ISSN 1678-7226
Ferreira, B.; Junior, J.; Neto, J. *(172 - 195)* Rev. Geogr. Acadêmica v.20, n.1 (2026)
10.5281/zenodo.24200553

VULNERABILIDADE COSTEIRA NO MUNICÍPIO DE BARRA DE SANTO ANTÔNIO, REGIÃO METROPOLITANA DE MACEIÓ, AL

COASTAL VULNERABILITY IN THE MUNICIPALITY OF BARRA DE SANTO ANTÔNIO, METROPOLITAN REGION OF MACEIÓ, AL

VULNERABILIDAD COSTERA EN EL MUNICIPIO DE BARRA DE SANTO ANTÔNIO, REGIÓN METROPOLITANA DE MACEIÓ, AL

Bruno Ferreira
Doutor em Geociências, Universidade Federal de Alagoas (Ufal), bruno.ferreira@igdema.ufal.br
https://orcid.org/0000-0003-1237-1805

José Ferreira dos Santos Junior
Bacharel em Geografia com Especialização em Analise Ambiental, Universidade Federal de Alagoas (Ufal), juniorsistemas2012@gmail.com
https://orcid.org/0009-0003-1181-4958

José Gomes dos Santos Leal Neto
Doutorando em Geografia, Universidade Federal de Alagoas (Ufal), jose.leal@igdema.ufal.br
https://orcid.org/0009-0001-1165-948X

RESUMO: A zona costeira compreende um complexo mosaico geográfico, o qual apresenta influência de agentes naturais e antrópicos, sendo sensível a mudanças climáticas, como as variações sazonais da linha de costa, e aquelas advindas das formas de uso e ocupação das terras. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC) à erosão em um trecho de 9,3 km no município de Barra de Santo Antônio, Litoral Norte da Região Metropolitana de Maceió (RMM). Para isso, foram aplicadas técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), integradas ao software DSAS 6.0 para o cálculo das taxas de variação da linha de costa pelo método *End Point Rate* (EPR), utilizando 1.328 transectos, imagens orbitais de alta resolução (QuickBird e RapidEye), referentes ao período de 2003 a 2024, e dados do MapBiomas. A análise considerou sete indicadores físicos e sociais, distribuídos em três setores. Os resultados indicam que 41,04% da faixa costeira apresenta alta vulnerabilidade, enquanto 40,29% apresenta baixa vulnerabilidade. O Setor 1 (Norte) apresentou predomínio de baixa vulnerabilidade (82,61%), enquanto os Setores 2 (Centro-Sul) e 3 (Sul) registraram predomínio de alta vulnerabilidade, correspondendo a 80,89% e 100%, respectivamente. Por fim, avalia-se que o IVC permitiu identificar cenários distintos de vulnerabilidade, associados às características físicas e às formas de ocupação da zona costeira, evidenciando a necessidade de planejamento territorial e de medidas específicas para mitigar os processos erosivos na região.

Palavras-chave: Linha de costa; morfodinâmica; gerenciamento costeiro; zona costeira; planejamento territorial.

ISSN 1678-7226
Ferreira, B.; Junior, J.; Neto, J. *(172 - 195)* Rev. Geogr. Acadêmica v.20, n.1 (2026)
10.5281/zenodo.24200553

ABSTRACT: The coastal zone comprises a complex geographical mosaic influenced by natural and anthropogenic factors, making it sensitive to climatic changes, such as seasonal shoreline variations, as well as changes resulting from land use and occupation patterns. In this context, the present study aimed to assess the Coastal Vulnerability Index (CVI) to erosion along a 9.3 km stretch of coastline in the municipality of Barra de Santo Antônio, northern coast of the Metropolitan Region of Maceió (RMM), Brazil. To this end, remote sensing and geoprocessing techniques were applied in a Geographic Information Systems (GIS) environment, integrated with DSAS 6.0 software to calculate shoreline change rates using the End Point Rate (EPR) method, based on 1,328 transects, high-resolution satellite imagery (QuickBird and RapidEye) covering the period from 2003 to 2024, and MapBiomas data. The analysis considered seven physical and social indicators distributed across three sectors. The results showed that 41.04% of the coastal stretch exhibits high vulnerability, while 40.29% presents low vulnerability. Sector 1 (North) was predominantly characterized by low vulnerability (82.61%), whereas Sectors 2 (Central-South) and 3 (South) showed predominantly high vulnerability, accounting for 80.89% and 100%, respectively. Finally, the CVI was found to identify distinct vulnerability scenarios associated with the physical characteristics and land occupation patterns of the coastal zone, highlighting the need for territorial planning and specific measures to mitigate erosional processes in the region.

Keywords: Coastline; morphodynamics; coastal management; coastal zone; territorial planning.

RESUMEN: La zona costera comprende un complejo mosaico geográfico influenciado por agentes naturales y antrópicos, lo que la hace sensible a los cambios climáticos, como las variaciones estacionales de la línea de costa, así como a aquellos derivados de las formas de uso y ocupación del suelo. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el Índice de Vulnerabilidad Costera (IVC) frente a la erosión en un tramo de 9,3 km en el municipio de Barra de Santo Antônio, litoral norte de la Región Metropolitana de Maceió (RMM), Brasil. Para ello, se aplicaron técnicas de teledetección y geoprocesamiento en un entorno de Sistemas de Información Geográfica (SIG), integradas con el software DSAS 6.0 para calcular las tasas de variación de la línea de costa mediante el método *End Point Rate* (EPR), utilizando 1.328 transectos, imágenes satelitales de alta resolución (QuickBird y RapidEye) correspondientes al período de 2003 a 2024 y datos de MapBiomas. El análisis consideró siete indicadores físicos y sociales, distribuidos en tres sectores. Los resultados mostraron que el 41,04 % del tramo costero presenta alta vulnerabilidad, mientras que el 40,29 % presenta baja vulnerabilidad. El Sector 1 (Norte) presentó un predominio de baja vulnerabilidad (82,61 %), mientras que los Sectores 2 (Centro-Sur) y 3 (Sur) registraron un predominio de alta vulnerabilidad, con un 80,89 % y un 100 %, respectivamente. Finalmente, se considera que el IVC permitió identificar distintos escenarios de vulnerabilidad, asociados a las características físicas y a las formas de ocupación de la zona costera, poniendo de manifiesto la necesidad de planificación territorial y de medidas específicas para mitigar los procesos erosivos en la región.

Palabras clave: Línea de costa; morfodinámica; gestión costera; zona costera; planificación territorial.

10.5281/zenodo.24200553

1. INTRODUÇÃO

As zonas costeiras compreendem uma variedade de ambientes que sofrem influências de fatores oceânicos, continentais, atmosféricos e também socioeconômicos e culturais, mostrando-se particularmente sensíveis às alterações ambientais decorrentes de variações climáticas (NEGRÃO; SOUSA; RANIERI, 2022). Essas dinâmicas podem estar relacionadas aos processos de interação entre geologia, geomorfologia, hidrografia e clima, resultando em paisagens complexas. "O estudo dessa dinâmica é importante no sentido de identificar áreas adequadas e impróprias para a ocupação, tendo em vista o grande atrativo econômico e ambiental para uso e ocupação do solo nessa região" (SILVA *et al*., 2020, p.447).

Lopes *et al*. (2021) afirmam que estudos relacionados à faixa litorânea no Brasil se tornam de difícil execução devido à sua grande extensão territorial. No último censo de 2022, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) constatou que cerca de 54,8% da população brasileira vive em setores censitários situados a, no máximo, 150 km do litoral. Ainda segundo o IBGE (2020), aproximadamente 279 municípios brasileiros localizam-se defronte ao mar, conforme levantamento realizado em 2019.

No Estado de Alagoas, os estudos que buscam analisar as praias e seus estágios de vulnerabilidade, especialmente aqueles voltados às avaliações da erosão costeira, precisam ser atualizados (ARAÚJO *et al*., 2006). No Litoral Norte, área de estudo do presente trabalho, destacam-se alguns estudos que iniciaram essa discussão, como Lima, Araújo e Farias (2000) e Oliveira *et al*. (2012). O diagnóstico elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2018) apresentou cenários de trechos com erosão, registrando um déficit negativo de até 14,01 m³ entre 1999 e 2000, com indicadores erosivos na faixa de praia, segundo Lima, Araújo e Farias (2000). Ao se realizar uma revisão bibliográfica, observa-se que o estudo mais recente sobre a temática na área foi o de Santos Junior, Ferreira e Araújo (2020), que utilizou geoindicadores como metodologia e setorizou a vulnerabilidade no Município.

Segundo Lins-de-Barros *et al*., 2020, o estudo da vulnerabilidade, por meio de sua conceituação, baseia-se em dois conceitos fundamentais: o de risco, que busca compreender algo que pode vir a ocorrer e que está diretamente relacionado à ameaça ou perigo e à sua concretização (ou não); e o de vulnerabilidade, que se refere ao grau de suscetibilidade a desastres naturais e aos impactos decorrentes. Para a autora, essa característica pode ser influenciada pela exposição de uma comunidade ou de elementos físicos aos seus efeitos, ou seja, pelo grau de suscetibilidade, resiliência e impactos que possam ser gerados. A vulnerabilidade na zona costeira pode ser intensificada pela ausência de planejamento territorial nos Municípios Costeiros Brasileiros, evidenciando a urgência de elaborar e executar políticas públicas que visem mitigar tais problemas, os quais tendem a ser ampliados devido ao crescimento de suas populações.

