



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge>



Mapeamento Geomorfológico de Detalhe da Foz do Rio Tatuamunha, Litoral Norte de Alagoas

Thiago Cavalcante Lins Silva¹, Bruno Ferreira², Marco Túlio Mendonça Diniz³, Mikael Eduardo Silva Ferreira⁴

¹ Geógrafo, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Centro de Ciências Humanas Letras e Artes (CCHLA), Campus Universitário, Natal (RN), Brasil, thiago0_lins@hotmail.com (<https://orcid.org/0000-0001-8401-5274>); ² Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente (IGDema), Campus A. C. Simões, Maceió (AL), Brasil, brunge2005@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0003-1237-1805>); ³ Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Centro de Ensino Superior do Seridó (CERES), Campus de Caicó, Caicó (RN), Brasil, tuliogeografia@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0002-7676-4475>); ⁴ Graduando em Geografia pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente (IGDema), Campus A. C. Simões, Maceió (AL), Brasil, mikael.ferreira@igdema.ufal.br (<https://orcid.org/0009-0003-1280-8744>).

Artigo recebido em 18/05/2024 e aceito em 31/05/2024

RESUMO

As desembocaduras fluviais são pontos de convergência de uma série de processos, o que torna estes ambientes bastante dinâmicos, dando origem a morfologias controladas pelo equilíbrio de múltiplas variáveis oceânicas, marinhas e continentais, responsáveis pela constante reestruturação destes ambientes. Tendo como base a complexidade necessária a análise desses ambientes, o presente estudo buscou mapear os conjuntos morfológicos presentes na desembocadura do Rio Tatuamunha, Litoral Norte de Alagoas. Como metodologia, executou-se uma elaboração e coleta de dados executada com o auxílio de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), dando origem a informações e imageamentos que possibilitaram o mapeamento geomorfológico da área, ambos elaborados através de softwares open source. O procedimento de separação e hierarquização das formas baseou-se nas perspectivas morfodinâmicas de estabilidade e instabilidade morfodinâmicas das formas. Foram delimitados sete conjuntos morfológicos, além de pequenas formas sazonais como cristas e bancos de areia. A partir dos modelos cartográficos, classificação da estabilidade morfodinâmica e observações em campo, foi possível identificar uma tendência de alteração da desembocadura fluvial e seu reflexo na organização das formas, com tendência de migração de sul para norte. Com base nas análises e modelos apresentados, o presente estudo buscou contribuir com a disseminação de informações e detalhamento dos processos morfodinâmicos e morfologias derivadas em desembocaduras fluviais no Litoral Norte de Alagoas, buscando a aplicação de metodologias de baixo custo e passíveis de replicação em outras áreas e cenários no Estado.

Palavras-chave: VANTs, Geomorfologia, Costa.

Detailed Geomorphological Mapping of the Mouth of the Tatuamunha River, North Coast of Alagoas

ABSTRACT

The river mouths are points of convergence of a series of processes, which makes these environments very dynamic, giving rise to morphologies controlled by the balance of multiple oceanic, marine, and continental variables, responsible for the constant restructuring of these same environments. Based on the complexity required to analyze these environments, this study sought to map the morphological sets present at the mouth of the Tatuamunha River, on the North Coast of Alagoas. As for the methodology of this research, elaboration and data collection were carried out through an Unmanned Aerial Vehicle (UAV), which made it possible to gather information and images that allowed the geomorphological mapping of the area, both developed using open source software. The procedure for separating and ranking the forms was based on the morphodynamic perspectives of morphodynamic stability and instability of the forms. Seven morphological sets were delimited, in addition to small seasonal forms such as ridges and sandbanks. From the cartographic models, classification of morphodynamic stability, and field observations, it was possible to identify a tendency to change the river mouth and its reflection in the organization of the forms, with a tendency to migrate from south to north. Based on the analyses and models presented, this study sought to contribute to the dissemination of information and detailing of morphodynamic processes, and derived morphologies in river mouths on the North Coast of Alagoas, in order to apply low-cost methodologies that can be replicated in other areas and scenarios in the state.

Keywords: UAVs, Geomorphology, Coast.

Introdução

As Zonas costeiras compreendem paisagens complexas e de relativa sensibilidade a mudanças, principalmente, quando se trata de suas dinâmicas flúvio-marinhas, bem como, processos que a influenciam, uma vez que estas se caracterizam por serem zonas de contato entre os sistemas continentais e marinhos rasos. Dada a sua natureza dinâmica, seus modelados apresentam baixa resiliência a variações energéticas que modelam e remodelam constantemente as formas desenvolvidas, tornando-as, por vezes, efêmeras (Silva et al., 2016; Silva et al., 2024).

Nas desembocaduras fluviais, inseridas em áreas de recepção e descarga sedimentar, os processos denudacionais e agradacionais se alternam de forma cíclica, constituindo uma zona de morfodinâmica bastante intensa, com sucessivos reagrupamentos morfológicos e reposicionamento da linha de costa. Devido à grande dinâmica desses ambientes, os mapeamentos geomorfológicos que se dedicam a representá-los, demandam análises sistêmicas e complexas, em contrapartida, configuram importantes ferramentas de caracterização e análise das paisagens fluviomarinhas, tendo em vista que apresentam conjunções distintas constantemente (Costa, Rocha e Fernandez, 2020). Desse modo, os produtos cartográficos produzidos devem ser constantemente refinados e atualizados, uma vez que grande parte das morfologias são efêmeras na paisagem, estão em constante reafeiçãoamento.

Esses ambientes de interação flúvio-marinha, no contexto do Litoral de Alagoas, onde há a ocorrência de controle por ondas (Barbosa, 1989; Dominguez, 1990; Silva, 2021; Ferreira et al., 2024), permitem a reesculturação constante das formas, incorporação de barreiras paralelas a linha de costa e a formação de spits e crista arenosas. A longo prazo, os processos morfodinâmicos, levam a reconfiguração morfológica das desembocaduras, as quais estão sujeitas a mudanças nos padrões de balanço sedimentar próximos à foz, onde a deriva litorânea pode favorecer a propagação ou retrogradação da linha de costa e também promover mudanças, positivas e negativas, na largura do canal de deságue.

