados documentos como artigos científicos, relatórios técnicos e legislações ambientais. Entre as principais referências utilizadas estão os estudos de Santos et al. (2021), que analisaram a eficiência das faixas de recuo no litoral sul de Sergipe, e Silva et al. (2016), que destacaram a vulnerabilidade das praias sergipanas aos processos erosivos. Além disso, foram consultados documentos como a Resolução nº 218/73 do Confea, que define as atribuições do engenheiro civil em obras costeiras, e o Programa Nacional para Conservação da Linha de Costa (PROCOSTA), que fornece diretrizes para o planejamento costeiro no Brasil.

5.2 VISITAS TÉCNICAS

As visitas técnicas foram realizadas nas praias do Saco e Abaís com o objetivo de observar in loco os impactos da erosão costeira e da ocupação desordenada. Durante as visitas, foram coletados dados sobre a presença de dunas e vegetação nativa, as estruturas antrópicas existentes e os sinais visíveis de erosão. Registros fotográficos foram feitos para documentar as condições locais, incluindo áreas onde estruturas foram danificadas ou destruídas pelo avanço do mar.

Na Praia do Saco, foi observada a destruição parcial ou total de edificações situadas próximas à linha de costa, incluindo residências e estruturas turísticas. Um exemplo emblemático foi o desabamento de uma residência em setembro de 2024 devido ao comprometimento estrutural causado pela erosão (SANTOS et al., 2021). Na Praia do Abaís, verificou-se a destruição parcial da praça central por eventos extremos associados à ação das ondas durante mares de tempestade (SILVA et al., 2016).

Além disso, foram realizadas entrevistas informais com moradores locais, pescadores artesanais e representantes do trade turístico para compreender a percepção socioambiental sobre os impactos da erosão costeira. Esses relatos forneceram informações valiosas sobre as mudanças na dinâmica costeira ao longo dos anos e sobre as dificuldades enfrentadas pelas comunidades locais.

5.3 COLETA DE DADOS EM CAMPO

A coleta de dados incluiu medições da linha de costa utilizando a ferramenta Google Earth para identificar áreas críticas sujeitas à erosão. Também foram aplicados geoindicadores

para avaliar a vulnerabilidade das praias do Saco e Abaís. Os indicadores analisados incluíram: posição da linha de costa, presença de dunas, vegetação nativa e estruturas costeiras. Os dados coletados foram complementados por imagens de satélite obtidas do software Google Earth Pro. Essas imagens permitiram mapear mudanças na linha de costa ao longo das últimas décadas e identificar áreas prioritárias para intervenção.

5.4 ANÁLISE CRÍTICA

Os dados coletados foram analisados com base nas diretrizes da Agenda 2030 da ONU, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) relacionados à gestão ambiental costeira. O foco principal esteve nos ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), 14 (Vida na Água) e 15 (Vida Terrestre), que promovem o equilíbrio entre desenvolvimento urbano e conservação ambiental. A análise buscou compreender a eficácia das políticas públicas existentes na proteção das zonas costeiras e o papel do engenheiro civil na implementação de soluções técnicas que respeitem os limites ecológicos.

Estudos como o de Santos et al. (2021) demonstraram que medidas como faixas de recuo poderiam ter evitado muitos dos danos causados pela erosão costeira nas praias investigadas. No entanto, a ausência dessas medidas reflete falhas no planejamento territorial que precisam ser corrigidas para garantir a sustentabilidade das áreas litorâneas. Assim, o estudo reforça a importância de alinhar ações locais aos compromissos globais da Agenda 2030, promovendo soluções integradas que atendam às necessidades socioeconômicas enquanto preservam os ecossistemas costeiros.

5.5 ETAPAS COMPLEMENTARES

1. **Propostas Técnicas:** Com base nos resultados, foram elaboradas propostas técnicas voltadas à mitigação dos impactos observados. Essas propostas incluem a implementação de faixas de recuo para construções leves e pesadas, a recuperação ambiental por meio do reflorestamento com espécies nativas e a instalação de sistemas naturais para contenção da erosão.
2. **Validação dos Dados:** Os resultados foram comparados com estudos anteriores realizados na região para validar as metodologias empregadas e identificar lacunas que possam orientar pesquisas futuras.

A metodologia adotada neste TCC permitiu uma análise detalhada dos impactos da urbanização desordenada e da erosão costeira nas praias do Saco e Abaís, fornecendo subsídios técnicos para pesquisas mais aprofundadas dessas áreas. A integração entre revisão bibliográfica, visitas técnicas e análise crítica garantiu uma abordagem abrangente que combina ciência técnica com práticas participativas.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 ANÁLISE COM IMAGENS DE SATÉLITE

O Google Earth Pro foi uma ferramenta essencial para a análise com imagens de satélite da região da Praia do Saco, permitindo uma avaliação detalhada dos impactos causados pelo avanço do mar e pela ocupação desordenada ao longo do tempo. Através da funcionalidade de régua do software, foi possível medir com precisão as alterações na linha de costa e as mudanças na extensão das dunas ao longo de diferentes períodos. Essa análise permitiu criar um ordenamento cronológico das transformações ocorridas na área, evidenciando o recuo progressivo da linha de costa em setores mais vulneráveis e a redução das áreas de dunas vegetadas. Além disso, a ferramenta possibilitou a comparação de imagens históricas com as mais recentes, destacando os efeitos cumulativos da erosão costeira e da urbanização desordenada. Os dados obtidos com o Google Earth Pro foram fundamentais para subsidiar a identificação das áreas mais críticas e orientar propostas de intervenção que conciliam preservação ambiental e planejamento urbano sustentável. A divisão foi feita em três pontos principais, e estão detalhados a seguir:

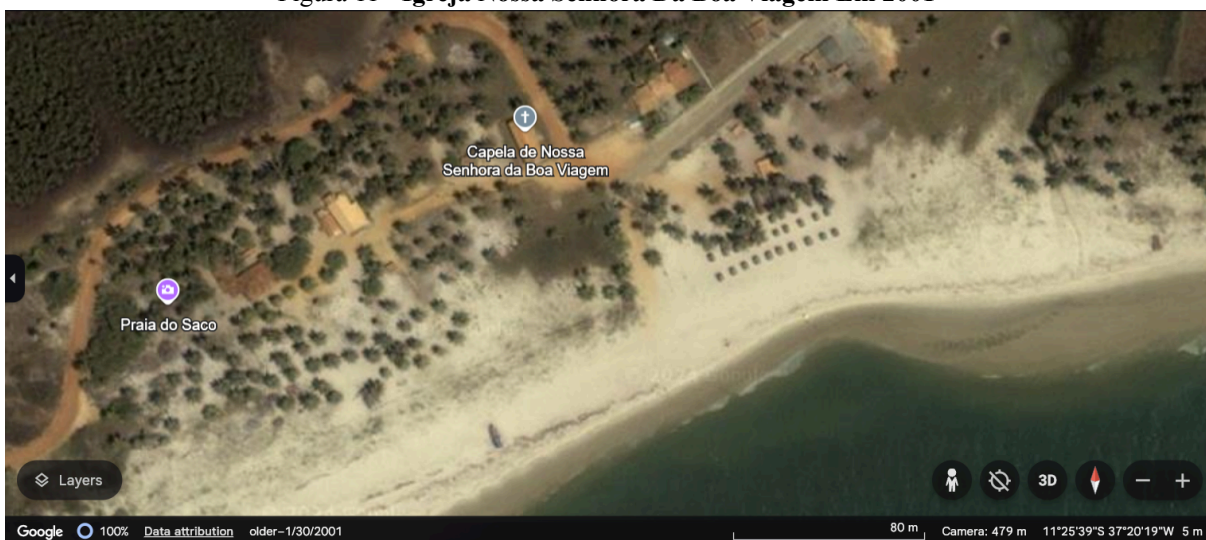
6.1.1 Capela de Nossa Senhora da Boa Viagem

A análise realizada na Praia do Saco, localizada no município de Estância, Sergipe, com foco na área da Capela de Nossa Senhora da Boa Viagem, gerou resultados significativos sobre os impactos do avanço do mar ao longo das últimas duas décadas. Por meio de imagens de satélite obtidas no Google Earth Pro, foi possível realizar uma análise detalhada utilizando a ferramenta de medição "régua", que apresenta precisão planimétrica adequada para escalas de 1:5000 em áreas urbanizadas e 1:10000 em áreas não urbanizadas. Com base nas medições realizadas nas Imagens 11, 12 e 13, constatou-se que, entre os anos de 2001 e 2024, o mar avançou aproximadamente 115 metros em direção à área costeira.