No tocante ao planejamento territorial, esse constitui-se como um dos principais instrumentos voltados à proteção e preservação dos ambientes bióticos e abióticos (LIMA; RANIERI, 2019). No que diz respeito ao planejamento territorial na zona costeira, a área de estudo localiza-se na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais (APACC), criada pelo Decreto de 23 de outubro de 1997, cujo plano de manejo (ICMBio, 2021) indica que a linha de costa e as construções próximas à praia e ao manguezal influenciam na descaracterização da beleza cênica e da diversidade de paisagens locais, sendo consideradas uma ameaça.

Com vistas a contribuir para os estudos sobre a vulnerabilidade à erosão costeira no Litoral Norte de Alagoas, é que o presente estudo foi elaborado. Nesse contexto, foi calculado o Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC), a partir de aspectos físicos e sociais que evidenciam a variação da linha de costa, bem como seus possíveis impactos para a população local diante da problemática das mudanças climáticas e da intensificação de eventos extremos. Outro ponto

10.5281/zenodo.24200553

importante a ser destacado é o recente crescimento da divulgação e da atração de empreendimentos ligados ao turismo de lazer e à segunda residência. Desse modo, faz-se necessário acompanhar o comportamento da vulnerabilidade costeira na região, de forma prévia e durante a efetivação desses processos de atração de visitantes e, consequentemente, de possíveis residentes, considerando um planejamento participativo e a criação de um zoneamento que leve em conta os instrumentos legais nas esferas Federal, Estadual e Municipal. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o IVC à erosão, em um período de 20 anos, no município de Barra de Santo Antônio, utilizando indicadores físicos e sociais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O município de Barra de Santo Antônio está localizado na Região Geográfica Intermediária e Imediata de Maceió, integrando a porção norte da Região Metropolitana de Maceió, capital do estado de Alagoas. Possui área territorial de aproximadamente 131,364 km². De acordo com o Censo Demográfico de 2022, sua população era de 16.365 habitantes, com estimativa de 16.764 habitantes para 2026 (IBGE, 2026). A população é predominantemente urbana, com 15.629 habitantes (95,50%), enquanto a zona rural reúne 736 habitantes (4,50%). A economia municipal concentra-se no setor de serviços, seguido pela agropecuária e pela indústria, com destaque para o cultivo de cana-de-açúcar e coco-da-baía e para as atividades turísticas, que contam com infraestrutura de hospedagem formada por hotéis, pousadas e resort (ALAGOAS, 2025).

A área de estudo possui uma extensão de 9,3 km, na qual foram analisadas a faixa de praia e seu entorno (Figura 1). A área apresenta arenitos de praia e recifes de coral e/ou algálica nas desembocaduras fluviais, do tipo barreira, ou ligados a praias, formado por recifes do tipo franja. Em determinados trechos, a planície quaternária apresenta pequena extensão, sendo limitada por falésias ativas de rochas mesozóicas da Bacia de Alagoas. Entre a Barra do Rio Santo Antônio e o Rio Camaragibe, ao norte, as praias apresentam padrão de ondas do tipo dissipativo, resultante de perfis batimétricos com pequena declividade (ARAÚJO *et al*., 2006). Essa configuração contribui para o desenvolvimento de praias de águas calmas, transparentes e mornas, com grande apelo turístico.

ISSN 1678-7226
Ferreira, B.; Junior, J.; Neto, J. *(172 - 195)* Rev. Geogr. Acadêmica v.20, n.1 (2026)
10.5281/zenodo.24200553



Figura 1 – Barra de Santo Antônio (AL): Mapa de localização do trecho em estudo, 2024. Fonte: IBGE, 2022. Elaboração: Os autores, 2024.

A metodologia aplicada foi baseada no trabalho de Ribeiro *et al*. (2013), que analisou uma área no litoral norte de São Paulo, por meio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e de suas técnicas, os autores aplicaram o Índice de Vulnerabilidade Costeira utilizando nove variáveis. A metodologia foi adaptada aos dados disponíveis para a área de estudo, sendo eles: variação da linha de costa, presença de rios e/ou desembocaduras, taxa de ocupação, configuração ao largo, vegetação, largura da praia e obras de engenharia costeira (Figura 2).

Para a determinação da variação da linha de costa (LC), foram utilizadas imagens do Google Earth Pro referentes aos anos de 2003, 2015, 2018, 2020 e 2024, apresentadas na Tabela 1. A imagem base foi utilizada para o georreferenciamento, por meio de 40 pontos de controle, das demais imagens e de sua correção. Essas imagens foram utilizadas para a vetorização, no Qgis, das linhas de costa, considerando a LPM – Linha de Preamar Média. Após a vetorização, as linhas de costa foram plotadas no software DSAS, versão 6.0 (Figura 3), disponibilizado gratuitamente pelo USGS – United States Geological Survey, conforme descrito por Himmelstoss *et al*. (2024).

O software DSAS utiliza as linhas de costa para calcular diversos índices. No presente trabalho, foi empregado apenas um dos índices descritos no guia do Software por Himmelstoss *et al*. (2021), o End Point Rate (EPR), calculado dividindo-se a distância do deslocamento da linha costeira pelo tempo decorrido entre a linha mais antiga e a mais recente. Para a mensuração dos dados, o Software requer três bases no formato GeoJSON, que podem ser geradas em um SIG (Figura 3): I) uma linha de base, traçada paralelamente às linhas de costa (onshore ou offshore) e posicionada de forma a permitir o cruzamento pela linha de costa; II) as linhas de costa dos respectivos anos, incluindo em sua tabela de atributos os parâmetros necessários, conforme apresentado na figura 4; III) os perfis, que são gerados automaticamente pelo DSAS a partir das linhas de costa e dos pontos de interseção, seguindo o espaçamento definido pelo usuário; IV) em seguida, o DSAS calcula as variações de acordo com o tempo e a distância (Figura 5).

ISSN 1678-7226
Ferreira, B.; Junior, J.; Neto, J. *(172 - 195)* Rev. Geogr. Acadêmica v.20, n.1 (2026)
10.5281/zenodo.24200553

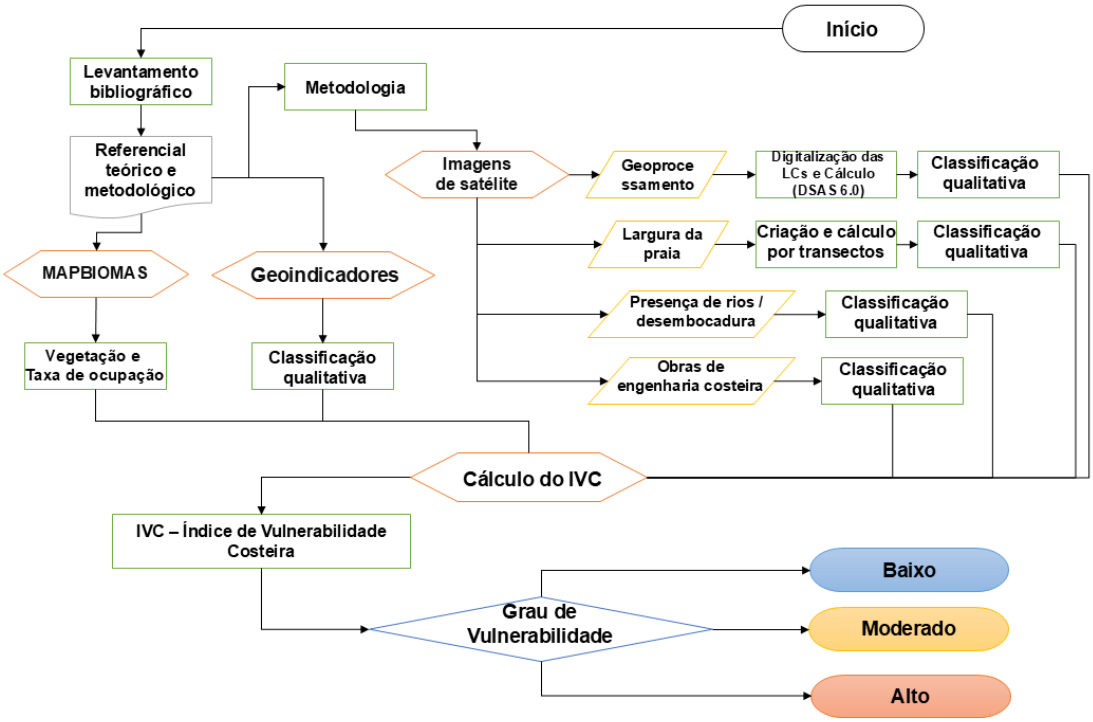


Figura 2 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos. Fonte: Os autores, 2024.

Tabela 1 – Satélites utilizados para a análise espaço-temporal, seu ano, RMS e resolução.

Satélite	Data	Erro Médio Quadrático (RMS)	Resolução
Quickbird	2003	0,485	0,5 m
RapidEye	2015	0,667	0,5 m
RapidEye	2018	0,292	0,5 m
RapidEye	2020	0,303	0,5 m
RapidEye	2024	Imagem base	0,5 m

Fonte: Os autores, 2024.