Giosan et al. (2005), afirmam que em sua grande maioria as desembocaduras apresentam morfodinâmicas com tendência a movimentos não-lineares, sobretudo, pela interdigitação de fatores de controle, a exemplo da hidráulica marinha, aerodinâmica costeira, hidráulica fluvial e as formas de uso das terras. Tais processos interferem diretamente nas características morfológicas,

sedimentares e altimétricas destas zonas. Sendo estas sensíveis a alterações nos fluxos de energia e matéria, onde pequenas mudanças podem ocasionar a migração de canais ou mesmo a inversão de relevo, em um ambiente sedimentar inconsolidado (Xiong et al., 2023; Mishra e Kar, 2023). Nesse contexto, as ações de mapeamento geomorfológico constituem importantes ferramentas de investigação dos processos dinâmicos costeiros, quando embasados em um arcabouço conceitual robusto e com aplicação das geotecnologias, especialmente no tocante e inserção de novas ferramentas digitais.

A utilização de geotecnologias tem avançado bastante nas últimas décadas, possibilitando um refinamento cada vez maior nas análises geomorfológicas, as quais passaram a assumir um nível de detalhe milimétrico, principalmente com o emprego de drones e GPS de precisão, tornando as análises cada vez mais detalhadas (Casella et al., 2014; Brempong et al., 2021). Tratando-se, especificamente, da gestão e diagnóstico de praias, os drones surgem como solução viável, metodológica e financeiramente, no monitoramento dos processos costeiros de forma contínua e em escala de detalhe, com experiências de sucesso no mundo (Chapapria et al., 2022).

Tendo em vista a necessidade de mapeamento e análises de desembocaduras fluviais, bem como, os desafios de seu monitoramento, o presente estudo se propôs a investigar as dinâmicas costeiras da porção centro-norte da desembocadura do Rio Tatuamunha, localizado no município de Porto de Pedras, Litoral Norte de Alagoas, utilizando técnicas de fotogrametria de detalhe, na construção de um mapeamento geomorfológico detalhado, agrupando as unidades morfológicas e microfieções processuais, buscando interpretar e compreender essa área ainda pouco estudada.

Caracterizações versando sobre o Litoral Norte de Alagoas, do ponto de vista geomorfológico, são pouco frequentes no cenário acadêmico, com algumas contribuições, em meso a macro escala, como é o caso dos estudos de Barbosa (1985), Góes (1987), Correia e Sovierzoski (2008), Lima et al. (2020); Lima et al. (2021) e Tenório & Guimarães Júnior (2023). A contribuição mais próxima em escala de detalhe foi elaborada por Ferreira (1999), que produziu um mapeamento sistemático para a região de Japaratinga, a norte da área de estudo, ainda assim, com poucas informações sobre o contexto regional. Ainda pode-se destacar os trabalhos de, Rocha et

al. (2009), Paiva (2018), Fonseca (2021) e Santos Júnior, Araújo e Ferreira (2021) estudos exploratórios que analisaram outras porções do Litoral Norte do Estado, sob diferentes perspectivas de trabalho, trazendo valiosas contribuições.

É em um cenário de breves discussões e explicações sobre a dinâmica geomorfológica do Litoral Norte de Alagoas, é que se insere o presente estudo, buscando compreender e refinar as informações sobre seus conjuntos morfológicos, processos morfodinâmicos, tendo como cenário, uma importante desembocadura fluvial da região.

Vale mencionar que a área anteriormente citada é ponto focal de iniciativas de conservação da fauna local, onde está inserido a Associação Peixe Boi, uma organização comunitária sem fins lucrativos que visa salvaguardar a espécie Peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*) (Cruz et al., 2022), além disso também há a ocorrência de empreendimentos turísticos de grande a médio porte, extremamente próximos a linha de praia (Mendonça e Araujo, 2021). A relação entre esses dois fatores entre interferência e conservação, abre margem para estudos sistemáticos que visem compreender as organizações das formações superficiais e sua dinâmica, seja para mensurar processos a nível de detalhe, ou para o

desenvolvimento e implementações de estratégias de conservação pelo poder público.

O presente estudo, buscará compreender a sistemática da área através de suas formas, um dos aspectos mais sensíveis ao se tratar de desembocaduras, traçando noções e linhas interpretativas de processos superficiais, através da sistematização das formas e a identificações de processos. Se fazendo viável através de ortomosaicos e modelos digitais de superfície obtidos por Veículos Aéreos Não Tripulados [VANTs]. Buscando sobretudo uma contribuição direta para o estabelecimento de estratégias de conservação ou fiscalização da área

Materiais e métodos

Área de Estudo

A área de estudo compreende a foz do Rio Tatuamunha, em Porto de Pedras, Litoral Norte de Alagoas (Figura 1), a cerca de 109 km de Maceió, na Região Geográfica Intermediária de Maceió e na Região Imediata de Porto Calvo - São Luiz do Quitunde (IBGE, 2022). O Município faz limites a norte com Japaratinga e Porto Calvo, a sul com São Miguel dos Milagres, a oeste com Matriz do Camaragibe. A desembocadura localiza-se em seu extremo sul, estendendo-se por cerca de 2,5 quilômetros na linha de costa e 1,2 Km a montante.