Esse dado evidencia um processo intenso de erosão costeira na região, com impactos diretos sobre o patrimônio histórico e as infraestruturas locais. A Capela de Nossa Senhora da

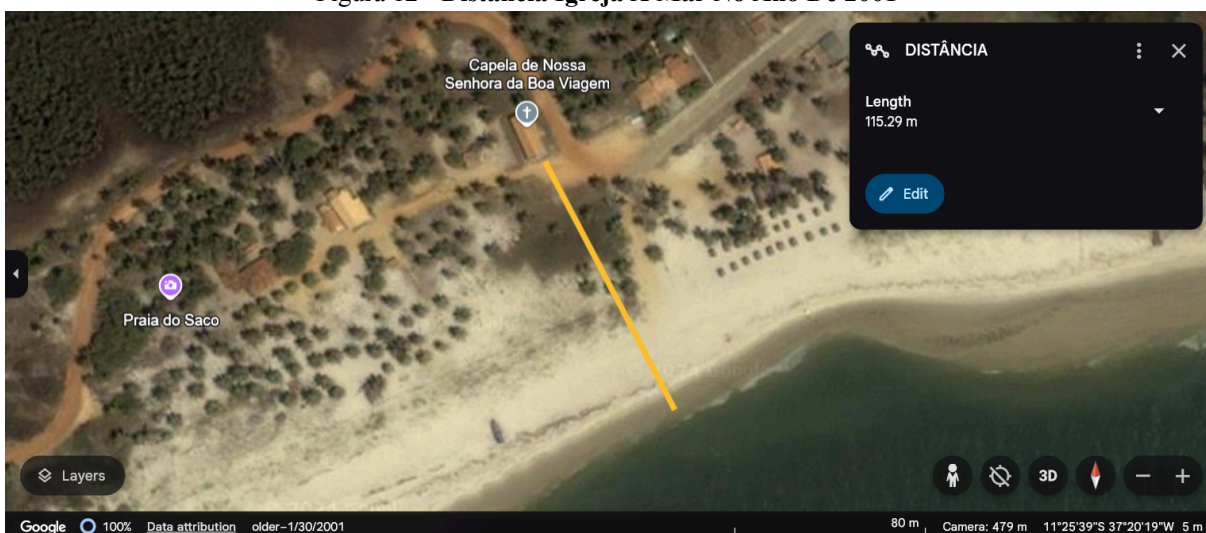
Boa Viagem, um marco cultural e religioso da comunidade, encontra-se ameaçada pela proximidade crescente da linha de costa. Essa análise cronológica permitiu identificar as áreas mais críticas e fornecer subsídios para o planejamento de intervenções que possam mitigar os danos causados pelo avanço do mar, além de destacar a necessidade urgente de medidas integradas para a gestão costeira sustentável.

Figura 11 - Igreja Nossa Senhora Da Boa Viagem Em 2001



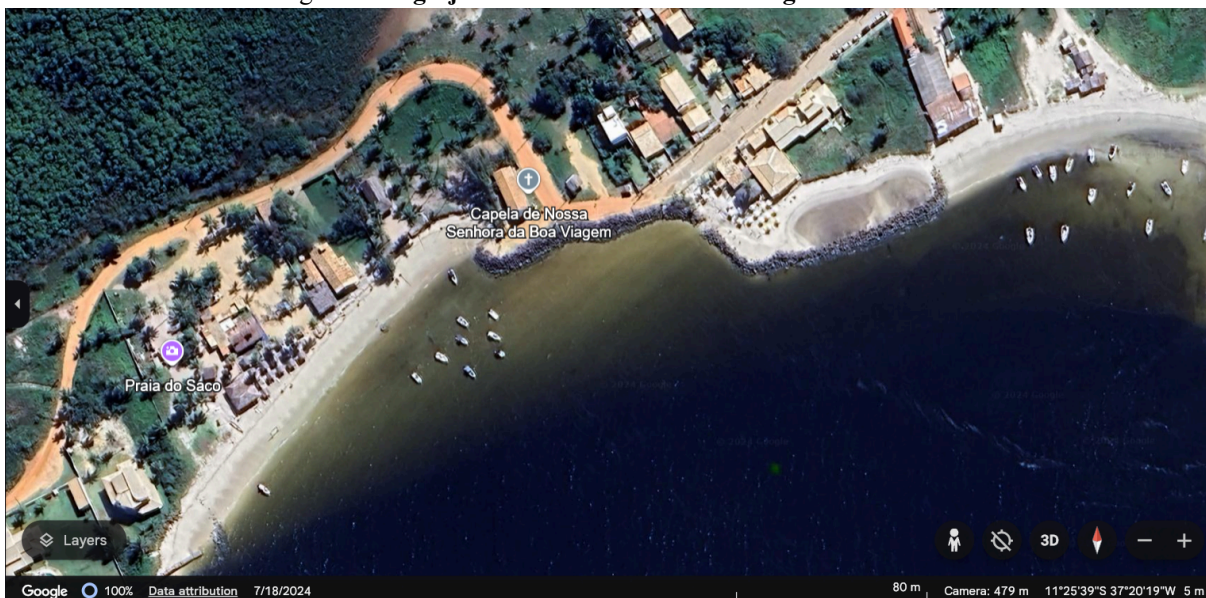
Fonte: Google Earth, 2024.

Figura 12 - Distância Igreja X Mar No Ano De 2001



Fonte: Google Earth, 2024.

Figura 13 - Igreja Nossa Senhora Da Boa Viagem Em 2024



Fonte: Google Earth, 2024.

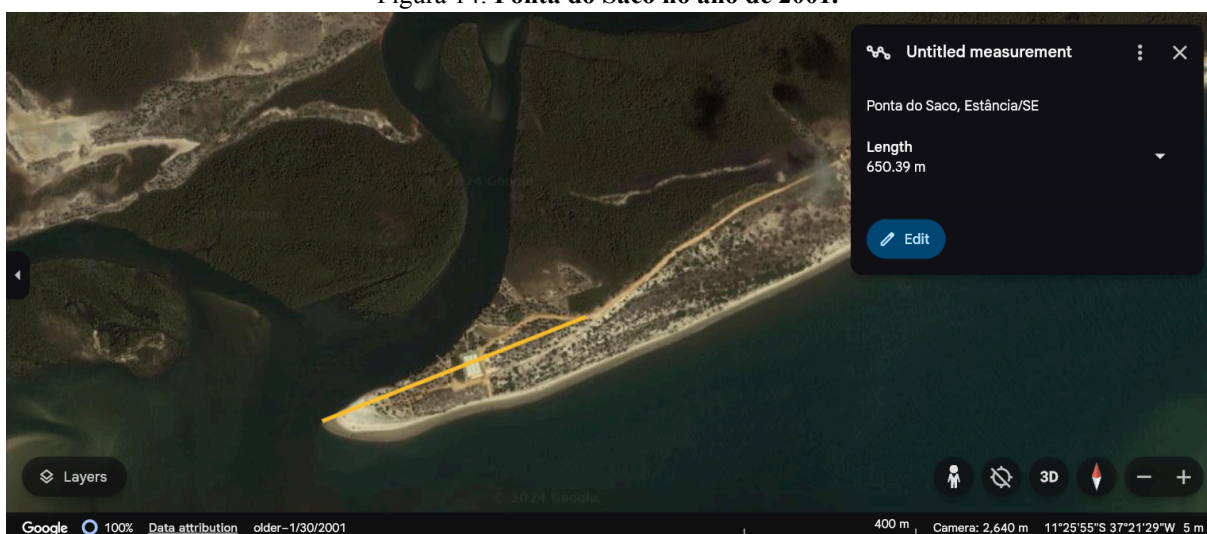
A Capela de Nossa Senhora da Boa Viagem, localizada próxima à linha de costa, é um marco histórico e cultural da comunidade local. Contudo, a partir da Figura 12 a proximidade com o mar tornou-se uma preocupação crescente devido à vulnerabilidade da estrutura frente ao avanço das águas. A análise comparativa da Figura 11 de 2001 e Figura 13 de 2024 destaca a redução significativa da faixa de areia que separava a igreja do oceano, indicando que a erosão costeira pode comprometer não apenas o patrimônio cultural, mas também as atividades econômicas e sociais ligadas ao turismo e à pesca, em 2025 a distância da Igreja para o Mar é de apenas 10 metros.

Esse estudo faz parte de uma proposta mais ampla que visa monitorar e mitigar os impactos da erosão costeira em áreas críticas do litoral sergipano. A utilização da ferramenta de medição do Google Earth demonstrou ser essencial para quantificar as mudanças espaciais na linha de costa ao longo do tempo. Os resultados obtidos reforçam a necessidade urgente de implementar medidas de gestão costeira integrada, como barreiras artificiais supracitadas no referencial teórico deste projeto, em especial os enrocamentos, espigões e *setback zones*, para conter o avanço do mar e proteger tanto os recursos naturais quanto os bens culturais da região. O histórico dos últimos 20 anos da área em torno da Capela reflete a interação entre as dinâmicas naturais e as pressões antrópicas. A capela tem resistido como símbolo religioso e cultural por gerações, mas agora enfrenta desafios impostos pelas mudanças climáticas e pela intensificação dos processos erosivos. Este trabalho fornece subsídios para futuras ações que promovam a sustentabilidade e conservação desse importante patrimônio.

6.1.2 Ponta Do Saco

A análise da Ponta do Saco, localizada no município de Estância/SE, revela um cenário alarmante de erosão costeira que tem transformado a paisagem ao longo das últimas décadas. As Figuras 14 e 15, obtidas por meio do Google Earth, evidenciam mudanças significativas na linha de costa entre os anos de 2001 e 2024. A figura 14, mostra por meio da ferramenta de medição utilizada que, no período de 20 anos, o mar avançou expressivamente sobre a área terrestre, resultando em uma perda de aproximadamente 600 metros de faixa litorânea.

Figura 14: Ponta do Saco no ano de 2001.



Fonte: Google Earth, 2024.

Figura 15 : Ponta do Saco em 2024



Fonte: Google Earth, 2024.

A Ponta do Saco é caracterizada por sua relevância ambiental e socioeconômica. Trata-se de uma área com ecossistemas costeiros sensíveis, como manguezais e restingas, que

desempenham papel crucial na proteção contra a erosão e na manutenção da biodiversidade local. Além disso, a região é conhecida por sua importância para atividades turísticas e pesqueiras, que são diretamente impactadas pelas mudanças na configuração da costa.

A figura 15 comparativa mostra que a erosão não apenas reduziu a faixa de areia disponível para uso recreativo e econômico, mas também colocou em risco infraestruturas próximas à costa. A proximidade crescente do mar às áreas habitadas ou utilizadas pela população local destaca a vulnerabilidade da região frente às dinâmicas naturais intensificadas por fatores antrópicos, como ocupação irregular e mudanças climáticas.

Outro ponto relevante é que o Rio Real, que deságua próximo à Ponta do Saco, também influencia as dinâmicas costeiras locais. A interação entre o rio e o mar cria um ambiente dinâmico, mas ao mesmo tempo frágil, onde alterações no fluxo fluvial ou no regime das marés podem acelerar processos erosivos.