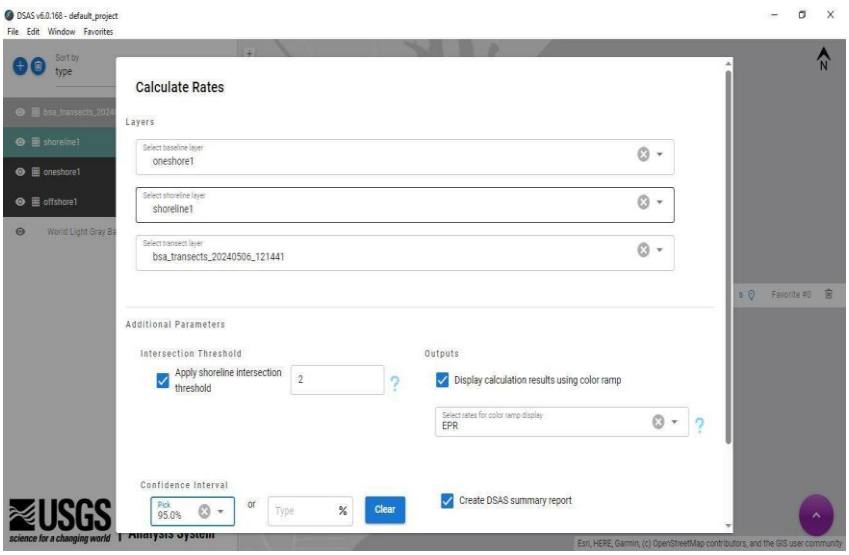


Figura 3 – Tela do software DSAS versão 6.0 com os parâmetros utilizados e seu intervalo de confiança estatística. Fonte: Himmelstoss *et al*., 2024.

ISSN 1678-7226
Ferreira, B.; Junior, J.; Neto, J. *(172 - 195)* Rev. Geogr. Acadêmica v.20, n.1 (2026)
10.5281/zenodo.24200553

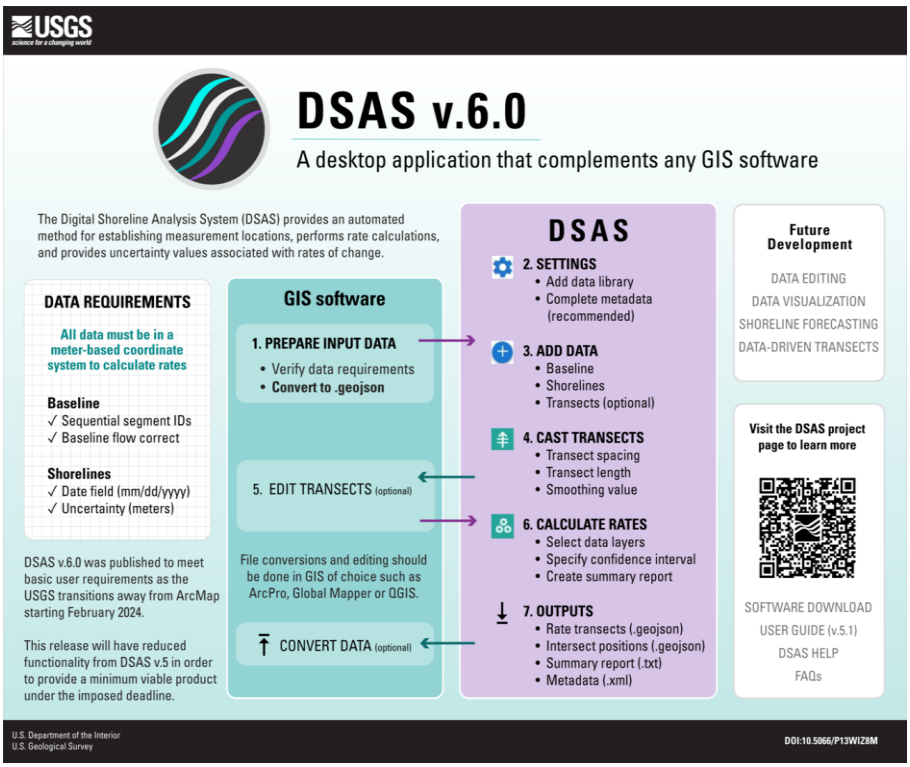


Figura 4 – Fluxograma parâmetros do DSAS V.6.0. metodológico.Fonte: Himmelstoss *et al*., 2024.

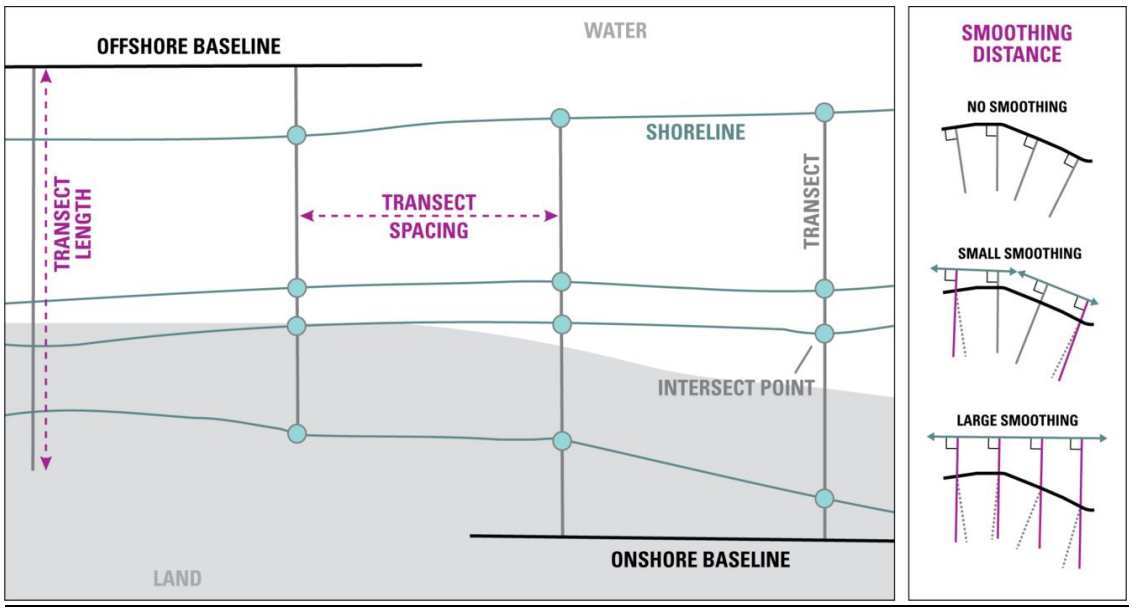


Figura 5 – Representação dos dados necessários para calcular a variação temporal da linha de costa no DSAS. Fonte: Himmelstoss *et al*., 2024.

Para a classificação qualitativa dos dados, foram adotadas as classes utilizadas por Franco (2021). O autor considerou vulnerabilidade a partir das seguintes classes: vulnerabilidade alta para variação da LC < –0,5 m/ano; vulnerabilidade média para valores entre > –0,5 m/ano e < 0,5 m/ano; e vulnerabilidade baixa quando a taxa for > 0,5 m/ano. Essa classificação foi aplicada ao presente estudo, possibilitando a elaboração dos resultados apresentados mais adiante.

10.5281/zenodo.24200553

2.2. Largura da praia

Para a determinação da largura das praias, foram utilizados 50 perfis, empregados também na análise da variação da linha de costa nos anos observados. Essa variável utilizou como parâmetro o comprimento de cada transecto, tendo como limites a linha d'água, a faixa de vegetação ou as obras de contenção costeira. Foram empregadas adaptações aos métodos e análises executados por Ribeiro *et al*. (2013), Novaes, Lobo e Ranieri (2024), Novak e Lamour (2021) e Souza e Ranieri (2023), considerando que, na área de estudo, parte da faixa de praia não possui vegetação, sendo substituída por obras estruturais do tipo *bagwall* a partir de 2012. Para determinar o grau de vulnerabilidade de cada setor, realizou-se a divisão do comprimento dos transectos em três intervalos iguais, considerando como extremos o maior e o menor valor registrados ao longo dos anos.

Foram então digitalizadas as linhas no Qgis e, posteriormente, criados pontos ao longo das linhas de preamar média, com intervalos de 50 m, gerando os transectos utilizados para calcular a largura da praia nos anos observados. A classificação, segundo Ribeiro *et al*. (2013), deve considerar os maiores e menores valores obtidos em cada ano, divididos em três classes de intervalos iguais. No caso aqui analisado, os valores de classificação foram (Tabela 2): 0 m a 17,75 m (alta vulnerabilidade), 17,76 m a 35,04 m (média vulnerabilidade) e valores superiores a 35,04 m (baixa vulnerabilidade).

2.3. Presença de rios e/ou foz

Essa variável, adaptada de Ribeiro *et al*. (2013), foi analisada utilizando a poligonal dos setores e sua proximidade com a desembocadura do rio Santo Antônio. Nos setores localizados a menos de 500 metros dessa variável, foi atribuído aos transectos o valor três (alta vulnerabilidade). Já os setores situados entre 500 e 1000 metros foram classificados como de média vulnerabilidade, enquanto aqueles a distâncias superiores a 1000 metros foram considerados de baixa vulnerabilidade. No Qgis, delimitou-se um ponto na foz do rio Santo Antônio e criou-se um buffer com as distâncias descritas, a fim de corroborar os índices. As distâncias foram adaptadas à área de estudo, ajustando o trabalho do autor analisado às características físicas dos setores.

2.4. Configuração de largo

Para a determinação dessa variável e de sua classificação, foi utilizada a proposta de Ribeiro *et al*. (2013), conforme descrito na Tabela 2, bem como imagens de satélite para identificar essa configuração nos anos observados, considerando os setores delimitados. Posteriormente, foi realizada a validação dessas variáveis, por meio de trabalho de campo. Alguns desses indicadores podem ser observados visualmente na Figura 6 e em seus respectivos setores.

ISSN 1678-7226
Ferreira, B.; Junior, J.; Neto, J. *(172 - 195)* Rev. Geogr. Acadêmica v.20, n.1 (2026)
10.5281/zenodo.24200553



Figura 6 – Imagens dos setores e suas características (A e B – setor 1), (C e D – setor 2), (E e F – setor 3). Fonte: Os autores, 2024.