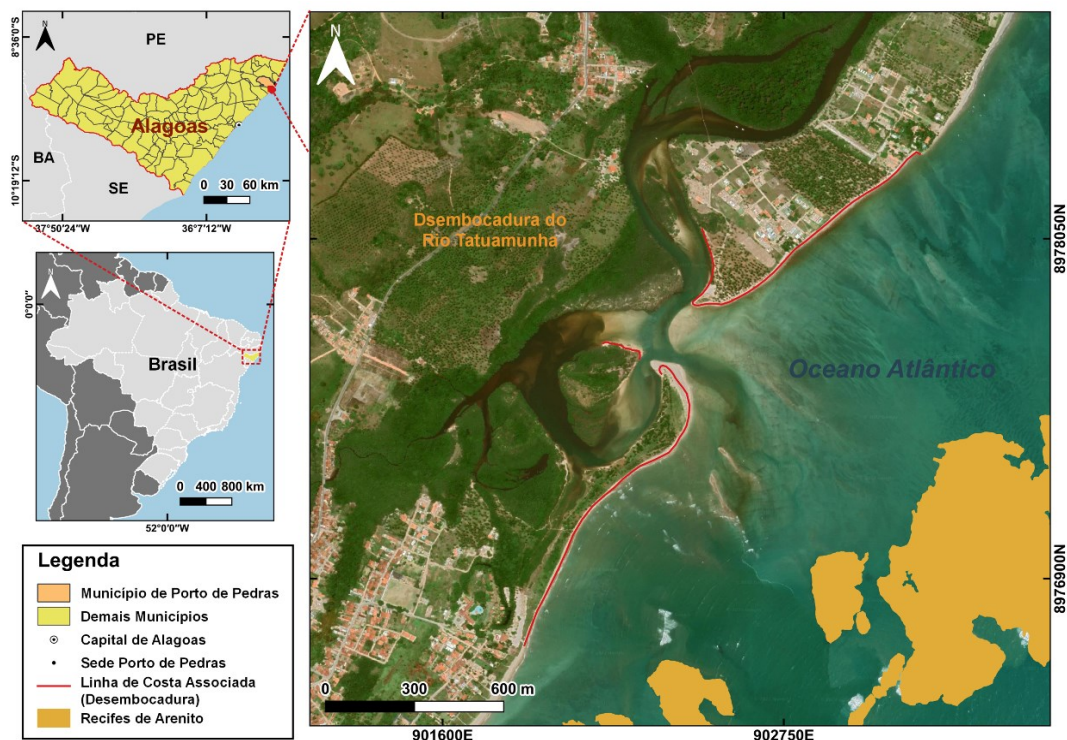


Figure 1. Mapa de localização da área de estudo.

No mapeamento geológico realizado por Silva et al (2023), podem ser encontradas no entorno da área de estudo as seguintes litologias: ENb – Formação Barreiras; K1mac – Formação Maceió; Q2fl – Depósitos Flúvio Lagunares, sedimentos inconsolidados arenosos com alto percentual de argila e silte; Q2pm – Depósitos de Pântanos e de Mangues, compostos por materiais arenosos e lamosos, inconsolidados. Em recorte mais detalhado, a área de estudo está inserida entre os Depósitos Flúvio Lagunares e Depósitos de Pântano e Mangues.

A bacia hidrográfica do Rio Tatuamunha (Figura 2) é relativamente curta, estreitada entre

interflúvios com as bacias dos rios Camaragibe e Manguaba. Seu relevo foi esculturado sobre os sedimentos da Formação Barreiras e algumas áreas graníticas a montante, hidrograficamente ela drena porções dos tabuleiros costeiros dissecados e a depressões periféricas úmidas pré-litorâneas semelhante ao que ocorre na porção sul (Silva e Ferreira, 2021). Ela possui duas sub-bacias, Riacho Manimbu, a sul, e Tatuamunha a norte, convergindo na desembocadura fluvial estudada. O nome da Bacia não obedece a hierarquia de seus canais, extensão de seus tributários, sendo o resultado de aspectos históricos, culturais e administrativos.

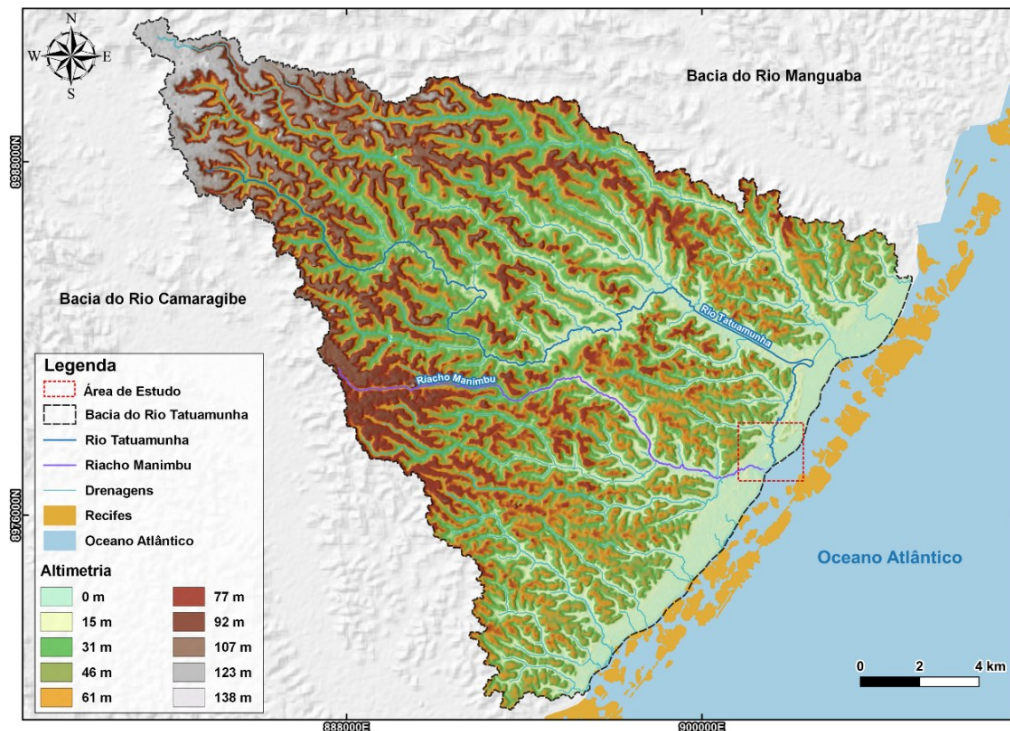


Figure 2. Bacia do Rio Tatuamunha em relação a área de estudo.

Essa área está inserida na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais – APACC, criada em 1994, maior unidade de conservação Federal marinha do Brasil, com mais de 400 mil hectares de área e cerca de 120 km de distribuição paralela a linha de costa, nos estados de Alagoas e Pernambuco (Viana et al., 2021). A leste, seu limite é a quebra de plataforma, conhecida pelos pescadores como "paredes", distante cerca de 30 km da linha de costa atual. Essa APA, teve seu primeiro plano de manejo criado em 2013, posteriormente atualizado em 2017, estando ainda em execução.

A montante na Bacia, existe a Associação Peixe-Boi, uma organização sem fins lucrativos administrada por diversas associações privadas e

públicas, importante criadouro do animal homônimo, com condições ambientais favoráveis a reprodução, cuidado e recuperação desses mamíferos aquáticos, bastante ameaçados de extinção. Esse ambiente é resultante da mistura das cunhas fluvial e salina, quando dos ciclos de sazonalidade diários de maré, proporcionando um ambiente salobro, essencial para alguns hábitos de vida da espécie.

Procedimentos Metodológicos

Foram adotadas etapas metodológicas que possibilitaram a revisão e estruturação conceitual, argumentativa e técnica do estudo, subdivididas em 4 setores: revisão bibliográfica; levantamento

topográfico com VANT; mapeamento das unidades morfológicas e redação do texto do artigo.