6.1.3 Praia Do Saco - Área Dos Bares

A área dos bares na Praia do Saco, em Sergipe, apresenta um cenário crítico de transformação costeira ao longo das últimas décadas. As imagens analisadas, as figuras 16, 17 e 18, datadas de 2001 e 2024, mostram um avanço significativo do mar, que reduziu drasticamente a faixa de areia e impactou diretamente as estruturas comerciais e recreativas localizadas na área. Com o uso da ferramenta de medição do Google Earth, foi possível verificar que a distância entre os bares e o mar diminuiu consideravelmente, chegando em até 98 metros em alguns pontos como evidencia a Figura 18, evidenciando a vulnerabilidade da área frente à erosão costeira, como mostra a Figura 16.

Figura 16: Praia do Saco - Áreas dos bares em 2024



Fonte: Google Earth, 2024.

Figura 17: Praia do Saco - Áreas dos bares em 2001



Fonte: Google Earth, 2024.

Figura 18: Praia do Saco - Áreas dos bares em 2001



Fonte: Google Earth, 2024.

Essa área é caracterizada por sua intensa atividade turística, com bares e quiosques que servem como ponto de encontro para moradores e visitantes. No entanto, o avanço do mar, como apresenta a Figura 16, compromete não apenas a infraestrutura desses estabelecimentos, mas também a segurança dos frequentadores e a atratividade da praia como destino turístico. A proximidade das construções com o mar tornou evidente a necessidade de medidas urgentes para mitigar os impactos da erosão. Entre as possíveis soluções para conter o avanço do mar na área dos bares, destacam-se:

Quadro 05 - Soluções contra o avanço do mar.

Construção de barreiras artificiais: Estruturas como quebra-mares ou enrocamentos podem ajudar a dissipar a energia das ondas e proteger a linha de costa. (FARIA, 2024)
Revegetação e recuperação ambiental: Plantio de espécies nativas para estabilizar o solo e reduzir os efeitos da erosão (MONTEIRO E EMERIM, 2020).
Reordenamento urbano: Realocação das construções mais próximas ao mar para áreas menos vulneráveis, garantindo maior segurança. (LOPES et al., 2018)
Engenharia costeira sustentável: Técnicas como alimentação artificial da praia (<i>beach nourishment</i>) ou engorda, que consiste em adicionar areia à faixa litorânea para ampliar sua extensão. (PEREIRA et al., 2025)

Fonte: o autor, 2025

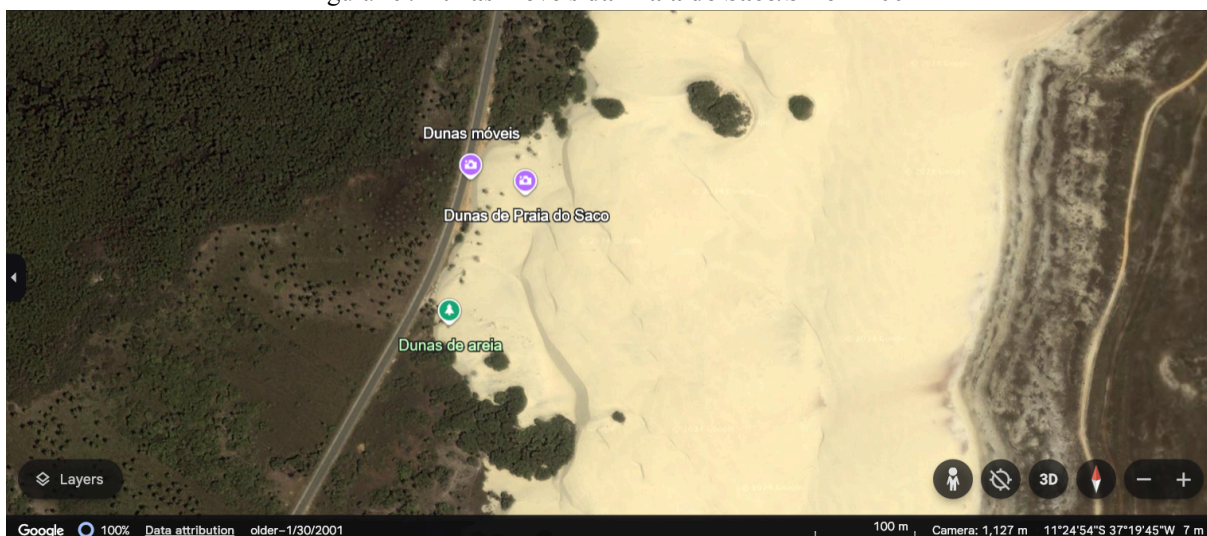
Os resultados das análises da situação apontam para a importância de uma gestão integrada da zona costeira. A análise detalhada da região dos bares evidencia que as intervenções devem considerar tanto as características ambientais quanto às necessidades socioeconômicas locais. A preservação da atividade turística é essencial para a economia da Praia do Saco; entretanto, ela deve ser conciliada com ações que garantam a sustentabilidade ambiental e a proteção contra os impactos das mudanças climáticas. A situação atual exige um planejamento estratégico que envolva não apenas ações emergenciais, mas também soluções de longo prazo que promovam o equilíbrio entre desenvolvimento econômico e conservação ambiental. A área dos bares é um exemplo claro de como a ocupação desordenada e as dinâmicas naturais podem interagir, gerando desafios complexos que demandam respostas integradas e eficazes.

6.1.4 Dunas Móveis Da Praia Do Saco / Praia Das Dunas

As Figuras 19 e 20, registram a análise da região das dunas na Praia do Saco, que evidencia um avanço significativo das dunas móveis em direção à vegetação nativa e às áreas adjacentes. Esse processo é resultado tanto das dinâmicas naturais quanto de intervenções humanas, como a retirada de vegetação para ocupação ou atividades econômicas e turísticas.

A comparação das imagens revela que as dunas avançam gradualmente, alterando a paisagem e comprometendo a estabilidade do ecossistema local.

Figura 19: **Dunas móveis da Praia do Saco/SE em 2001**



Fonte: Google Earth, 2024.

Figura 20: **Dunas móveis da Praia do Saco/SE**



Fonte: Google Earth, 2024.

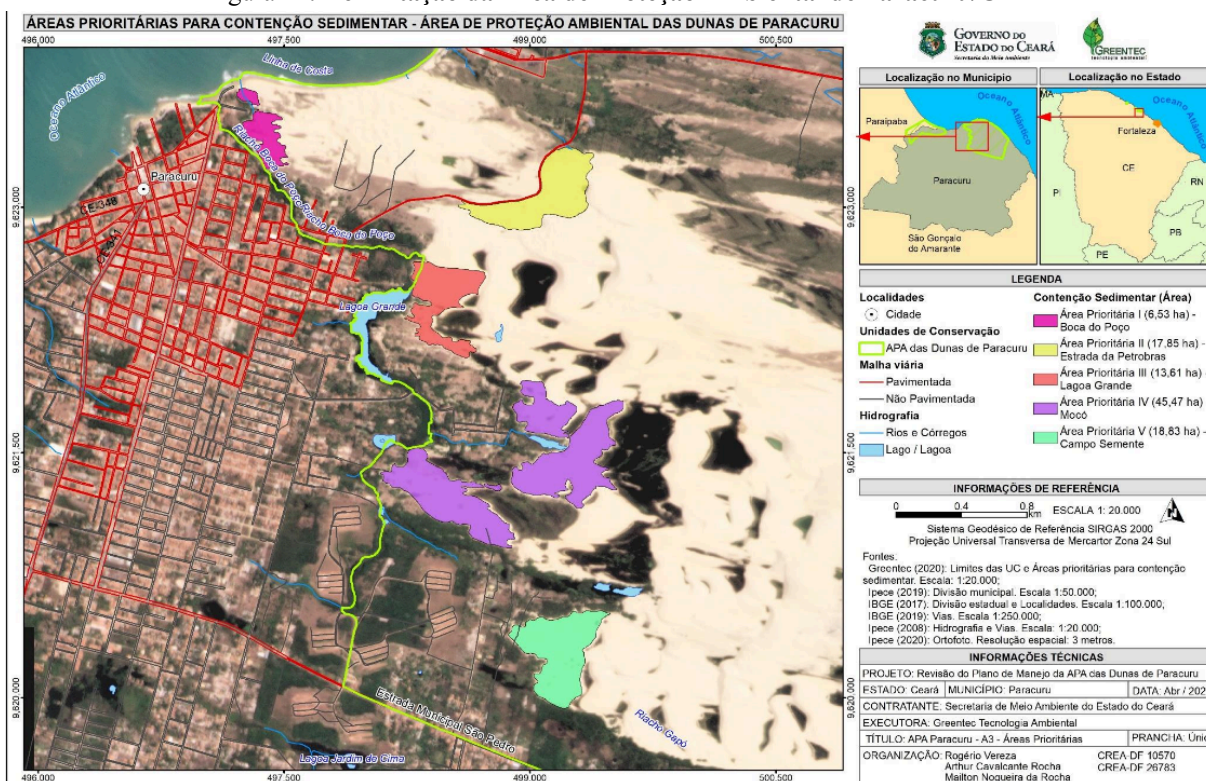
As dunas móveis desempenham um papel essencial na proteção da costa contra o avanço do mar, mas seu deslocamento descontrolado pode causar impactos negativos, como o soterramento de áreas vegetadas e o aumento da vulnerabilidade de infraestruturas próximas. A interação entre as dunas e os ventos predominantes intensifica o processo de migração, especialmente em áreas onde a cobertura vegetal foi reduzida.