2.4. Vegetação e Taxa de ocupação

Na avaliação das variáveis de vegetação e taxa de ocupação, apresentadas na Tabela 2, foram utilizados os dados do MAPBIOMAS (2024), versão 8.0, para mapear a presença de vegetação. A presença de vegetação sugere um cenário de baixa erosão, em decorrência da fixação de possíveis dunas frontais; já áreas com degradação dessa vegetação para fins de construção ao longo da faixa de praia, ou mesmo a ausência completa de vegetação, funcionam como indicadores de áreas sujeitas à erosão ou à possível erosão durante eventos extremos, aumentando a vulnerabilidade local.

Para a taxa de ocupação, foram adotados conceitos baseados na série temporal disponibilizada pelo MAPBIOMAS, classificando-se os setores conforme apresentado na Tabela 2. Assim, foi utilizado "A(3)" (alta vulnerabilidade) para áreas que apresentaram construções, independentemente de sua tipologia; "M(2)" (média vulnerabilidade) para áreas que apresentam construções, mas ainda possuem trechos não edificados; e "B(1)" (baixa vulnerabilidade) para áreas com pouca ou quase nenhuma ocupação. Por fim, os valores foram plotados nos transectos, aos quais foram atribuídas notas 1 (baixa), 2 (média) e 3 (alta vulnerabilidade). Após essa etapa, cada transecto recebeu os conceitos conforme descrito na Tabela 2, para posterior mensuração no IVC.

10.5281/zenodo.24200553

Tabela 2 - Indicadores de vulnerabilidade e sua descrição.

Indicador de vulnerabilidade	Vulnerabilidade baixa (1)	Vulnerabilidade moderada (2)	Vulnerabilidade alta (3)
Variação da linha de costa	Progradação	Estabilidade	Retrogradação
Largura da praia	Larga faixa de praia (> 35,04 m)	Largura média a estreita (17,76 – 35,04 m)	Praia estreita (<17,75 m)
Presença de rios e/ou desembocadura	Distância maior que 1000m	Distância entre 500 e 1000m	Distância menor que 500m
Taxa de ocupação	Menor que 30%	Entre 30% e 70%	Maior que 70%
Configuração ao largo	Presença de barreiras naturais (ilhas, recifes ou rochas de praia)	Pista de atuação do vento limitada (presença de barreiras arenosas ao largo)	Pista de atuação do vento extensa, sem obstáculos naturais que minimizem a energia das ondas
Vegetação	Densa com florestas desenvolvidas e sem evidências de erosão	Bem estabelecida, com gramíneas e arbustos	Nenhuma ou pouca vegetação
Obras de engenharia costeira	Ausência de estruturas Costeiras	Estruturas pequenas ou pouco significantes	Presença de quebra-mares, esporões, molhes, etc...

Fonte: Ribeiro *et al*., 2013.

2.5. Obras de engenharia costeira

Segundo Ribeiro *et al*. (2013), "as obras podem indicar instabilidade atual ou recente da linha de costa, uma vez que o objetivo delas é conter a erosão costeira ou proteger construções presentes no local, mas também tendem a induzir erosão a sotamar". Sendo assim, a presença dessas obras indica alta vulnerabilidade (3), enquanto a sua ausência é classificada como baixa vulnerabilidade (1). No caso de pequenas obras estruturais, sejam elas públicas ou privadas e que não apresentem grande relevância para a área, a classificação adotada será de média vulnerabilidade (2).

2.6. Setores da área de estudo

Como forma de descrever os resultados na área de estudo e suas diferentes configurações físicas, foi utilizada a divisão em três setores paralelos à linha de costa (Figura 7). Cada setor foi delimitado considerando suas similaridades em relação às variáveis analisadas. A elaboração dos resultados e das análises levou em consideração não apenas o setor, mas também seu entorno, verificando se alguma variável ocasionou e/ou pode vir a ocasionar modificações nos setores próximos, uma vez que a dinâmica praial é constante e seus processos são interligados. Assim, a presença ou ausência de uma variável determinou e/ou pode determinar o aumento, a estabilidade ou a diminuição do IVC.

2.7. Variáveis de vulnerabilidade costeira

Para a obtenção do grau de vulnerabilidade costeira, foram adotados os parâmetros propostos por Souza, Siegle e Tessler (2013), as sete variáveis analisadas estão apresentadas na Tabela 2. Nesse trabalho, os parâmetros quantitativos foram convertidos em qualitativos (baixa, moderada e alta vulnerabilidade). A classificação foi determinada a partir dos seguintes valores: 0 para vulnerabilidade baixa, 5 para vulnerabilidade moderada e 10 para vulnerabilidade alta. Os

10.5281/zenodo.24200553

intervalos de classificação seguiram o autor, sendo: de 0 a 2,9 (vulnerabilidade baixa), de 3 a 6,9 (vulnerabilidade moderada) e de 7 a 10 (vulnerabilidade alta).

Assim, de acordo com a equação a seguir, foi obtido o IVC da área de estudo, utilizando-se a fórmula proposta por Souza, Siegle e Tessler (2013). Nessa expressão, IVC corresponde ao Índice de Vulnerabilidade Costeira, n_v ao número de variáveis consideradas, n_i ao número de indicadores de uma determinada variável, x_i à soma dos valores desses indicadores e *I* à média aritmética das variáveis. Segundo os autores, as variáveis são calculadas pela média aritmética dos indicadores, enquanto o IVC corresponde à média aritmética das variáveis, apresentando a vantagem de poder ser aplicado em diferentes escalas de estudo. Os dados foram plotados e analisados em planilha eletrônica, com a aplicação da equação (1).

$$I = \left(\frac{1}{n_v}\right) \cdot \sum_{v} \left(\frac{1}{n_i}\right) \cdot \sum_{i} x_i \quad (1$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estão apresentados de acordo com a sequência metodológica e operacional executada ao longo do estudo, desse modo, as variáveis foram analisadas e classificadas conforme suas respectivas vulnerabilidades, seguindo o que é descrito no trabalho de Ribeiro *et al*. (2013), e considerando os anos de 2003, 2015, 2018, 2020 e 2024, com valores de vulnerabilidade alta, média e baixa. Os indicadores utilizados na análise podem ser observados na Tabela 2, bem como suas divisões por setores. Os resultados dessa tabela foram inseridos em uma planilha eletrônica para a atribuição das notas e posterior inserção no software Qgis, permitindo a espacialização e a mensuração do mapa final do IVC da área.

3.1. Variação da linha de costa

Para a análise da variação da linha de costa, foram traçados 1.328 transectos com espaçamento equidistante de 5 metros (Figura 7). O intervalo de confiança estatística adotado no software foi de 95,0%, o que expressa a confiabilidade dos dados obtidos. Quanto aos produtos cartográficos, foi utilizado o sistema de coordenadas geográficas WGS 84, Zona UTM 25S, código EPSG: 32725, amplamente empregado em estudos geográficos e geomorfológicos dessa natureza. A taxa utilizada na análise foi a End Point Rate (EPR) da LPM – Linha de Preamar Média, a qual apresentou taxa média de 0,13. Na área, 163 transectos (12,27%) foram classificados como erosivos, com valor máximo estatisticamente significativo de erosão de -4,81 m/ano. Em relação aos processos de acréscimo, 375 transectos (28,24%) foram classificados nessa categoria, apresentando valor máximo positivo de 2,33 m/ano. No conjunto da área, a tendência predominante foi a de estabilidade, corroborando com o que já havia sido descrito por Santos Junior, Ferreira e Araújo (2020), com 790 transectos (59,49%), distribuída entre todos os setores, com maior representatividade no setor 1, seguido do setor 2. Esses valores foram plotados em planilha eletrônica e posteriormente classificados conforme a legenda do mapa da Figura 7, a partir de fórmulas de intervalos.

ISSN 1678-7226
Ferreira, B.; Junior, J.; Neto, J. *(172 - 195)* Rev. Geogr. Acadêmica v.20, n.1 (2026)
10.5281/zenodo.24200553