Revisão Bibliográfica

Foram levantadas as obras clássicas que tratam da temática da Geomorfologia Costeira e desembocaduras fluviais, além disso, também foram buscadas obras relativas a mapeamento geomorfológico de detalhe com o uso de VANTs. As temáticas em questão fundamentaram os aspectos técnicos do presente estudo. Enquanto os estudos produzidos regionalmente, permitiram a delimitação do estado da arte das pesquisas sobre os ambientes costeiros em Alagoas, compondo parte dos aspectos teóricos revisados e adotados.

Levantamento topográfico com VANTs

De forma geral o levantamento se utilizou de metodologias padrões que se utilizam de VANTs para topografia, seguindo as etapas semelhantes as utilizadas por: Stot et al (2020) e Stroner et al (2021) e Pargieła (2023), realizando os devidos ajustes a realidade do estudo.

Como etapa inicial de planejamento, onde foi definida a área de imageamento, estabelecendo um plano de voo específico considerando o Ground Sample Distance - GSD esperado, esse processo foi realizado junto ao software Pix4D, onde projetou-se um levantamento a 85 metros de altitude com percentual de cobertura acima de 76% (lateral e frontal), com posição da câmera em 90° e velocidade de 10 m/s, o que possibilitou a aquisição de cerca de 754 imagens da área, em diferentes visadas, projetadas para o correto imageamento tridimensional.

Nas atividades de campo ocorreu a materialização dos alvos, por meio de marcações no formato de cruz feitas em material argiloso, com pontos centrais brancos, permitindo a visualização no pós-processamento. Após a materialização dos alvos in situ, ocorreu a coleta de pontos processos através de receptores GNSS RTK (L1/L2) CHC I83, GPS com erro sistemático de aproximadamente 0,022 cm. A base do GPS realizou um processo de rastreo de aproximadamente 3 horas, onde ocorreu a coleta de 20 pontos precisos, 10 de calibração e 10 checagem, obtendo os valores de X, Y e Z para a o ajuste posterior ao Sistema Geodésico Brasileiro – SGB, junto ao PPP-IBGE (IBGE, 2023).

Finalizada a coleta de pontos processo e seu consequente rastreo, ocorreu no mesmo momento a execução do plano de voo para a aquisição das imagens, onde foi realizado o imageamento da área através de VANT DJI

Phantom 4 Advanced, com câmera CMOS 1 com lente de 35 mm, obtendo uma resolução de 4864×3648, no plano de voo foram utilizadas 2 baterias para o imageamento da área, que levou em torno de 40 minutos.

Seguinte à realização do voo, seguindo o roteiro de imageamento, as imagens foram descarregadas no software open source Open Drone Map, posteriormente organizadas e alinhadas. Nesse processo ocorreu a sinalização dos pontos precisos coletados em campo, possibilitando o ajuste e ortorretificação dos fatores verticais e horizontais antes do processamento. Após isso os dados foram processados gerando um ortomosaico, modelo digital de superfície e as curvas de nível.

Os dados por sua vez passaram por dois processos de filtragem, dividindo as porções com densa vegetação e a presença de água, fatores que alteram a qualidade dos produtos estereoscópicos, gerando assim produtos mais consistentes, porém com algumas limitação.

Vale mencionar que os modelos digitais de elevação advindos de VANTs, não são totalmente precisos em áreas densamente recobertas por vegetação, tendo em vista que não há como realizar uma estimativa efetiva nestas zonas devido ao alto grau de densidade vegetal, assim como as áreas com água que confundem o software na geração das superfícies, supervalorizando suas cotas. Entretanto, para análises em panoramas e mapeamentos gerais, não há grandes limitações.

O MDS e MDT final obteve um GSD de aproximadamente 6 cm, obtendo um RMSE de 3 cm no processo de checagem, dados compatíveis com a proposta do estudo, voltada ao mapeamento de unidades geomorfológicas.

Mapeamento de unidades geomorfológicas

No mapeamento sistematizou-se as unidades de acordo com seu conjunto processual, seu padrão de formas e as atividades dos processos, organizando as mesmas de acordo com sua morfodinâmica, considerando os limiares de estabilidade, instabilidade e processos intermediários, visando compreender a sistemática da desembocadura. Metodologia semelhante foi utilizada por Silva (2021) no litoral Sul de Alagoas, as posposta do autor separa as unidades pelos conjuntos genéticos e formas com dinâmica semelhante em escala de detalhe, individualizando as formas padrões ao ambiente.

De maneira geral o mapeamento foi projetado em escala de 1:500, com zons de escala em algumas porções, onde foram delimitados

processos ativos em escala de ultra detalhe, como pequenas cristas e bancos de areia, que permitiram a inferência de alguns processos mecânicos atuantes na região. Tal metodologia e processos de trabalho é amplamente discutida e aplicada em estudos variados, a exemplo de: Green et al. (2019), Kabiri et al. (2020), Devoto et al. (2020), Xie et al (2022) e Danardon et al. (2023) estudos em áreas costeiras que se apropriaram de VANTs.

O mapeamento das feições foi efetuado utilizando-se os produtos gerados na etapa anterior, devidamente calibrados e corrigidos, onde, a partir disso foi efetuado o mapeamento no software de licença livre QGIS 3.14 (Versão a longo prazo), através de ferramentas de vetorização, limpeza de geometrias e suavização.

O layout dos mapas também foi realizado no mesmo software, organizando as áreas mapeadas em uma única impressão, estabelecendo-se uma paleta de cores, com variações de verde a amarelo, onde, o primeiro indica conservação e resiliência, enquanto o amarelo indica instabilidade constante, os valores intermediários na paleta indicam sobreposição de processos de estabilidade e instabilidade. A utilização de uma paleta ajustada a natureza do estudo visa permitir uma melhor compreensão dos processos e possibilitam a inteligibilidade dos mapas.

Após a construção do mapeamento, foi realizada a sua discussão, com vistas a analisar as morfologias locais, correlacionando-as com a natureza dos substratos sedimentares, os processos marinhos e hidrográficos, correlacionando os fatores com dados já existentes e interpretações citadas na bibliografia consultada, fundamentando a discussão, até então inédita para área proposta e para o cenário regional dessa porção do Litoral de Alagoas. Essa carência de referências constituiu uma das justificativas para a escolha da área de realização do estudo.