Para mitigar os impactos e controlar o avanço das dunas, engenheiros civis podem projetar e implementar soluções sustentáveis que respeitem as legislações vigentes, como o

Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) e as diretrizes do zoneamento costeiro. Algumas propostas incluem:

Estabilização com vegetação nativa: O plantio de espécies adaptadas à região, como gramíneas costeiras e arbustos resistentes ao sal, pode ajudar a fixar as dunas e reduzir sua mobilidade. A Figura 21, mostra o estudo do plano de manejo da área de proteção Ambiental de Paracuru (GOVERNO DO CEARÁ, 2022), as áreas em verde, roxo, vermelho e amarelo, são as que vão receber a vegetação nativa, em especial folhas de coqueiros.

Figura 21: Delimitação da Área de Proteção Ambiental de Paracuru/CE



Fonte: Governo do Ceará, 2022.

Na figura 22, pode-se observar que as dunas da Praia do Saco já sobrepõem trechos da Rodovia Airton Sena, necessitando a retirada do excesso de areia em vários períodos. A linha azul, delimita a área de revegetação a ser implementada na localidade, à exemplo do projeto de manejo do Governo do Estado do Ceará. Esta técnica, se empreendida na localidade pode também criar zonas de amortecimento: com foco em delimitar áreas específicas para o deslocamento natural das dunas, evitando que avancem sobre infraestruturas ou ecossistemas sensíveis, como visto na

Figura 22: Máquinas retirando excesso de areia das dunas móveis da Praia do Saco/SE



Fonte: Governo de Sergipe, 2024.

6.2 ENGORDA DA ORLA DA PRAIA DO SACO (ANÁLISE PRELIMINAR)

A análise técnica sobre a viabilidade de uma possível engorda na Praia do Saco, Sergipe, aponta que esta intervenção pode ser uma solução para mitigar o avanço do mar e a erosão costeira, problemas já identificados na área. No entanto, tal projeto exige um planejamento detalhado, considerando custos, impactos ambientais, e a viabilidade técnica.

O Quadro 06, apresenta dados financeiros das engordas mais atuais, a análise dos dados apresentados revela diferenças significativas nos custos e extensões das obras de engorda da faixa de areia em diferentes localidades do Brasil. O custo por quilômetro varia amplamente entre os projetos, refletindo as especificidades técnicas, logísticas e ambientais de cada região.

Quadro 06: **Dados econômicos utilizando a técnica de engorda no Brasil.**

LOCAL	MOTIVO	CUSTO (M)	EXTENSÃO
Praia de Ponta Negra (RN)	ALARGAR A FAIXA DE AREIA DA ORLA	R\$ 107 milhões	4,6 KM
Balneário Camboriú (SC)	ALARGAR A FAIXA DE AREIA DA ORLA	R\$ 66,8 milhões	5,8 KM
Praia de Matinhos (PR)	ALARGAR A FAIXA DE AREIA DA ORLA	R\$314,9 milhões	6,3 KM
Praia de Iracema (Ceará)	ALARGAR A FAIXA DE AREIA DA ORLA	R\$ 58,5 milhões	2 KM

Fonte: Prefeitura de Natal, 2025; Prefeitura de Balneário Camboriú, 2021; Prefeitura de Matinhos, 2022; Prefeitura de Fortaleza, 2015.

Os dados mostram que o custo por quilômetro varia significativamente entre as localidades, influenciado por fatores como logística, disponibilidade de sedimentos compatíveis e condições ambientais locais. Balneário Camboriú destaca-se pelo menor custo por quilômetro e pelo impacto positivo no turismo, enquanto Matinhos apresenta o maior custo devido às complexidades técnicas envolvidas. Essas obras representam importantes intervenções no contexto da engenharia costeira sustentável e reforçam a necessidade de planejamento detalhado para garantir que os investimentos tragam benefícios socioeconômicos e ambientais duradouros. Esses valores indicam que o custo por quilômetro pode variar entre R\$ 10 milhões e R\$ 50 milhões, dependendo das especificidades locais. Para a Praia do Saco, seria necessário um estudo preliminar para estimar os custos com base na extensão da área afetada e na disponibilidade de jazidas de areia próximas.

O QUADRO 07, apresenta outros exemplos no Brasil, com informações sobre localidade, extensão e ano de execução.

Quadro 07 - Dados das engordas no Brasil.

CIDADE	PRAIA	EXTENSÃO (KM)	ANO
Balneário Piçarras (SC)	Piçarras	2,2	1998, 2008, 2012
Fortaleza (CE)	Iracema, Beira-Mar	2	2000, 2019
Rio de Janeiro (RJ)	Praia de Sepetiba	1,73	2010
Balneário Piçarras (SC)	Piçarras	2,2	1998, 2008, 2012
Fortaleza (CE)	Iracema, Beira-Mar	2	2000, 2019
Rio de Janeiro (RJ)	Praia de Sepetiba	1,73	2010
Conceição da Barra (ES)	Praia da Bugia	1,7	2010
Jaboatão dos Guararapes (PE)	de Candeias a Barra de Jangada	5,9	2013
Vitória (ES)	Curva da Jurema, Camburi	1,61	2020
Balneário Camboriú (SC)	Central	5,6	2021
Matinhos (PR)	do Canal da Av. Paraná ao Balneário Flórida	6,3	2022
Guarapari (ES)	Meaípe	3,3	2023
Florianópolis (SC)	Dos Ingleses, Canasvieiras e Jurerê	8,47	2020, 2023, 2024
	Total	38,81	

Fonte: o autor, 2025.

Esses exemplos demonstram que o método é amplamente utilizado para conter a erosão costeira e promover o turismo. Contudo, também revelam desafios relacionados à manutenção e aos impactos ambientais, somente no Brasil a técnica de engorda já foi utilizada em mais de 38 km de extensão de praias.

6.2.1 Prós e Contras do Método Construtivo

A engorda da faixa de areia é uma técnica amplamente utilizada em regiões costeiras para mitigar os impactos da erosão e revitalizar áreas turísticas. No entanto, a análise dos prós e contras dessa estratégia revela que, apesar de seus benefícios, existem desafios significativos associados à sua implementação, como é mostrado no Quadro 08.

Quadro 08: Prós e contras da Engorda

PRÓS	CONTRAS
Ampliação da faixa de areia: Proporciona maior espaço para lazer e turismo.	Impactos ambientais: Alteração no ecossistema marinho, soterramento da fauna e aumento da turbidez da água.
Valorização imobiliária: Imóveis próximos à orla tendem a ser mais valorizados após a intervenção.	Custo elevado: Os altos custos iniciais podem ser empecilhos para municípios pequenos.
Proteção contra erosão: Reduz temporariamente os impactos do avanço do mar.	Manutenção contínua: A necessidade de reposição periódica da areia gera custos recorrentes.
Adaptação ao turismo: Aumenta a capacidade da praia para receber visitantes durante a alta temporada.	Mudanças hidrodinâmicas: Pode causar erosão em áreas vizinhas ou criar desníveis perigosos na praia.

Fonte: BIANCINI et al., 2024

Entre os pontos positivos, destaca-se a ampliação da faixa de areia, que não apenas melhora o espaço disponível para atividades recreativas e turísticas, mas também contribui para a valorização imobiliária das áreas próximas à orla. Além disso, essa técnica oferece proteção temporária contra o avanço do mar, reduzindo os impactos diretos da erosão costeira em infraestruturas urbanas e naturais. Por fim, ao aumentar a capacidade das praias para receber visitantes durante períodos de alta temporada, a engorda impulsiona o turismo local, gerando benefícios econômicos significativos.

Por outro lado, os impactos ambientais são uma preocupação central dessa técnica. O soterramento de habitats marinhos e o aumento da turbidez da água podem comprometer

ecossistemas costeiros sensíveis. Além disso, os custos elevados das obras iniciais podem ser proibitivos para municípios menores ou com orçamento limitado. Outro desafio é a necessidade de manutenção contínua, já que a reposição periódica de sedimentos é essencial para garantir a eficácia do projeto no longo prazo.

Portanto, embora a engorda da faixa de areia ofereça benefícios importantes para regiões costeiras, sua aplicação requer um planejamento detalhado que leve em consideração tanto os aspectos econômicos quanto os ambientais. A integração entre ciência técnica e governança participativa é essencial para garantir que essa estratégia seja sustentável e adaptada às especificidades locais. Desta forma, Santos et al (2021) ao levar em consideração as características da Praia do Saco, preconiza-se uma faixa de *setback* 30 ou 60 vezes a variação anual da erosão, neste caso, esta área tem forte impacto na taxa de erosão tanto na parte oceânica (acréscimo de 7,3 m/ano) quanto na estuarina (decréscimo de 5,6 m/ano), assim, este trabalho é fundamentado na hipótese que a taxa de erosão na praia do saco é definida pela sua soma, que resulta em 1,7 m/ano, ao levar em consideração os estudos sobre *Setback Zones*, para fim de cálculos iniciais, multiplica-se 30 por 1,7 e obtém-se uma faixa de engorda de no mínimo 51 metros e máximo (multiplicando por 60) de 102 metros.

A partir deste estudo, foi possível realizar uma projeção visual de como ficaria uma possível engorda na Praia do Saco. A figura 23 ilustra a proposta de engorda da faixa de areia na Praia do Saco, localizada no município de Estância, Sergipe. A intervenção projetada visa ampliar a faixa litorânea em até 70 metros em alguns pontos mais críticos, em um total de 3,6 km de extensão, conforme indicado na figura 23. Essa ampliação não apenas proporcionará maior espaço para atividades recreativas e turísticas, mas também atuará como uma barreira natural contra o avanço do mar, protegendo infraestruturas existentes, como a Capela de Nossa Senhora da Boa Viagem, que é um patrimônio histórico ameaçado pela erosão costeira.

Figura 23 - Projeção Engorda na Praia do Saco



Fonte: Google Earth Pro, 2025.