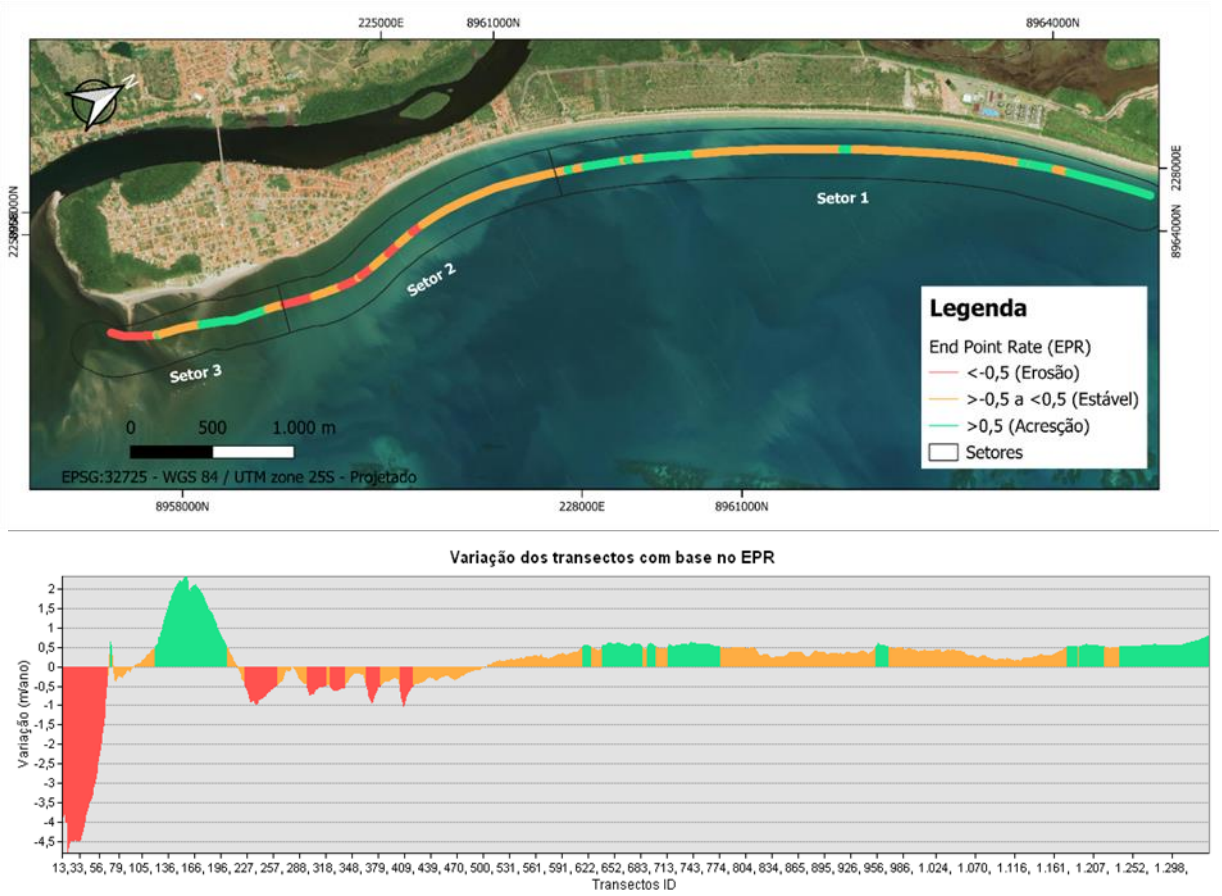


Figura 7 – Barra de Santo Antônio (AL):variação da LPM - Linha de Preamar Média utilizando o método EPR e gráfico das variações, 2024. Elaboração: Os autores, 2024.

O setor 1, localizado ao norte, apresenta variação caracterizada por acresção da faixa arenosa e estabilidade em seu entorno. A presença de dunas frontais, o aporte sedimentar ao longo do setor e a baixa interferência antrópica, caracterizada por níveis reduzidos de ocupação, contribuem para que esse setor apresente a menor variação da LPM. Além disso, a inclinação suave da praia favorece a desaceleração das ondas, típica de ambientes de padrão dissipativo, durante o processo de espraiamento (ARAÚJO *et al*., 2006). Nesse setor, não há rios que contribuam para a alteração da morfodinâmica da linha de costa. Em marés de sizígia, a topografia local é marcada pela presença de cristas de berma formadas pela ação das ondas em resposta ao perfil topográfico. Nos últimos anos, o setor vem sendo ocupado por grandes empreendimentos turísticos e de lazer, o que reforça a necessidade de cumprimento das recomendações ambientais relativas aos aspectos físicos, ao equilíbrio e à manutenção da área, previstos na Legislação. A média obtida para o setor foi de 0,44 m/ano, com limite superior de 0,79 m/ano e limite inferior de 0,15 m/ano, apresentando ainda um valor discrepante (outlier) de 1 m/ano.

Já no setor 2, localizado no centro-sul, observa-se uma predominância de transectos erosivos, em oposição ao padrão apresentado no setor anterior. Neste trecho não há dunas frontais, e a ocupação urbana é a mais intensa entre os três setores. Ao longo dos anos constatou-se o avanço de construções sobre a faixa de praia e a supressão da vegetação típica desse ambiente. O setor também abriga uma grande obra de engenharia costeira, cuja presença reforça os resultados obtidos: trata-se do trecho com maior variação negativa da linha de costa. Essa estrutura foi implantada em dezembro de 2011 com o objetivo de conter o avanço do mar e

ISSN 1678-7226
Ferreira, B.; Junior, J.; Neto, J. *(172 - 195)* Rev. Geogr. Acadêmica v.20, n.1 (2026)
10.5281/zenodo.24200553

proteger o patrimônio edificado existente. A média de variação da linha de costa nesse setor foi de 0,25 m/ano, com limite superior de 0,35 m/ano e valor erosivo mínimo de –1,04 m/ano. Não foram identificados valores discrepantes ao longo do setor.

No setor 3, ao sul, os dados indicam três classes de variação da linha de costa segundo o EPR, onde o maior valor positivo registrado foi de 2,33 m/ano (acresção), destoando dos demais valores do setor. Em contrapartida, o maior valor erosivo encontrado foi de –4,81 m/ano, localizado próximo à foz do rio Santo Antônio ao sul da área, essa variação está ligada a morfodinâmica fluvial que tende a infletir ora para sul, ora para norte, empurrada principalmente pelo aumento de vasão durante os períodos de chuva. Após essa porção erosiva, ocorre uma anomalia positiva, voltando posteriormente a valores negativos nas proximidades do início do *bagwall*, um pouco mais a norte. Os valores discrepantes observados decorrem da elevada variabilidade ambiental, frente a efemeridade das formas, influenciada diretamente pela dinâmica fluvial, resultando em uma sobreposição de padrões erosivos e deposicionais, como ilustrado na Figura 8.

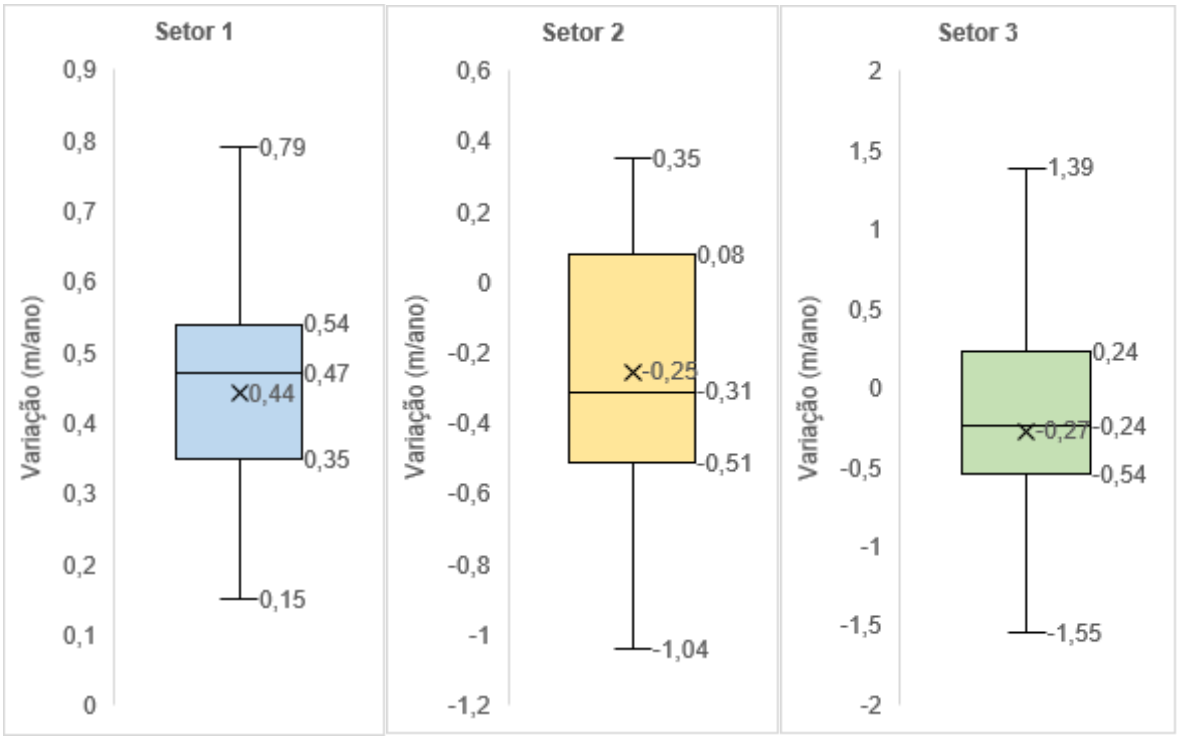


Figura 8 – Boxplot dos setores apresentando a mediana, 1°e 3º quartil, limites superior e inferior em relação aos valores do EPR de cada setor. Elaboração: Os autores, 2024.

3.2. Largura da praia

Os índices identificados e suas respectivas classificações podem ser observados na Tabela 3. Para a obtenção dos resultados em porcentagem, foi realizada a contagem dos transectos por setor (setor 1 com 77 transectos, setor 2 com 37 transectos e setor 3 com 22 transectos). Após a divisão em classes com intervalos iguais, definiu-se que as áreas com menor largura de praia foram classificadas como de alta vulnerabilidade (0 m a 17,75 m), média vulnerabilidade (17,76 m a 35,04 m) e baixa vulnerabilidade (acima de 35,04 m).

Na variável largura da praia (Figura 9), ao longo do período analisado, o setor 1 apresentou, de forma geral, as maiores larguras, resultando em classificações entre baixa e média vulnerabilidade segundo a metodologia adotada. Esses dados corroboram os resultados da

ISSN 1678-7226
Ferreira, B.; Junior, J.; Neto, J. *(172 - 195)* Rev. Geogr. Acadêmica v.20, n.1 (2026)
10.5281/zenodo.24200553

variação da linha de costa, que identificaram tendência de acresção e estabilidade da LPM nesse setor. No setor 2, a largura da praia diminuiu progressivamente ao longo dos anos, não apresentando valores superiores a 35 m nos anos de 2020 e 2024, o que reflete maior susceptibilidade aos processos erosivos identificados. Por outro lado, o setor 3 apresentou comportamento inverso ao do setor 2, com valores variando entre baixa, média e alta vulnerabilidade até 2018. Conforme descrito por Santos Junior, Ferreira e Araújo (2020), essa porção foi identificada como de alta vulnerabilidade, considerando critérios de identificação e classificação dos processos erosivos locais. Na presente análise, o setor apresentou valores predominantemente entre média e baixa vulnerabilidade, em consonância com os resultados da variação da linha de costa, que classificaram parte desse setor como de baixa vulnerabilidade.