Resultados e discussão

A área apresenta caráter processual bastante dinâmico, com comportamentos quase que caóticos, tendo em vista que apresenta carga sedimentar considerável e abrasão marinha constantes, o que promoveu a estruturação de uma infinidade de formas costeiras em variadas escalas, como já foi mencionado anteriormente por Ferreira (1999) e Silva (2022), porém, um dos aspectos dinâmicos e distintos são as formas de detalhe, que se distribuem marcadamente ao longo da Desembocadura, cada uma marcando um processo distinto, temporalmente. Pensando nisso, foram

mapeadas as formas de detalhe da porção centro-norte da área.

A topografia da Desembocadura apresenta características altimétricas coerentes à realidade regional, com ondulações de baixa amplitude e alta carga de sedimentos, que facilitam a formação de barras e spits, indicar processos ativos, como pode ser observado na Figura 3

Na delimitação morfológica, setorizou-se cada conjunto em unidades morfológicas, usando como base os dados obtidos pelo levantamento em campo, agrupando tudo em um mapa sistemático (Figura 4), compatível com escalas de 1:500. Além disso, discutiu-se os processos resultantes da geração das formas e unidades individuais do relevo, além das morfologias de ultra detalhe. Diante disso, cada forma será apresentada a seguir, seguindo os critérios de estabilidade e sua possível durabilidade das mesmas na paisagem. Vale mencionar que a concepção de estabilidade, aqui compreendida, foi entendida como uma resiliência parcial, tendo em vista que todas as formas em questão são arenosas e, portanto, instáveis morfodinamicamente. Sendo assim, considerou-se uma durabilidade hipotética nas classificações das formas, fossem elas mais estáveis ou instáveis.

As unidades mapeadas estão apresentadas da seguinte forma: Planícies Consolidadas (PC), Barras Arenosas Acopladas (BAA), Ilha-Barreira Acoplada (IBA), Ilhas Fúlvio-Marinhas (IFM), Terraços de Marés (TM), Terraços de Marés Estuarinos (TME) e Praias e Conjuntos de Cristas Abrasivas (PCA).

Planícies Consolidadas (PC)

Essa unidade está distribuída nas porções norte e central da área, porções mais resilientes e antigas, presentes em imagens orbitais desde antes de 1988 (Figura 5). Entretanto, suas duas porções vêm passando por modificações contínuas, o que vem alterando sua amplitude, com estreitamento na porção norte e alongamento central. Esses processos são decorrentes do desequilíbrio entre as dinâmicas marinhas e fluviais, o que tem alternado os comportamentos destas unidades, ou ainda a mudança na relação entre a convergência do Rio Tatuamunha, Riacho Manimbu e os processos marinhos, cunha salina (Figura 6). Como resultado, aparecem na paisagem, duas porções bastante planas e com poucas ondulações, que por suas características topográficas e proximidade com o mar, atrativos turísticos, são frequentemente ocupadas por pousadas e casas de veraneio

As planícies em questão são o ponto final de desenvolvimento das feições encontradas, no sentido montante-jusante, sendo o estágio evolutivo mais desenvolvido, excetuando-se os

ambientes de mangue, em termos de formas arenosas, possuindo como tendência, sua manutenção na superfície, ainda que em cenário

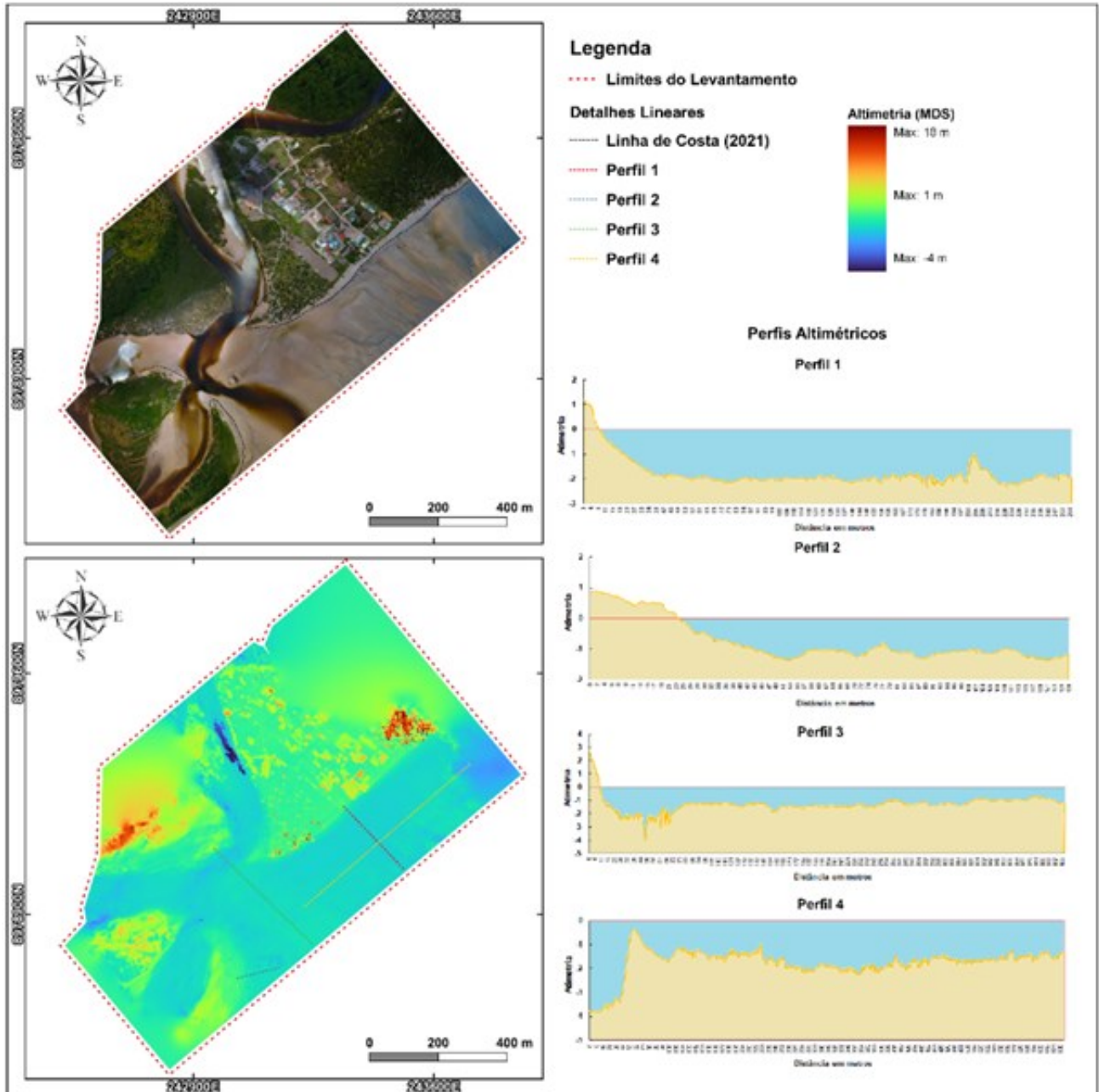


Figure 3. Dados utilizados na compartimentação geomorfológica.