A estratégia de engorda proposta está alinhada com práticas sustentáveis de engenharia costeira, como o *beach nourishment*, amplamente utilizado em regiões costeiras vulneráveis no Brasil e no exterior. O método consiste na adição controlada de sedimentos compatíveis com a granulometria da praia original, garantindo que a nova faixa de areia seja integrada à dinâmica sedimentar local, estima-se que haverá um ganho de área em aproximadamente 195000m^2 , outro detalhe importante a ser exposto é o volume de areia necessário para realizar a obra, considerando uma altura da engorda de $2,5\text{m}$ e ao multiplicar pela área pondera-se a demanda de no mínimo 487500m^3 de areia para executar a técnica, em face disso observa-se a vasta disponibilidade do material no seu entorno. No caso da Praia do Saco, essa técnica pode ser combinada com a revegetação das áreas adjacentes para estabilizar os sedimentos e aumentar a resiliência da região frente aos impactos das mudanças climáticas.

Além disso, a projeção considera a criação de uma linha de costa mais ampla e uniforme, o que pode facilitar o ordenamento urbano e reduzir os conflitos entre ocupação humana e preservação ambiental. A implementação dessa proposta contribuirá para mitigar os danos causados pela erosão costeira e para revitalizar economicamente a região por meio do fortalecimento do turismo. Contudo, é fundamental que o projeto seja acompanhado por monitoramento contínuo para avaliar sua eficácia e minimizar possíveis impactos ambientais adversos.

6.3 MODELO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL PARA EXPANSÃO URBANA EM ÁREAS COSTEIRAS NO LITORAL DE SERGIPE

A seguir, é apresentado um checklist técnico que pode ser utilizado por engenheiros civis, gestores públicos e a sociedade civil para implementar soluções sustentáveis na expansão urbana e gestão integrada das áreas costeiras, com foco na Praia do Saco, município de Estância, Sergipe. Este modelo considera as legislações vigentes, as condições socioambientais locais e as técnicas mais adequadas para minimizar impactos ambientais e sociais. A fim de apresentar o modelo de checklist elaborado, a planilha excel que poderá ser ajustada de acordo com as necessidades e prazos estarão dispostas no Apêndice A.

O primeiro tópico da planilha, Diagnóstico Ambiental e Social, surgiu a partir da necessidade identificada pela pesquisa de mapear áreas vulneráveis à erosão costeira, avanço do mar e movimentação das dunas móveis. A utilização recomendada de ferramentas como Google Earth e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) reflete a metodologia aplicada no estudo original, que utilizou essas tecnologias para análise visual e identificação das áreas mais críticas.

O item Estudo de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) foi incluído devido à importância destacada no trabalho acadêmico sobre a necessidade de realizar estudos detalhados antes de qualquer intervenção urbana ou infraestrutura, visando identificar impactos potenciais e propor medidas mitigadoras adequadas.

A etapa de Consulta Pública e Participação Comunitária é fruto da constatação do estudo sobre a importância da governança participativa na gestão costeira. A pesquisa destaca que audiências públicas são essenciais para envolver a população local nas decisões sobre o uso sustentável da costa, garantindo que as intervenções sejam legitimadas socialmente.

O Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEEC) foi incorporado ao checklist com base nas diretrizes do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), mencionado na pesquisa como instrumento fundamental para delimitar Áreas de Preservação Permanente (APPs) e zonas urbanizáveis. O estudo reforça que o ZEEC é uma ferramenta essencial para prevenir ou mitigar os impactos negativos da urbanização desordenada.

A definição das *Setback Zones*, ou faixas não edificáveis, surge diretamente das recomendações do Integrated Coastal Zone Management (ICZM), enfatizadas pela pesquisa como estratégia eficaz para proteger infraestruturas contra a erosão costeira. A distância mínima sugerida na planilha (51 metros) é baseada nas melhores práticas internacionais identificadas durante o estudo.

A proposta da Engorda Artificial da Praia (*Beach Nourishment*) tem origem nos casos estudados em Balneário Camboriú (SC) e Fortaleza (CE), onde essa técnica apresentou resultados positivos na recuperação das praias afetadas pela erosão. A pesquisa propõe parceria com discentes do curso de Engenharia Civil do IFS Campus Estância para monitoramento contínuo dos impactos ambientais dessa intervenção.

A técnica de Contenção de Dunas Móveis, com revegetação utilizando espécies nativas, é recomendada após análise detalhada das dunas móveis na Praia do Saco. O estudo aponta que essa abordagem é eficaz para estabilizar dunas móveis e proteger áreas adjacentes contra o avanço descontrolado das areias.

As Auditorias Ambientais Periódicas surgem como uma necessidade identificada pela pesquisa para avaliar regularmente a eficácia das medidas implementadas. Indicadores socioambientais são sugeridos como ferramentas para esse monitoramento contínuo. As Campanhas Educativas Locais são propostas com base na percepção ambiental observada durante as visitas técnicas realizadas pelo autor à Praia do Saco. O estudo revela que sensibilizar a população local é fundamental para reduzir os impactos da ocupação irregular e promover práticas sustentáveis.

Por fim, o tópico sobre Treinamento Técnico para Engenheiros Civis decorre diretamente da constatação feita pelo autor sobre a importância estratégica desses profissionais na implementação das soluções sustentáveis propostas. Capacitações periódicas são recomendadas para garantir que os futuros engenheiros civis estejam preparados tecnicamente para enfrentar os desafios socioambientais identificados no litoral sul sergipano.

Como visto, a execução dessa estratégia envolve competências distintas que devem ser articuladas entre engenheiros civis, gestores públicos e a sociedade civil. Os engenheiros civis serão responsáveis pelo planejamento técnico e pela supervisão das etapas executivas, enquanto os gestores públicos devem garantir que o projeto esteja alinhado às legislações ambientais e urbanísticas vigentes. Por sua vez, a sociedade civil desempenha um papel essencial no monitoramento participativo e na conscientização sobre a importância da preservação ambiental. É relevante salientar que o Instituto Federal de Sergipe, Campus Estância, já formou mais de 110 engenheiros civis, portanto, há mão de obra qualificada para atender as demandas da proposta, neste caso, por meio de parceria com a Prefeitura de Estância, os discentes poderão desenvolver projetos a partir das ideias colocadas neste trabalho, ao levar em consideração ao modelo de CheckList e proposta de Legislação preconizadas no escopo deste documento.

Para assegurar a eficácia do modelo de gestão ao longo do tempo, é recomendável estabelecer um cronograma de monitoramento contínuo. Nos primeiros dois anos após a execução, as avaliações devem ser realizadas semestralmente para identificar possíveis ajustes necessários. Após esse período inicial, recomenda-se que o monitoramento seja realizado anualmente para acompanhar a estabilidade da nova faixa de areia e os impactos ambientais associados.

Os resultados esperados incluem não apenas a proteção contra os processos erosivos, mas também o fortalecimento econômico da região por meio do aumento da atratividade turística. A combinação entre ciência técnica, governança participativa e monitoramento contínuo será essencial para consolidar os benefícios dessa intervenção sustentável na Praia do Saco. Este checklist reflete os resultados obtidos ao longo deste projeto, consolidando um modelo prático que equilibra desenvolvimento urbano com conservação ambiental no litoral sergipano. A implementação dessas diretrizes pode minimizar os impactos negativos observados na Praia do Saco, como o avanço do mar, erosão costeira e movimentação descontrolada das dunas.

Ao destacar o papel central do engenheiro civil como articulador entre sociedade civil e poderes públicos, este modelo promove uma abordagem integrada que atende aos princípios da sustentabilidade e às legislações vigentes. A adoção desse checklist pelo poder público municipal, estadual e federal pode servir como referência para outras regiões costeiras brasileiras que enfrentam desafios semelhantes.

A cidade de Estância, no litoral sul de Sergipe, possui legislações e diretrizes ambientais que visam a proteção da zona costeira, incluindo a Praia do Saco. O município está inserido no PEGC, que estabelece diretrizes para o uso sustentável dos recursos naturais e a conservação das áreas costeiras. Além disso, o município conta com um PMGC (2024) e ZEEC (2022) que delimita as APPs e regula as atividades permitidas na região costeira.

6.3 PROPOSIÇÃO DE LEGISLAÇÃO

A criação da "Lei Municipal de Gestão Sustentável e Ordenamento Urbano em Áreas Costeiras de Estância/SE" surge como uma resposta à ausência de uma legislação específica que regule o uso e a ocupação das áreas costeiras do município, como as praias do Saco, Abaís e Dunas. Atualmente, Estância carece de diretrizes claras e integradas que contemplem tanto a preservação ambiental quanto o desenvolvimento urbano sustentável. Essa lacuna legal tem contribuído para a intensificação de problemas como a ocupação desordenada, a

especulação imobiliária e os impactos ambientais decorrentes da erosão costeira. Estudos realizados na região já apontaram que as construções próximas à linha de costa, muitas vezes em APPs, agravam os processos erosivos e colocam em risco tanto as infraestruturas quanto os ecossistemas locais.

A fundamentação da proposta legislativa está ancorada em diversas normativas ambientais já existentes, como a Constituição Federal (art. 225), o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012), a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981), o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC - Lei nº 7.661/1988) e resoluções específicas do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Além disso, a proposta está alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especialmente os objetivos relacionados à sustentabilidade das cidades (ODS 11), ação climática (ODS 13), conservação dos ecossistemas marinhos e terrestres (ODS 14 e ODS 15).

A proposta desta lei busca preencher essas lacunas ao estabelecer um modelo técnico-legal que promova o ordenamento territorial alinhado às especificidades ambientais e socioeconômicas das áreas costeiras de Estância. A obrigatoriedade do licenciamento ambiental integrado garantirá que todos os projetos urbanos sejam avaliados com rigor técnico, minimizando os impactos ambientais e assegurando conformidade com as legislações vigentes.