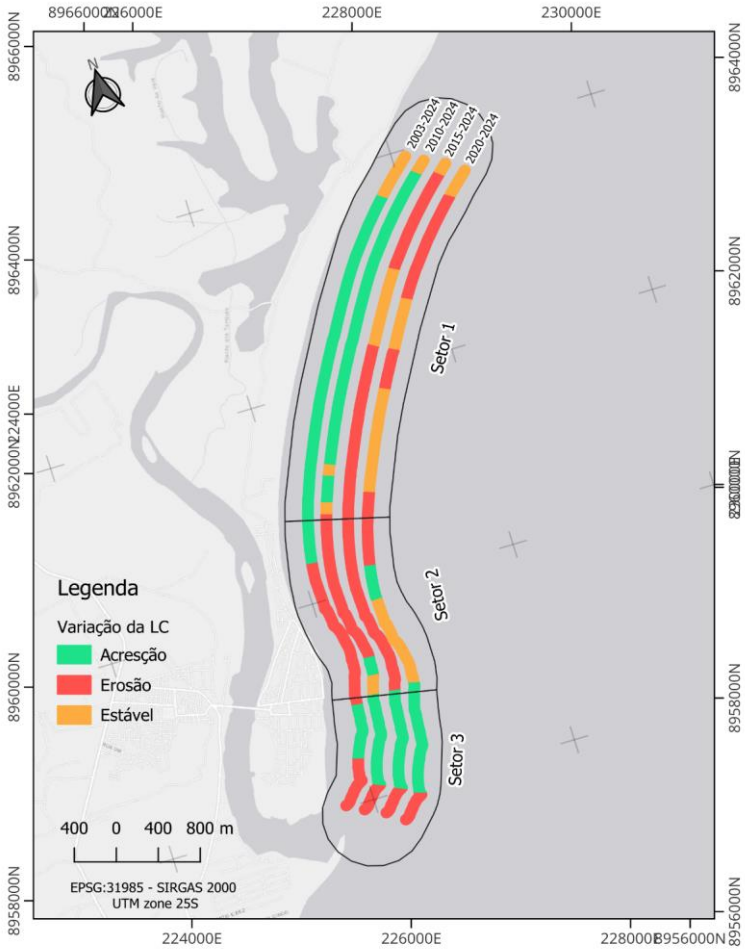


Figura 9 – Barra de Santo Antônio (AL):variações de acréscimo e erosão da área de estudo por período, 2024. Fonte: Os autores, 2024.

3.3. Presença de rios e/ou desembocadura

A área apresenta apenas o rio Santo Antônio (Figura 10), elemento fundamental tanto para o aporte sedimentar na linha de costa quanto para a comunidade local, que o utiliza como fonte de subsistência e via de navegação. Em decorrência da morfodinâmica e da alta variação da linha de costa próxima à foz, o setor 3 foi o único classificado como de alta vulnerabilidade, devido à sua proximidade e variabilidade. Já o setor 2, classificado como médio, e o setor 1, como baixo, apresentando menor influência direta da dinâmica flúvio-marinha quando

ISSN 1678-7226
Ferreira, B.; Junior, J.; Neto, J. *(172 - 195)* Rev. Geogr. Acadêmica v.20, n.1 (2026)
10.5281/zenodo.24200553

comparado aos demais setores. Os dados mostram a influência da morfodinâmica flúvio-marinha na distribuição da vulnerabilidade, tendo as mudanças na desembocadura fluvial como principal agente intensificador ou amenizador da tendência de vulnerabilidade local.



Figura 10 – Fotografia (Norte-Sul) do setor 3 com destaque para a foz do rio Santo Antônio e os bancos de areia presente. Fonte: Os autores, 2024.

3.4. Taxa de ocupação

Ao analisar os dados referentes à taxa de ocupação, observa-se que o setor 2, por estar inserido no núcleo urbano inicial do Município, manteve altas taxas de ocupação ao longo dos anos, especialmente nas áreas situadas defronte à linha de costa, incluindo a construção do *bagwall* para contenção da erosão costeira. No setor 3, houve perda de patrimônio edificado devido à influência direta da dinâmica fluvial (Figura 11). O aumento das construções ocorreu principalmente em áreas próximas à foz, atingindo a vegetação de mangue, que, embora estejam mais distantes das feições arenosas, exercem influência, ainda que parcial, na sua manutenção, especialmente nos momentos de eventos mais intensos de ressaca e também cheias do rio. Já o setor 1 manteve baixa taxa de ocupação em todos os anos analisados, sendo classificado como baixa vulnerabilidade para essa variável.

ISSN 1678-7226
Ferreira, B.; Junior, J.; Neto, J. *(172 - 195)* Rev. Geogr. Acadêmica v.20, n.1 (2026)
10.5281/zenodo.24200553



Figura 10 – Fotografia (Norte-Sul) do setor 3 com destaque para a foz do rio Santo Antônio e os bancos de areia presente. Fonte: Os autores, 2024.

3.5. Configuração ao largo

O setor 1 apresenta dunas frontais escalonadas e conservadas em toda a sua extensão, acompanhadas de vegetação de praia, formando uma planície costeira (Figura 12). O aporte sedimentar disponível é significativo e desempenha papel fundamental durante eventos extremos, como as marés de sizígia, protegendo a costa. Neste setor, não foram identificados indicadores de alta vulnerabilidade. Já o setor 2, observa-se ao longo de toda a sua extensão a presença de indicadores de alta vulnerabilidade, como o *bagwall* e estruturas privadas que vêm sendo destruídas pela ação das ondas, mesmo com a existência da obra estrutural, cujo propósito é justamente proteger a linha de costa.

O setor 3 é o que apresenta maiores variáveis, como *bagwall*, árvores na face praial com raízes expostas, dunas frontais vegetadas e barreiras arenosas próximas à foz e também na região central do setor. Esta área também é a que mais vem recebendo aporte sedimentar, mostrando sinais de recuperação nos últimos cinco anos, quando comparada com os resultados de Santos Junior, Ferreira e Araújo (2020), o qual descreveu esse setor como o de maior erodibilidade à época. Essa mudança, ao se observar as imagens que foram utilizadas, se deu devido a inflexão da desembocadura fluvial para norte em um momento de intensificação de ventos de sudeste.

3.5. Cobertura vegetal

O setor 1 (Figura 12) foi classificado como de baixa vulnerabilidade, apresentando, ao longo de todo o período analisado, cobertura vegetal contínua e expansão dessa vegetação. Tendo como hipótese para tal resultado, pode estar associado à baixa ou inexistente ocupação, tendo pouca interferência antrópica. Nos anos de 2003, 2015, 2018, 2020 e 2024, o setor 1 manteve-se na classe de baixa vulnerabilidade por sempre apresentar cobertura vegetal conservada no pós-praia. No entanto, nos últimos 5 anos essa área vem recebendo empreendimentos ligados ao setor de turismo de lazer, o que pode impactar a cobertura vegetal, levando a sua redução e consequente aumento da vulnerabilidade.

ISSN 1678-7226
Ferreira, B.; Junior, J.; Neto, J. *(172 - 195)* Rev. Geogr. Acadêmica v.20, n.1 (2026)
10.5281/zenodo.24200553



Figura 11 – Barra de Santo Antônio (AL):Comparação do setor 3 com a destruição de construções na face de praia, 2024. Fonte: Os autores, 2024.



Figura 12 – Vista panorâmica do setor 1 apresentando dunas frontais e cobertura vegetal. Fonte: Os autores, 2024.

No setor 2 (Figura 13), não foram obtidos valores de baixa vulnerabilidade para os anos observados, nesse trecho, onde se esperaria encontrar cobertura vegetal e dunas frontais observa-se, na verdade, construções e trechos de pós-praia sem esses indicadores naturais. Em 2003, ainda havia cobertura vegetal de pequeno porte, mas que foi suprimida nos anos seguintes, resultando em alta vulnerabilidade em todos os anos analisados.

O setor 3 (Figura 14) apresentava, no mesmo ano, cobertura vegetal relativamente densa e de porte médio, considerada favorável na avaliação de vulnerabilidade costeira. Entretanto, essa vegetação foi parcialmente suprimida ao longo dos anos, fazendo com que a área permanecesse classificada como de alta vulnerabilidade até 2018. Após esse período, observou-se o alargamento do pós-praia e a formação de dunas frontais e bermas escalonadas, o que favoreceu a recuperação da cobertura vegetal em uma porção central do setor.

ISSN 1678-7226
Ferreira, B.; Junior, J.; Neto, J. *(172 - 195)* Rev. Geogr. Acadêmica v.20, n.1 (2026)
10.5281/zenodo.24200553



Figura 13 – (A) Visão do setor 1 (Norte da área de estudo) para o setor 2 com a presença do *Bagwall* e construções na face de praia com indicadores de degradação. (B) Vista do setor 2 e das condições estruturais do *bagwall* e das casas da população. Fonte: Os autores, 2024.