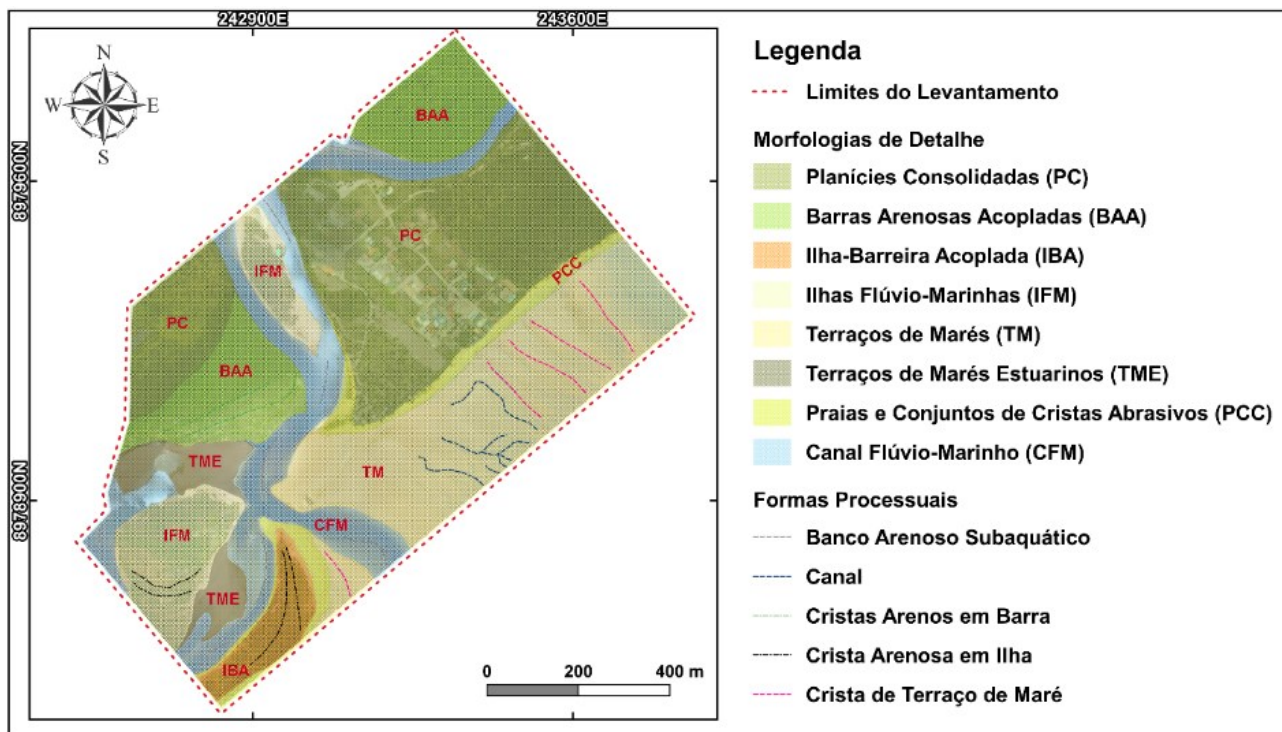


Figure 4. Mapa geomorfológico de detalhe da área.

erosivo extremo. Sua totalidade de área dificilmente será arrasada completamente pelos processos na configuração morfodinâmica atual, podendo ser no máximo fragmentada, gerando

planícies menores, processo evolutivo de fragmentação comum em desembocaduras e promontórios, como encontrado por Silva e Girão (2023) e Machado et al (2024).

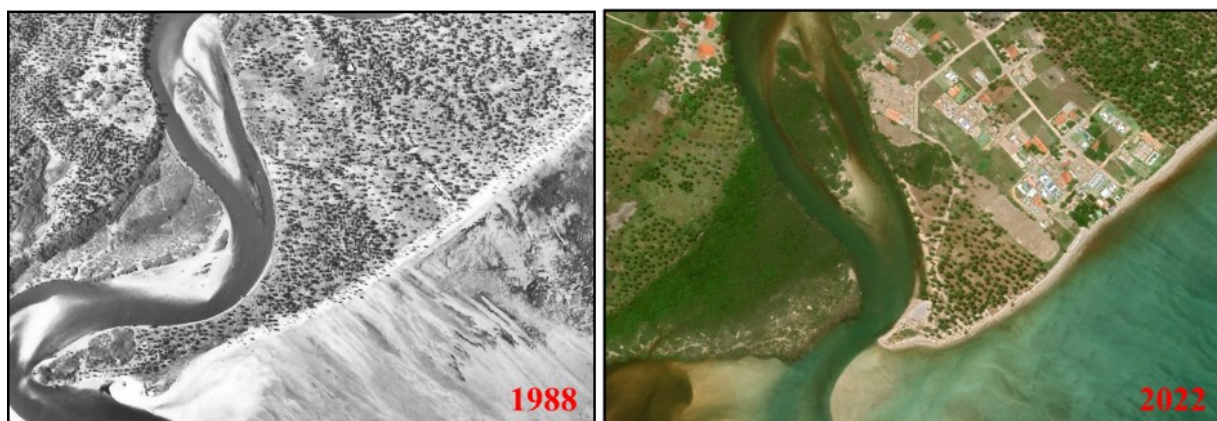


Figure 5. Comparativo das Planícies Consolidadas entre 1988 e 2022. Fonte: LABGEO-UFAL (2024).



Figure 6. Convergência entre Riacho Manimbu, Rio Tatuamunha e Influência Marinha. Fonte: acervo dos autores (2024).

Barras Arenosas Acopladas (BAA)

As barras arenosas acopladas são as porções arenosas recobertas por vegetação, características que conferem a estas áreas um limiar de resistência significativo aos processos morfodinâmicos, caracterizados pela intensa remobilização sazonal dos sedimentos locais (Figueiredo e Gomes, 2024). São controladas pelos processos flúvio-marinhos, porém, com maior influência fluvial, por estarem mais interiorizados, o que combinado a vegetação de suporte, faz com que resistam às alternâncias de vazão dos rios. Vale mencionar que a posição dessas barras está inserida nos pontos de inflexão, oposta a curvatura do canal fluvial, facilitando seu aumento exponencial e maior resistência, dando origem a sucessivas cristas arenosas, posteriormente vegetadas, por estarem protegidas (Figura 7).