Outro aspecto essencial abordado pela lei é o papel do engenheiro civil como mediador técnico entre o poder público, a sociedade civil e os órgãos reguladores. Esse profissional será responsável por propor soluções inovadoras para contenção da erosão costeira, como a engorda da praia ou estabilização das dunas, além de garantir que as obras estejam em conformidade com normas técnicas e ambientais. A periodicidade do monitoramento também é um ponto crucial: recomenda-se avaliações semestrais nos dois primeiros anos após a implementação de qualquer intervenção costeira, seguidas por monitoramentos anuais para assegurar a eficácia das medidas adotadas.

Portanto, esta lei não apenas atende à necessidade urgente de regulamentação para as áreas costeiras de Estância, mas também promove um modelo integrado de gestão sustentável que pode servir como referência para outros municípios brasileiros. Ao priorizar a participação comunitária, o fortalecimento técnico e a preservação ambiental, ela oferece uma base sólida para enfrentar os desafios impostos pela dinâmica costeira e pelas mudanças climáticas. A partir das ações empreendidas neste projeto, elaborou-se a seguinte proposta: Projeto de Lei Municipal para Gestão Sustentável da Urbanização em Áreas Costeiras de Estância/SE. O arquivo está apresentado como o APÊNDICE B, deste TCC.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste projeto destacam a complexidade e a urgência dos desafios enfrentados na gestão costeira da Praia do Saco, localizada no município de Estância, Sergipe. A análise realizada, utilizando ferramentas digitais como o Google Earth Pro, revelou mudanças significativas na linha de costa ao longo das últimas décadas, evidenciando o impacto do avanço do mar, da erosão costeira e da ocupação desordenada. A proposta de engorda da faixa de areia, com ampliação de até 70 metros em alguns trechos, surge como uma solução técnica viável para mitigar os impactos erosivos e revitalizar a região.

As intervenções propostas incluem não apenas a engorda da praia, mas também ações complementares como a revegetação das dunas com espécies nativas e a implementação de faixas de recuo para construções leves e pesadas. Essas medidas foram planejadas com base em um checklist técnico que articula as competências de engenheiros civis, gestores públicos e sociedade civil. Cada grupo desempenha um papel essencial: os engenheiros civis são responsáveis pela supervisão técnica e execução das obras; os gestores públicos garantem o alinhamento às legislações ambientais e urbanísticas; e a sociedade civil contribui com o monitoramento participativo e a conscientização ambiental.

A criação da "Lei Municipal de Gestão Sustentável e Ordenamento Urbano em Áreas Costeiras de Estância/SE" é outro pilar fundamental deste projeto. Essa legislação propõe diretrizes específicas para o ordenamento territorial das áreas costeiras, incluindo o Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC), licenciamento ambiental integrado e penalidades para ocupações irregulares. A periodicidade do monitoramento das intervenções foi definida como semestral nos dois primeiros anos após sua implementação, seguido por avaliações anuais para garantir a eficácia das ações.

Este trabalho não apenas apresenta soluções técnicas para os problemas enfrentados na Praia do Saco, mas também estabelece um modelo replicável para outras regiões costeiras do Brasil. Além disso, abre portas para futuras pesquisas acadêmicas no campo da engenharia civil, consolidando o papel do Instituto Federal de Sergipe (IFS) – Campus Estância como referência no estudo e desenvolvimento de estratégias sustentáveis para a gestão costeira. É relevante citar três estudos principais: o primeiro seria sobre a proporção entre a área de estuário e oceânica, para definição da taxa de erosão real, este trabalho viabiliza uma maior exatidão nos cálculos de área para uma futura engorda da orla; O segundo se dá pela granulometria da areia encontrada nas dunas da Praia do Saco, ao caracterizar o material para aplicação na obra de engorda, esta pesquisa é de extrema importância visto que será

necessário um grande volume e a sua utilização geraria uma economia para a execução do projeto. O terceiro estudo é baseado no CheckList desenvolvido, ao compatibilizá-lo em uma Lei para a integração entre ciência técnica, governança participativa e monitoramento contínuo para reforçar a importância de alinhar desenvolvimento sustentável com ações concretas e mitigar os impactos das mudanças climáticas e das intervenções humanas nas zonas costeiras.

REFERÊNCIAS

Administração Estadual do Meio Ambiente - Adema. Monitoramento das Praias Previne Ocupação Irregular no Litoral Sul. **Governo do Estado de Sergipe**: 2024.

Agência de Notícias do Paraná. **Governo conclui engorda da praia de Matinhos e entrega obra antes do prazo**. Disponível em:

<https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Governo-conclui-engorda-da-praia-de-Matinhos-e-entrega-obra-antes-do-prazo>. Acesso em: 01/02/2025.

ANDRADE, Jaqueline; SCHERER, Marinez Eymael Garcia. Decálogo da gestão costeira para Santa Catarina: avaliando a estrutura estadual para o desenvolvimento do Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 29, p. 139-154, 2014.

ARNSTEIN, Sherry R. A ladder of citizen participation. **Journal of the American Institute of planners**, v. 35, n. 4, p. 216-224, 1969.

ARTAXO, Paulo. Mudanças climáticas: caminhos para o Brasil: a construção de uma sociedade minimamente sustentável requer esforços da sociedade com colaboração entre a ciência e os formuladores de políticas públicas. **Ciência e Cultura**, v. 74, n. 4, p. 01-14, 2022.

BIANCINI, Anderson et al. O Licenciamento Ambiental e a Atividade de Alimentação Artificial de Praias: Canasvieiras e Ingleses–Ilha de Santa Catarina. **Pesquisas em Geociências**, v. 51, n. 1, p. e136654-e136654, 2024.

BOBBIO, Norberto. A era dos direitos. Rio de Janeiro: Campus, 1992. **Gestão ambiental em áreas costeiras**.

BRANDÃO, Fernanda Carolina Amorim dos Santos; CRESPO, Henrique de Almeida. Diretrizes relacionadas à implantação da infraestrutura verde para aumentar a resiliência urbana às mudanças climáticas. 2016.

BRASIL. Lei nº 12.651/ 2012 - **Código Florestal Brasileiro (CFB)**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>, Acesso em 2024.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 28 de fevereiro de 1998. Brasília: Congresso Nacional. 1998. Disponível em <www.planalto.gov.br> Acesso em 2024.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC)**. Brasília, 2000. Disponível em <www.planalto.gov.br> Acesso em 2024.

BRASIL. **Resoluções CONAMA de 1984/2008**. Conselho Nacional do Meio do Meio Ambiente (CONAMA). Brasília/DF, 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>> Acesso em 2024.

Câmara dos Deputados. **Relatório Fiscobras 2013 – Anexo 2 – Síntese dos empreendimentos fiscalizados**. Disponível em: https://www.camara.leg.br/internet/comissao/index/mista/orca/orcamento/OR2014/Fiscobras2013/anexo2/SINTETICOS/sint%C3%A9tico_2012_1419.pdf. Acesso em: 1 mar. 2025.

CARVALHO, Isabel Cristina De Moura. **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico**. Cortez Editora, 2017.

CAVALCANTE, Juliana da Silva Ibiapina. Áreas costeiras: gestão, problemáticas e percepções ambientais no município de Areia Branca, Rio Grande do Norte, Brasil. 2018.

CICIN-SAIN, Biliana; KNECHT, Robert. **Integrated coastal and ocean management: concepts and practices**. Island press, 2013.

Confea - **Conselho Federal de Engenharia e Agronomia**. Resolução nº 218/73. Brasília: Confea. Disponível em <<https://normativos.confea.org.br/Ementas/Visualizar?id=289>> Acesso em 2024.

COSTA, Carlos Rafael Röhrig da et al. **Mudanças climáticas e resiliência urbana: estratégias sustentáveis em cidades brasileiras**. 2023. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

COSTA, Jailton de Jesus. **Sistemas ambientais costeiros: temas de pesquisa**. São Cristovão: Editora UFS, 2013.

DANTAS, Nadege Da Silva; FONTGALLAND, Isabel Lausanne. Análise das leis ambientais brasileiras e sua interface com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável-ODS.

Research, Society and Development, v. 10, n. 4, p. e32010414248-e32010414248, 2021.

DIAS, Deoclides dos Santos Costa et al. Participação comunitária e desenvolvimento local em zonas portuárias: lições aprendidas e boas práticas. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 9, p. e8219-e8219, 2024.

DOMINGUEZ, J.M.L.; GUIMARÃES, J.K.; BITTENCOURT, A.C.S.P.. **Panorama da Erosão Costeira no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente., p341-432., 2018.

Estudos em Direito Ambiental: Territórios, racionalidade e decolonialidade | 59

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Congresso Nacional, 1988. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm>, Acesso em 2024.

FERNANDES, Rogério Taygra Vasconcelos. Recuperação de manguezais. **Rio de Janeiro: Interciência**, p. 305-310, 2012.

FARIA, Antonio Paulo. A expansão artificial do litoral e a destruição dos ambientes de costa rochosa na região metropolitana do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 25, n. 1, 2024.

FERREIRA FILHO, Rubens Amaral. **Mudanças climáticas e o acesso à água e esgotamento sanitário: desafios e oportunidades para os Estados do Ceará e São Paulo, Brasil**. 2020. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FIGUEIREDO, Adma Hamam de et al. Brasil: uma visão geográfica e ambiental no início do século XXI. **(No Title)**, 2016.

GRANZIERA, Maria Luiza Machado,. Gestão Ambiental Integrada nas Zonas Costeiras Brasileiras. **Revista Jurídica Ambiental Brasileira.**, v14., p45-62., 2009.

GÓIS, Nídia Deise Franco. **Impacto das Alterações Climáticas nas Atividades de Engenharia Civil**. 2023. Dissertação de Mestrado. Universidade da Madeira (Portugal).

GUIMARÃES, Bernardo Filipe Costa. **Erosão costeira e produção de blocos para obras de proteção com enrocamento**. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto (Portugal).