A área de estudo foi investigada por Santos Junior, Ferreira e Araújo (2020), que identificaram geoindicadores capazes de classificar o setor 3 como de alta vulnerabilidade. No entanto, observa-se atualmente uma sucessão de condições menos intensas de vulnerabilidade em um curto intervalo temporal. Na porção mais próxima da foz (Figura 15), embora ainda seja possível identificar raízes expostas e recuo da cobertura vegetal, nota-se a retomada da vegetação pioneira e a formação de um spit arenoso, o qual atua como possível atenuador da morfodinâmica associada à deriva litorânea. Esse processo tem favorecido a recuperação da faixa de areia e, consequentemente, a fixação de cobertura vegetal secundária.

ISSN 1678-7226
Ferreira, B.; Junior, J.; Neto, J. *(172 - 195)* Rev. Geogr. Acadêmica v.20, n.1 (2026)
10.5281/zenodo.24200553



Figura 14 – Vista do setor 3 (Sul da área de estudo) para o setor 2. Fonte: Os autores, 2023.



Figura 15 – Vista do setor 3 (Sul da área de estudo). Fonte: Os autores, 2024.

3.5. Variáveis de vulnerabilidade a erosão costeira

Os resultados, apresentados na Tabela 3, mostram que o setor 1 concentra o maior número de indicadores de baixa vulnerabilidade, sem registro de variáveis classificadas como de alta vulnerabilidade. O setor 2, por sua vez, apresentou ao longo da série histórica variáveis de média e alta vulnerabilidade, registrando baixa vulnerabilidade apenas em 2003, na variável

10.5281/zenodo.24200553

"obras de engenharia costeira", período em que não havia intervenções. Já o setor 3 se destaca por apresentar as maiores oscilações de classificação, especialmente nas variáveis relacionadas à linha de costa e à largura da praia, aspectos influenciados pela morfodinâmica flúvio-marinha.

Tabela 3 – Vulnerabilidades encontradas para cada indicador analisado, onde "1", "2" e "3" representam setores e A-alta, M-média e B-baixa representam vulnerabilidade.

Indicadores de vulnerabilidade	Anos														
	2003			2015			2018			2020			2024		
	Setores														
	1	*2*	*3*	*1*	*2*	*3*	*1*	*2*	*3*	*1*	*2*	*3*	*1*	*2*	*3*
Variação da linha de costa	-	-	-	B	A	A	B	A	A	B	A	A	B	A	M
Largura da praia	B	M	M	B	A	A	B	A	A	B	A	B	B	A	M
Presença de rios/ desembocadura	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
Taxa de ocupação	B	A	A	B	A	A	B	A	A	B	A	A	B	A	A
Configuração ao largo	M	M	M	M	M	A	M	M	A	M	M	A	M	M	A
Vegetação	B	M	M	B	A	A	B	A	A	B	A	M	B	A	M
Obras de engenharia costeira	B	B	B	A	A	B	B	A	B	B	A	B	B	A	B

Elaboração: Os autores, 2024.

3.5. IVC – Índice de Vulnerabilidade Costeira

Como apresentado na Figura 17, a área apresenta, estatisticamente, 41,04% das porções classificadas como de alta vulnerabilidade à erosão, 40,29% como de baixa vulnerabilidade e 18,67% como de vulnerabilidade moderada. Essa distribuição espacial evidencia uma predominância das classes extremas, alta e baixa, ao longo das variáveis. No que se refere ao IVC, ilustrado no mapa da Figura 16, os setores 2 e 3 apresentam semelhanças e padrões quanto aos fatores condicionantes de vulnerabilidade costeira.

O setor 1 foi o único que não apresentou alta vulnerabilidade, sendo este um setor misto, porém com forte predominância de baixa vulnerabilidade, totalizando 82,61% para a classe baixa e 17,39% para a classe moderada. Embora apresente indicadores de baixa vulnerabilidade a processos erosivos, é necessário, diante do aumento de construções no setor, discutir a necessidade de se implementar um planejamento voltado à conservação das feições que desempenham papel essencial na manutenção da faixa de praia e em suas taxas positivas de estabilidade, como evidenciado pelo IVC.

O setor 2 apresentou 80,89% de sua área classificada como de alta vulnerabilidade, com apenas 7,56% de vulnerabilidade moderada e 11,56% de baixa vulnerabilidade, esta última concentrada nos transectos próximos ao setor 1. A classificação elevada permanece mesmo com a presença de *bagwall*, cuja edificação tem apresentado problemas estruturais que afetam a população local, colocando em risco a manutenção de seus patrimônios, predominantemente residências e pequenos comércios locais. Diante disso, torna-se necessário, no âmbito do planejamento urbano municipal, a implementação de um zoneamento específico e de um monitoramento contínuo nos próximos anos, sobretudo durante eventos extremos, a fim de avaliar seu comportamento e eficácia, que vêm diminuindo devido ao comprometimento estrutural observado nos últimos anos. Esse é um cenário comumente descrito na literatura especializada sobre o tema, onde são numerosos os relatos de implantação de obras de engenharia para conter a erosão costeira, cuja eficácia diminui drasticamente após alguns anos de sua implantação.

ISSN 1678-7226
Ferreira, B.; Junior, J.; Neto, J. *(172 - 195)* Rev. Geogr. Acadêmica v.20, n.1 (2026)
10.5281/zenodo.24200553

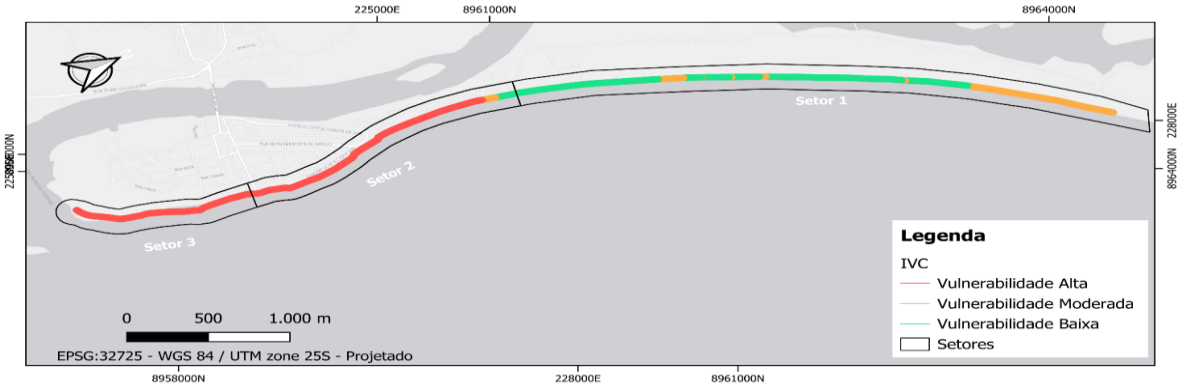


Figura 16 – Barra de Santo Antônio (AL): resultado do IVC - Índice de Vulnerabilidade Costeira da área de estudo analisada. Fonte: Os autores, 2024.

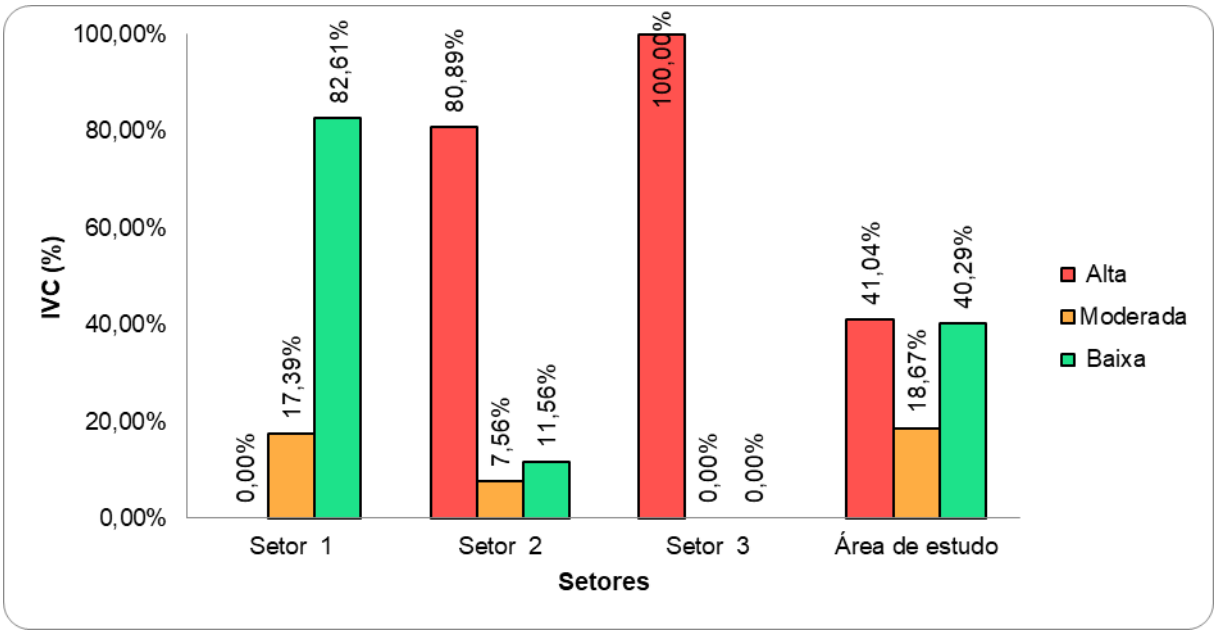


Figura 17 – Percentuais totais por setor e valor percentual da área de estudo analisada. Elaboração: Os autores, 2024.