As barras são o estágio intermediário entre a Planície Consolidada (ponto final) e os Terraços de Maré (ponto inicial), inclusive, algumas nesse

meio tempo desenvolvem as condições necessárias para a colonização e o desenvolvimento de coberturas de manguezal, quando suficientemente vascularizadas e com estágio pedogenético condicional. Características encontradas na barra mais ao interior do Rio Tatuamunha, o que pode indicar uma barra arenosa mais antiga, tendo em vista que o desenvolvimento de manguezais compreende processo demorado na paisagem. Ao longo do tempo, a tendência é o agrupamento destas áreas as planícies consolidadas, porém, o consequente desmatamento da vegetação e alteração na vazão dos rios podem ocasionar desequilíbrios hidráulicos, resultando na exumação dessas formas a longo prazo (Silva, 2021). Essas alterações ambientais vem sendo cada vez mais recorrentes na área, frente a inserção de novos espaços de recepção de turistas, casas de veraneio, e empreendimentos imobiliários, gerando contradições espaciais como verificado por Vasconcelos et al. (2023).



Figure 7. Detalhes das Barras arenosas acopladas. A - Pode-se observar a extensão do Spit com sua vegetação de suporte. B - É perceptível observar a sucessão de crista arenosas inseridas no interior da barra, inclusive uma mais recente se formando, demonstrando avanço positivo. C – Barra mais interior, inserida assim como a sua semelhante na face oposta a inflexão do canal, apresentando também níveis de deposição em formação. D – Face inferior da segunda barra acoplada, apresentando vascularização, com infiltração do canal, provavelmente a maturação de um ambiente de mangue, portanto a área é estável a certo tempo. Fonte: acervo dos autores (2024).

Ilha-Barreira Acoplada (IBA) e Ilhas Flúvio-Marinhas

Ambas as morfologias possuem gênese semelhante, porém, divergem no sentido de sua dinâmica processual, o que promove a diferenciação entre esses dois conjuntos morfológicos, culminando na estruturação de dois ambientes diferenciados.

As ilhas flúvio-marinhas são resultantes do processo de empilhamento sucessivo de sedimentos junto à calha fluvial, promovendo a formação de pequenos terraços submersos, que posteriormente tomam a forma de ilhas, pela sobreposição de sedimentos, coordenada pelas variações de fluxo hídrico dos rios, apresentando por vezes arquitetura deposicional planar, quando o fluxo é constante e cruzado quando há alternância de fluxos, resultando na formação de morfologias

sigmoidais. Essas áreas, por vezes, oferecem suporte para o desenvolvimento de uma fauna e flora adaptadas, a exemplo das vegetações pioneiras (popularmente chamadas de restingas) e os manguezais, a depender do percentual de permeabilidade e de afloramento da cobertura sedimentar (Ferreira et al, 2024). Vale mencionar que o limiar de controle destas ilhas é misto, sendo viabilizado pela alternância e/ou confluência por processos fluviais junto aos marinhos.

As ilhas flúvio-marinhas, assumem características relacionadas a apresentação das forçantes marinha e fluvial, estando inseridas na interface destes dois ambientes, podendo permanecer como ilha ou serem capturadas, ficando acopladas as planícies, quando isso ocorre passam a ser denominadas como cordões arenosos, terminologia bastante recorrente em estudos

clássicos. Seu acoplamento é resultante do processo de estabilização pela colonização vegetal ou ainda processos neotectônicos (Rios et al, 2016), conferindo resistência na face frontal, e sucessiva deposição interior, permitindo sua “engorda” e verticalização ao longo do tempo.

A área apresenta três ilhas (duas flúvio-marinhas e um ilha barreira), tratando inicialmente do primeiro exemplo, a primeira localizada no interior da desembocadura é resultante de despejo do canal e possui tendência à acreção e acoplamento a planície consolidada, localizada próxima, ainda pode-se observar vários bancos arenosos subaquáticos a seu redor. A segunda ilha está localizada na porção interior, próxima ao deságue do Riacho Manimbu, diferente da anterior, representa a antiga ponta do spit arenoso já presente em imagens de 1988 (Figura 5). Essa área foi sendo posteriormente abandonada pela

mudança de curso do Rio, crescendo posteriormente no sentido oposto a direção do pequeno pontal arenoso.

A ilha-barreira é diferente das anteriores, pois tem formação posterior a 1980, como observado nas imagens consultadas, compreendendo o resultado do processo de mudança da desembocadura do Rio, migrando da margem sul para a norte, modificando o trend erosivo local, como consequência, o até então terraço de maré, na porção sul, foi reestruturado em uma ilha flúvio-marinha, posteriormente capturado pela margem sul, tornando-se uma ilha-barreira. Essa unidade, ao longo das últimas décadas, vem crescendo e ocupando o espaço da antiga desembocadura. Os detalhes das morfologias mencionadas podem ser observados nas imagens a frente (Figura 8).



Figure 8. Detalhes das Ilhas da área de estudo. A – Na ilha interior é possível observar que há uma acumulação proeminente subaquática na margem esquerda da ilha na seta laranja. B – Na ilha sul, na porção traseira, em vermelho é possível ver o antigo trecho do spit como verificado em 1988, em laranja pode-se ver também a sucessão de crista arenosas organizadas em degraus; em azul pode-se ver também conjuntos de canais interiores na ilha. C – Na porção frontal da ilha sul, pode-se encontrar também conjuntos em cristas em degraus. D – Face inferior da ilha barreira, podendo-se visualizar em vermelho a antiga orientação da linha de costa da área em 1988, a extensão da ilha em amarelo e em azul o surgimento de um pequeno alagadiço, podendo ser caracterizado como um pequeno apicum, estágio inicial da formação de um pântano ou manguezal. Fonte: acervo dos autores (2024).

Terraços de Maré (TM) e Terraços de Marés Estuarino (TME)

Os terraços de Maré, classificados de forma simplificada, como sendo os bancos

arenosos submersos que são expostos durante a maré baixa, são morfologias variáveis que dão origem a formação de ilhas arenosas e planícies arenosas (Carneiro et al., 2023). A condicionante de sua formação está relacionada ao acúmulo de sedimentos marinhos e continentais, formando montículos arenosos complexos.