G1-Globo. **Engorda da praia de Ponta Negra, em Natal: veja o antes e depois**. Disponível em:

<https://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/noticia/2025/01/27/engorda-da-praia-de-ponta-negra-em-natal-veja-o-antes-e-depois.ghtml>. Acesso em: 27/02/2025.

G1-Globo. **Entenda megaobra de alargamento de Balneário Camboriú: do início ao fim, em 10 pontos**. Disponível em:

<https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2021/10/26/entenda-megaobra-de-alargamento-de-balneario-camboriu-do-inicio-ao-fim-em-10-pontos.ghtml>. Acesso em: 27/02/2025.

Ilhéus.net. **Avanço do mar faz prefeitura decretar situação de emergência em Ilhéus**.

Disponível em:

<https://www.ilheus.net/2023/10/avanco-do-mar-faz-prefeitura-decretar-situacao-de-emergencia-em-ilheus.html>. Acesso em: 26/02/2025.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2018: The Physical Science Basis**. Cambridge University Press., 2018.

KAUARK, Fabiana, MANHÃES, Fernanda Castro, MEDEIROS, Carlos Henrique.

Metodologia da pesquisa: guia prático. Itabuna: Via Litterarum, 2010

Lei nº 2.360/2024 - **Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro**. Câmara Municipal de Estância.

Lei nº 8.634/2019 - **Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro**. Assembleia Legislativa do Estado de Sergipe.

SILVA, Carlos Fabrício Assunção Da et al. Índices de vulnerabilidade à erosão das praias da Ilha de Itamaracá, litoral norte de Pernambuco, Brasil. **Investigaciones Geográficas**, n. 52, p. 71-82, 2016.

SUHUI, Li et al. ENVIRONMENTAL DESIGN FOR COASTAL PROTECTION FROM A STAKEHOLDER PERSPECTIVE: A REVIEW FROM 2000 TO 2023. **Revista de Administração de Empresas**, v. 65, n. 1, p. e2024-0169, 2024.

LINS-DE-BARROS, Flavia Moraes; MILANÉS, C. Os limites espaciais da zona costeira para fins de gestão a partir de uma perspectiva integrada. **Gestão Ambiental e sustentabilidade em áreas costeiras e marinhas: conceitos e práticas**, v. 1, p. 22-50, 2020.

LINCKE, Daniel et al. The effectiveness of setback zones for adapting to sea-level rise in Croatia. **Regional Environmental Change**, v. 20, p. 1-12, 2020.

LOPES, Eduardo Baptista; RUIZ, Thays Cristina Domareski; ANJOS, Francisco Antonio dos. A ocupação urbana no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil, e suas implicações no turismo de segunda residência. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 10, p. 426-441, 2018.

MATIAS-PEREIRA, J. **Manual de Gestão Pública Contemporânea**. São Paulo: Atlas Editora, 2009.

MONTEIRO, Patrícia Cardoso; EMERIM, Emerilson Gil. Técnicas de recuperação, gestão e ordenamento aplicadas em vegetação de restinga, Jurerê, Florianópolis/SC/Restoration, management and ordering methods applied to restinga vegetation, Jurerê, Florianópolis/SC. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 4, p. 3692-3695, 2020.

MOURA, Nina Simone Vilaverde et al. A urbanização na zona costeira: processos locais e regionais e as transformações ambientais-o caso do Litoral Norte do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 3, p. 594-612, 2015.

LIMA, Letícia Bianca Barros de Moraes. **O turismo de sol e praia no litoral sul de Sergipe: uma análise sob a perspectiva dos modelos Sistur e Talc**. 2011.

NETO, José Colaço Dias. **Quanto custa ser pescador artesanal? Etnografia , relato e comparação entre dois povoados pesqueiros no Brasil e em Portugal**. – 1. Ed. – Rio de Janeiro: Garamond, 2015.

OLIVEIRA, João Pedro.; NICOLODI, João Luís.. Pagamento Por Serviços Ambientais Na Lagoa Santo Antônio Dos Anjos: Impactos E Percepções. **Desenvolvimento E Meio Ambiente**, v60., p23-44., 2022.

OLIVEIRA, Márcia Regina Lima de; NICOLODI, João Luís. A Gestão Costeira no Brasil e os dez anos do Projeto Orla: Uma análise sob a ótica do poder público. 2012.

OLIVEIRA, MB de. **Caracterização integrada da linha de costa do estado de Sergipe–Brasil. 2003. 102 pp.** 2003. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Geologia)–Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 Para o Desenvolvimento Sustentável.** ONU Press., Nova York., 2015.

PEREIRA, Pedro de Souza; TEBECHRANI, Ligia F.; KLEIN, Antonio HF. State-of-the-art Beach Nourishment Projects along the Brazilian Coast. **Journal of Coastal Research**, v. 113, n. SI, p. 1087-1092, 2025.

PINHO, M.S.; GARCIA, L.G.; CARNEIRO, M.D.S.. Governança Colaborativa Na RESEX Do Mandira: Aprendizados Para A Gestão De Áreas Protegidas. **Sustentabilidade Em Debate.**, v12(2), p276-295., 2021.

PRATA, Marçal Lukas Martins; ALVES, Neise Mare De Souza. Compartimentação geossistêmica do campo de dunas ativas e inativas da Planície Costeira de Estância–SE. **REVISTA DELOS**, v. 17, n. 62, p. e3382-e3382, 2024.

Projeto Orla - Ministério Do Meio Ambiente. **Planos De Intervenção No Litoral Brasileiro.** MMA Publicações Técnicas., Brasília-DF., 2004.

REIS, Christianne Maria Moura; FEITOSA, Ana Paula Coutinho; REIS, André Luiz Queiroga. USO DE GEOINDICADORES COMO ALTERNATIVA PARA ESTUDO DA EROSÃO COSTEIRA NO LITORAL DA PARAÍBA. **OKARA: Geografia em Debate**, v. 13, n. 1, 2019.

SACHS, Ignacy. Desenvolvimento incluyente e trabalho decente para todos. **Documento preparado para a Comissão Mundial sobre a Dimensão Social da Globalização, OIT. Brasília: outubro de, 2002.**

SANTOS, João Paulo da Silva et al. EROSÃO COSTEIRA E FAIXAS DE RECUO EM PRAIAS ARENOSAS DO SUL DE SERGIPE, BRASIL: Coastal erosion and setback lines

on southern Sergipe sandy beaches, Brazil. **Geosciences= Geociências**, v. 40, n. 4, p. 1047-1061, 2021.

SANTOS, Marcelo Alves dos, et al. Análise geoambiental do município costeiro de Estância-Sergipe. 2011.

SANTOS, Max Alberto Nascimento.; VILAR, José Wellington Carvalho. Análise Geográfica Do Litoral Sergipano. **Revista Geográfica De América Central**, v14., pp123-140., 2011.

SANTOS, Marilda Colares J. dos. Os manguezais e sua importância na sustentabilidade urbana.–. **Curitiba: Appris**, 2016.

SANTOS, Rochana Campos de Andrade Lima. **Evolução Da Linha De Costa Associada Ao Desenvolvimento Urbano Na Planície Costeira De Maceió-Alagoas**. Tese De Doutorado – Universidade Federal De Pernambuco., Recife., 2004.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de textos, 2004.

SANTOS, Sindiany Suelen Caduda dos. Conservar o quê? Para quem? Áreas protegidas e protagonistas da conservação.–. 2015.

SCHERER, Marinez; SANCHES, Manuel; NEGREIROS, Dora Hees de. Gestão das zonas costeiras e as políticas públicas no Brasil: um diagnóstico. **Manejo Costero Integrado y Política Pública en Iberoamérica: Un diagnóstico. Necesidad de Cambio**. Cádiz: Red IBERMAR (CYTED), p. 291-336, 2010.

SEDDON, Nathalie et al. Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 375, n. 1794, p. 20190120, 2020.

Semarh. **Revisão E Atualização Do Projeto Orla Em Estância**. Governo Do Estado De Sergipe: 2014.

SERGIPE. **Lei Nº 5.858 de 2006**. Publicado no Diário Oficial nº 24989, Aracaju/Se, 2006. Disponível em:

<http://www.semarh.se.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/pol%C3%ADtica_estadual_do_m_eio_ambiente.pdf> Acesso em 2024.

SERGIPE. Lei Nº 8.634 de 27 de dezembro de 2019. **Plano e Sistema Estadual de Gerenciamento Costeiro**. Disponível em:

<<https://al.se.leg.br/Legislacao/Ordinaria/2019/O86342019.pdf>>, acesso em 2024.

SILVA, W. de S. et al. Erosão costeira nas falésias Tibau do Sul: litoral leste do Rio Grande do Norte. In: **Congresso Sobre Planejamento E Gestão Das Zonas Costeiras Dos Países De Expressão Portuguesa**. 2003.

SILVA, Eliene Oliveira. Gestão ambiental em áreas costeiras: à luz da legislação ambiental. **Editora Licuri**, p. 44-60, 2022.

SILVA, Janilci Serra et al. EXPANSÃO URBANA E IMPACTOS AMBIENTAIS NA ZONA COSTEIRA NORTE DO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS (MA). **Ra'e Ga**, v. 46, n. 1, 2019.

SOUTO, Raquel Dezidério. Gestão ambiental e sustentabilidade em áreas costeiras e marinhas: conceitos e práticas. **Rio de Janeiro: Dos Autores**, v. 2022, 2020.

SOUTO, Ivânia Maria de Moraes. **Gestão e percepção ambiental: um olhar sobre o Parque Ecológico Tramanday em Aracaju**. 2012. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado—Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente—UFS. São Cristóvão.