O setor 3 foi classificado com 100% de sua área como de alta vulnerabilidade, no conjunto da análise realizada, mesmo atualmente apresentando tendência ao alargamento da planície costeira, o que lhe confere maior complexidade. Do ponto de vista do planejamento e do zoneamento local, trata-se de um setor que ainda preserva características naturais e que é amplamente utilizado para lazer, com presença de restaurantes e estruturas voltadas ao turismo e ao uso da população local em suas circunvizinhanças. Em períodos em que a faixa de areia se encontrava mais estreita em comparação à situação atual, observou-se não apenas a alteração da beleza cênica e paisagística, mas também mudanças na dinâmica de uso desse ambiente por comerciantes, turistas e pescadores, que dependem da praia para diversas finalidades. Sua intima relação com a desembocadura fluvial intensifica a efemeridade das morfologias, demandando do planejamento territorial maior atenção e respeito aos limites e restrições legais de uso e ocupação das terras.

10.5281/zenodo.24200553

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação do Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC) permitiu identificar e espacializar diferentes condições de vulnerabilidade à erosão ao longo dos 9,3 km de linha de costa analisados em Barra de Santo Antônio. Os resultados evidenciaram que 41,04% da faixa costeira apresenta alta vulnerabilidade, enquanto 40,29% apresenta baixa vulnerabilidade, demonstrando um cenário de contrastes associado às características físicas e às formas de uso e ocupação da zona costeira. Entre os setores analisados, destacam-se o Setor 1 (Norte), com predomínio de baixa vulnerabilidade (82,61%), associado à preservação das dunas e da vegetação, e os Setores 2 (Centro-Sul) e 3 (Sul), nos quais a alta vulnerabilidade atingiu 80,89% e 100%, respectivamente, evidenciando a influência da ocupação urbana, das intervenções costeiras e da dinâmica flúvio-marinha na desembocadura do Rio Santo Antônio.

A integração entre sensoriamento remoto, geoprocessamento e análise da variação da linha de costa por meio do DSAS 6.0 demonstrou potencial para a avaliação da vulnerabilidade costeira, permitindo relacionar as mudanças da linha de costa aos condicionantes naturais e antrópicos. Nesse sentido, a pesquisa contribui para ampliar a base de informações sobre a dinâmica costeira do Litoral Norte de Alagoas, especialmente diante da escassez de dados sistematizados e de monitoramento histórico na região. O banco de dados produzido e a metodologia aplicada também constituem subsídios para o planejamento territorial e o gerenciamento costeiro, auxiliando na identificação de áreas prioritárias para ações de prevenção e mitigação dos processos erosivos.

Mesmo diante das contribuições alcançadas, ressalta-se a necessidade de ampliar o monitoramento da área por meio de séries temporais mais longas e da atualização periódica dos indicadores utilizados. Recomenda-se, ainda, a realização de estudos que integrem variáveis oceanográficas, hidrodinâmicas e sedimentológicas, de modo a aprofundar a compreensão dos processos responsáveis pelas alterações da linha de costa, especialmente na desembocadura do Rio Santo Antônio. A aplicação e a comparação da metodologia em outros municípios do litoral de Alagoas também poderão contribuir para identificar padrões regionais de vulnerabilidade e fortalecer as estratégias de gestão e ordenamento dos ambientes costeiros.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) pelo apoio financeiro, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e ao Laboratório de Geologia da mesma instituição.

REFERÊNCIAS

ALAGOAS (Estado). **Secretaria de Estado do Planejamento, Gestão e Patrimônio. Superintendência de Informações e Cenários.** Perfil Municipal 2025: Barra de Santo Antônio. v. 6, n. 6. Maceió: SEPLAG/SINC, 2025.

ARAÚJO, T. C. M.; SANTOS, R. C. A. L.; SEONE, J. C. S.; MANSO, V. A. V. **Erosão e progradação no litoral de Alagoas**. In: MUEHE, D. (org.). Erosão e progradação no litoral brasileiro. Brasília: Ministério do Meio Ambiente do Brasil, 2006.

FRANCO, B. J. Análise do índice de vulnerabilidade costeira no setor oeste da Região Metropolitana de Fortaleza. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021. 41p.

HIMMELSTOSS, E. A.; HENDERSON, R. E.; FARRIS, A. S.; KRATZMANN, M. G.; BARTLETT, M. K.;

10.5281/zenodo.24200553

ERGUL, A.; McANDREWS, J.; CIBAJ, R.; ZICHICHI, J. L.; THIELER, E. R. Digital Shoreline Analysis System version 6.0. U.S. Geological Survey Software Release, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.5066/P13WIZ8M.

HIMMELSTOSS, E. A.; HENDERSON, R. E.; KRATZMANN, M. G.; FARRIS, A. S. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.1 user guide. U.S. Geological Survey Open-File Report, 2021–1091, 104 p., 2021. https://doi.org/10.3133/ofr20211091

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Barra de Santo Antônio.** Cidades e Estados. Rio de Janeiro: IBGE, 2026. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/barra-de-santo-antonio/panorama. Acesso em: 07 nov. 2026.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2022**: informações de população e domicílios por setores censitários auxiliam gestão pública. 2022. Disponível em: https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/. Acesso em: 12 out. 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE divulga lista de municípios defrontantes com o mar**. Agência de Notícias IBGE, Rio de Janeiro, 25 jun. 2020. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28010-ibge-divulga-lista-de-municipios-defrontantes-com-o-mar. Acesso em: 3 nov. 2026.

ICMBIO – INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Plano de manejo da Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais. Tamandaré, PE, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/marinho/lista-de-ucs/apa-da-costa-dos-corais/informacoes-da-unidade-de-conservacao/plano-de-manejo/arquivos-1/plano_de_manejo-1.pdf Acesso em: 25 set. 2024.

LIMA, E. A. C. de F.; RANIERI, V. E. L. A proteção de áreas naturais no contexto do planejamento territorial municipal: estudos de caso na Zona Costeira do Estado de São Paulo. Revista Ciência e Natura, v. 41, 2019. https://doi.org/10.5902/2179460X36769

LIMA, R. C. A; ARAÚJO, T. C. M.; FARIAS, F. S. Vulnerabilidade das praias dos municípios de Paripueira e Barra de Santo Antônio–AL. **Anais do Simpósio Brasileiro sobre Praias Arenosas, Itajaí-SC**, p. 371-372, 2000.

LINS-DE-BARROS, F. M.; PAULA, D. P. de; SOUSA, P. H. G. **Vulnerabilidade costeira: conceitos, abordagens e aplicações**. In: MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.). Geografia marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 631-654.

LOPES, D. N. DUARTE, C. R.; SILVA, M. T. da; GRIGIO, A. M.; FREIRES, E. V.; SANTOS, L. S. A. dos.Evolução da linha de costa no município de São Gonçalo do Amarante-CE no período de 1984 a 2020. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 5, p. 3067-3077, 2021. https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.5.p3067-3077

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Brasília: MMA, 2018. 759 p. (Relatório técnico).

NEGRÃO, Y. de S.; SOUSA, H. C.; RANIERI, L. A. Vulnerabilidade à erosão costeira em praias amazônicas e a ocupação populacional em áreas de riscos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, n. 2, p. 1264–1284, 2022. https://doi.org/10.20502/rbg.v23i2.1951

NOVAES, G. de O.; LOBO, F. C.; RANIERI, L. A. Geoindicadores de vulnerabilidade à erosão e risco costeiro em praias estuarinas da costa amazônica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 25, n. 2, p. 1-23, 2024. https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v25i2.2461

NOVAK, L. P.; LAMOUR, M. R. Avaliação do risco à erosão costeira em praias urbanizadas do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, n. 1, p. 163-185, 2021. https://doi.org/10.20502/rbg.v22i1.1661

OLIVEIRA DOS SANTOS, E.; SOUZA, P. C. O.; SANTOS, J. R. U.; NASCIMENTO, S. P. G.; MELO, M. S. A zona costeira alagoana sofre com a intervenção do homem: um estudo de caso do processo erosivo no município da Barra de Santo Antônio, litoral norte de Alagoas. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 9., 2012,

10.5281/zenodo.24200553

Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: https://www.sinageo.org.br/2012/trabalhos/4/4-289-110.html. Acesso em: 3 nov. 2026.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção v.8.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/. Acesso em: mai. 2024.

QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System (versão 3.40.10). 2025. Disponível em: <https://qgis.org/>.

RIBEIRO, J. dos S. SOUSA, P. H. G. de O.; VIEIRA, D. R.; SIEGLE, E. Evolução da vulnerabilidade à erosão costeira na Praia de Massaguaçú. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 13, n. 3, p. 253-265, mai. 2013. https://doi.org/10.5894/rgci377

SANTOS JUNIOR, J. F. dos; FERREIRA, B.; ARAÚJO, E. M. M. Erosão costeira no município de Barra de Santo Antônio, litoral norte de Alagoas. **Arquivo de Ciências do Mar**, v. 53, n. 2, p. 34-42, 2020. https://doi.org/10.32360/acmar.v53iEspecial.42690

SILVA, B. M. F. da.; SANTOS JÚNIOR, O. F. dos; FREITAS NETO, O.; SCUDELARI, A. C. Erosão em falésias costeiras e movimentos de massa no Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Revista Geociências**, v. 39, n. 2, p. 447-461, 2020. https://doi.org/10.5016/geociencias.v39i2.14233

SOUSA, M. B. P. de; RANIERI, L. A. Morfodinâmica de praias estuarinas da costa leste da Ilha do Marajó, Amazônia Oriental. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 3, p. 1-14, 2023. https://doi.org/10.20502/rbg.v24i3.2350

SOUSA, P. H. G. O.; SIEGLE, E.; TESSLER, M. G. Vulnerability assessment of Massaguaçú Beach (SE Brazil). **Ocean & Coastal Management**, v. 77, p. 24-30, 2013. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2012.03.003. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.03.003