Tribuna Hoje. **Especialista em proteção costeira afirma que problema do avanço da maré na Barra Nova precisa de solução urgente**. Disponível em: <https://tribunahoje.com/noticias/cidades/2024/09/23/144282-especialista-em-protecao-costeira-afirma-que-problema-do-avanco-da-mare-na-barra-nova-precisa-de-solucao-urgente>. Acesso em: 1 mar. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE. Pesquisa aponta que erosão fez rio avançar 130m em 10 anos na Praia do Saco. Portal UFS, 9 out. 2024. Disponível em: <https://ciencia.ufs.br/conteudo/75224-pesquisa-aponta-que-erosao-fez-rio-avancar-130m-em-10-anos-na-praia-do-saco>. Acesso em: 11 dez. 2024.

VILAR, José Welington. Ordenamento Territorial Costeiro: Uma Análise Do GERCO Em Sergipe. **Revista Geográfica Acadêmica.**, v14., n2., pp123-140., 2020.

Zoneamento Ecológico-Econômico. **Plano Estadual De Gerenciamento Costeiro**. Governo Do Estado De Sergipe: 2019.

APÊNDICE A - CHECKLIST TÉCNICO PARA GESTÃO SUSTENTÁVEL

CHECK LIST - GESTÃO SUSTENTÁVEL

Nesta página, selecione a fase, adicione as tarefas, o status, o tempo necessário, quando você planeja fazer a tarefa e o prazo.

Fases	Tarefa	Status	Data de início	Prazo
DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E SOCIAL	Mapeamento das Áreas de Risco: Identificar zonas vulneráveis à erosão costeira, avanço do mar e movimentação de dunas. Utilizar ferramentas como o Google Earth e SIG (Sistemas de Informação Geográfica).			
			11/03/2025	11/03/2026

	Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto Ambiental(EIA/RIMA)		11/03/2025	11/03/2027
	Elaborar estudos detalhados para identificar os impactos potenciais de qualquer intervenção urbana ou infraestrutura.		11/03/2025	10/09/2026
CONSULTA PÚBLICA E PARTICIPAÇÃO COMUNITÁRIA	Realizar audiências públicas para envolver a população local nas decisões sobre o uso da costa.	A CADA RODADA DE DECISÕES	11/03/2025	-
ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO (ZEEC)	Seguir as diretrizes do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) para delimitar áreas de preservação permanente (APPs) e zonas urbanizáveis.	A CADA RODADA DE DECISÕES	11/03/2025	-
DEFINIÇÃO DE SETBACK ZONES	Estabelecer projeto de faixas não edificáveis a uma distância mínima de 51 metros da linha de costa, conforme recomendado pelo ICZM (Integrated Coastal Zone Management).		11/03/2025	11/03/2027

ENGORDA ARTIFICIAL DA PRAIA (BEACH NOURISHMENT)	Implementar projetos de engorda utilizando areia compatível da região, com monitoramento contínuo para evitar impactos ambientais adversos em parceria com os discentes de Engenharia Civil do IFS Campus Estância.	Não iniciada	11/03/2025	10/03/2028
CONTENÇÃO DE DUNAS MÓVEIS	Utilizar barreiras com revegetação com espécies nativas para estabilizar dunas móveis.		11/03/2025	11/03/2026
AUDITORIAS AMBIENTAIS PERIÓDICAS	Avaliar regularmente a eficácia das medidas implementadas por meio de indicadores socioambientais.	A CADA RODADA DE DECISÕES	11/03/2025	11/03/2026
CAMPANHAS EDUCATIVAS LOCAIS	Sensibilizar a população sobre os impactos da ocupação irregular e a importância da preservação costeira.	A CADA 6 MESES	11/03/2025	07/09/2025
TREINAMENTO TÉCNICO PARA ENGENHEIROS CIVIS	Oferecer capacitações sobre técnicas sustentáveis aplicáveis à gestão costeira	A CADA 6 MESES	11/03/2025	07/09/2025

	integrada, em especial aos engenheiros civis formados pelo IFS Campus Estância.			
--	---	--	--	--

OBSERVAÇÃO

Os prazos sugeridos, podem variar de acordo com a especificidade de cada ação.



ACESSE O QR CODE PARA MELHOR VISUALIZAÇÃO DO *CHECKLIST*

APÊNDICE B - PROJETO DE LEI: "LEI MUNICIPAL DE GESTÃO SUSTENTÁVEL E ORDENAMENTO URBANO EM ÁREAS COSTEIRAS DE ESTÂNCIA/SE"

Art. 1º - Objetivo Geral:

Estabelecer diretrizes específicas para a urbanização sustentável e o ordenamento territorial das áreas costeiras do município de Estância, com foco na preservação ambiental, segurança socioeconômica e mitigação dos impactos do avanço do mar e da erosão costeira, promovendo a atuação integrada entre o poder público, sociedade civil e o engenheiro civil como mediador técnico.

Capítulo I - Disposições Gerais

Art. 2º - Princípios:

- I. Sustentabilidade ambiental, social e econômica;
- II. Preservação dos ecossistemas costeiros e da biodiversidade;
- III. Respeito às legislações ambientais vigentes (federal, estadual e municipal);
- IV. Participação comunitária no planejamento urbano;
- V. Promoção da resiliência climática e proteção contra desastres ambientais.

Art. 3º - Âmbito de Aplicação:

Esta lei aplica-se a todas as áreas costeiras do município de Estância, incluindo dunas, restingas, manguezais, praias e zonas urbanas adjacentes.

Capítulo II - Diretrizes para Urbanização Sustentável

Art. 4º - Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE):

O município deverá criar um grupo de fiscalização do Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro (ZEEC) para delimitar e supervisionar:

- I. Áreas de Preservação Permanente (APPs), onde são proibidas construções;
- II. Áreas Urbanizáveis, com critérios específicos para ocupação sustentável;
- III. Áreas de Risco, sujeitas a restrições para evitar danos ambientais e sociais.

Justificativa: O ZEEC é essencial para ordenar o uso do solo, protegendo áreas sensíveis como dunas e restingas que atuam como barreiras naturais contra a erosão costeira.

Art. 5º - Licenciamento Ambiental Integrado:

Todos os projetos urbanos ou obras em áreas costeiras deverão obter licenciamento ambiental integrado junto à Administração Estadual do Meio Ambiente (Adema) e ao Conselho Municipal de Meio Ambiente (CMMA), com parecer técnico obrigatório emitido por engenheiros civis especializados.

Justificativa: Garante conformidade com as legislações ambientais vigentes e promove a segurança técnica nas intervenções.

Capítulo III - Papel do Engenheiro Civil

Art. 6º - Atribuições do Engenheiro Civil:

- I. Elaborar projetos que minimizem os impactos ambientais, utilizando técnicas construtivas sustentáveis;
- II. Atuar como mediador técnico entre o poder público, sociedade civil e órgãos reguladores;
- III. Propor soluções inovadoras para contenção da erosão costeira, como engorda da praia ou estabilização das dunas;
- IV. Garantir que as obras estejam em conformidade com as normas técnicas da ABNT e legislações ambientais.

Justificativa: O engenheiro civil é um ator-chave na implementação de soluções técnicas que conciliem desenvolvimento urbano com preservação ambiental.

Capítulo IV - Soluções Técnicas Sustentáveis

Art. 7º - Medidas Estruturais:

- I. Elaborar estudos técnicos para implementar projetos de engorda da praia para ampliar a faixa de areia em áreas críticas;
- II. Construir barreiras artificiais ou naturais para conter o avanço do mar;
- III. Promover a revegetação das dunas com espécies nativas para estabilização.

Art. 8º - Infraestruturas Verdes:

- I. Criar um plano de manejo de vegetação da Área de Proteção Ambiental SUL;
- II. Implantar um programa de revegetação na Praia das Dunas, Saco e Abaís, liderado pelas escolas do município;
- III. Incentivar o uso de materiais ecológicos nas construções.

Justificativa: Essas medidas reduzem os impactos das mudanças climáticas e promovem a resiliência ambiental.

Capítulo V - Participação Comunitária

Art. 9º - Consulta Pública:

Antes da aprovação de qualquer projeto urbano em áreas costeiras, deverão ser realizadas consultas públicas obrigatórias com a participação ativa das comunidades locais.

Justificativa: A inclusão da população no processo decisório legitima as ações propostas e garante maior aceitação social.

Capítulo VI - Fiscalização e Penalidades

Art. 10º - Monitoramento Contínuo:

O município deverá implantar um sistema integrado de monitoramento costeiro utilizando drones e SIG (Sistemas de Informação Geográfica), com relatórios periódicos sobre os impactos ambientais das intervenções realizadas.

Art. 11º - Penalidades:

Construções irregulares em APPs ou áreas não edificáveis estarão sujeitas às seguintes penalidades:

- I. Multa proporcional ao dano ambiental causado;
- II. Demolição imediata da obra irregular;
- III. Recuperação ambiental obrigatória da área degradada.

Justificativa: As penalidades são necessárias para coibir ocupações desordenadas que agravam os problemas socioambientais na região.

Capítulo VII - Contribuição ao Impasse Jurídico

Este projeto de lei contribui diretamente para destravar o impasse jurídico causado pela ação civil pública que proíbe construções na Praia do Saco ao propor:

- I. Um modelo técnico-legal que respeita as restrições impostas pela legislação ambiental vigente;
- II. Soluções sustentáveis que conciliam preservação ambiental com desenvolvimento urbano planejado;
- III. A valorização do papel do engenheiro civil como mediador técnico entre os grupos sociais envolvidos no conflito.

Conclusão

A proposta deste projeto de lei oferece um caminho integrado para a gestão sustentável das áreas costeiras de Estância/SE, promovendo segurança jurídica, preservação ambiental e desenvolvimento socioeconômico equilibrado. Ao enfatizar o papel central do engenheiro civil como mediador técnico, este projeto fortalece a governança local e estabelece um modelo replicável para outras regiões costeiras brasileiras que enfrentam desafios semelhantes.