Os terraços mapeados são bastante semelhantes, mas divergem em processos estruturadores, os estuarinos estão relacionados ao balanceamento entre pluma marinha e fluvial, localizam-se entre barras e ilhas, formando por

vezes alguns “caminhos” de areia. Quando em zonas marinhas são condicionados pelo entulhamento de sedimentos prioritariamente marinhos, condicionados pela proteção recifal que resguarda a praia da erosão frontal, porém estão susceptíveis a erosão lateral, não tão frequente, resultante da deriva litorânea. Esses terraços de marés marinhos apresentam pequenos canais de fluxos de água e algumas cristas arenosas, formando alguns bolsões de areia, frequentemente expostos em maré baixa (Figura 9).



Figure 9. Terraços ao longo da área de estudo. A – Terraço de Maré Estuarino entre a Ilha fluviomarinha e os bancos arenosos acoplados. B – Terraço de Maré na porção interior da spit com a ilha fluviomarinha. C – Terraços de Maré na porção frontal da Ilha Barreira, com diversas irregularidades, provavelmente cortado pelas correntes marinhas. D – Terraço marinho com marcação de crista e canais próximos à praia. Fonte: acervo dos autores (2024).

Praias e Conjuntos de Cristas Abrasivas (PCA)

As Praias são os conjuntos morfológicos com comportamento mais caótico dentre as demais formas, constituindo uma zona de retrabalhamento constante dos sedimentos. Apesar de variáveis ao longo do tempo, seus processos estruturadores são relativamente controlados devido às presenças recifes, que funcionam como quebra-mar,

impedindo a amplitude total das ondas e o ímpeto das marés, facilitando o entulhamento de sedimentos ao longo da linha de costa. Nesse contexto, as praias locais apresentam padrões planos, bastante suaves, característicos de modelos intermediários, além disso, algumas possuem escalonamento de cristas, em degraus de areias, o

que indica cenários de estabilidade morfodinâmica em suas duas porções.

Quanto as formas de uso e ocupação das terras, essas morfologias são frequentemente ocupadas por empreendimentos de atendimento ao turismo local, o qual vem ocupando cada vez mais estas áreas, muitas vezes sem planejamento territorial adequado e/ou controle ambiental, ocasionando o surgimento e instalação de diversas estruturas de contenção na região e no entorno como verificado por Andrade et al. (2024), que

analisou os impactos de tais estruturas em uma praia semelhante no litoral norte de Alagoas.

Na área de estudo as formas de ocupação e usos vem dando origem a um cenário de potencialização do retrabalhamento da linha de costa, potencializando o potencial erosivo da mesma. Devido a aceleração da abrasão marinha, diversas residências e empreendimentos turísticos têm construído muros de concreto e obras de proteção costeira (Figura 10), visando proteção.



Figure 10. Detalhes das praias de cristas. A – Praia com perfil suave com alguns escalonamentos. B – Muros de contenção irregulares e faixa de areia estreita na porção norte. Fonte: acervo dos autores (2024).

De maneira geral através do mapeamento e descrição das formas/processos, foi possível verificar que as morfologias inseridas na área de estudo são bastante dinâmicas, havendo processo constante de agregação e desagregação de formas, bem marcados na paisagem com as formas barras e ilhas, gerando um mosaico complexo e imprevisível de cenários físicos, comum a esse tipo de ambiente. Foi possível identificar processos de migração de desembocadura que muito em breve

irão promover eventos erosivos nas residências, principalmente nas porções mais vulneráveis onde estão inseridos os muros de contenção.

O presente estudo reforça a necessidade de estratégias de intervenção específicas de conservação, tendo em vista que a área é muito dinâmica e necessita de um regramento específico que promova o uso sustentável não degradante, admitindo atividades compatíveis com a matriz física e biológica da região.

Conclusões

O presente estudo constitui uma tentativa inicial de mapeamento da dinâmica geomorfológica de uma desembocadura fluvial bastante representativa e constantemente apropriada pelo turismo no Litoral Norte de Alagoas. A premissa do mesmo foi identificar e analisar seus conjuntos morfológicos, representando-os cartograficamente em escala de detalhe, visando uma abordagem de análise morfodinâmica aplicada, até então inédita para área. Sua efetivação possibilita além da proposição inicial do mapeamento, incentivar a realização de novos estudos e aplicação de metodologias na

busca do entendimento das relações de influência na construção de explicações plausíveis para uma área pouco frequente nos estudos geomorfológicos de ordem geográfica no Estado.

As informações da cartografia geomorfológica de detalhe, permitiram a identificação dos modelados costeiros inseridos na desembocadura, mapeando-se 7 conjuntos morfológicos, identificando as formas com base em seu grau de conservação e estabilidade. Foram mapeadas, em sua maioria, formas instáveis, pressupondo explicações e processos marcantes, como a modificação direcional da desembocadura, bem como, as formas resultantes dessas migrações. Outro elemento apresentado, mesmo que de forma

preliminar, foram as previsões de modificações morfológicas temporais futuras. Outro ponto marcante do estudo foi a utilização de periféricos de mapeamento de detalhe, construindo uma base geomorfológica para a área, até então com oferta de dados generalistas.

As áreas mapeadas são bastante dinâmicas, como pode ser verificado nas imagens e modelos apresentados, além disso, foi possível estabelecer relações cronológicas de curto prazo, como foi feito ao longo do presente trecho do estudo. Pensando na identificação dessas mudanças morfológicas ao longo do tempo, tais respostas, possivelmente, podem ser mais aprofundadas em estudos técnicos posteriores ou mesmo publicações subsequentes de identificação da relação processo – resposta em uma perspectiva temporal.

De modo geral, os dados e as metodologias utilizadas no estudo parecem ter sido adequados a escala de análise e a proposta geral, costurando seus objetivos de forma a tecer uma argumentação e uma explicação aceitável sobre a morfodinâmica na área, permitindo sua execução de forma efetiva e detalhada, fornecendo informações base sobre a área, elaboradas a partir da utilização de tecnologias open source. Sendo assim, a proposta aqui discutida e operacionalizada pode se mostrar viável de aplicações a outras realidades similares, possibilitando a realização de estudos mesmo em momentos de recursos escassos para o financiamento de estudos acadêmicos.

Em síntese, todo estudo com perfil acadêmico, encontra em sua execução uma série de obstáculos de natureza financeira, metodológica e operacional, em escalas, intensidades e cenários variados. Em um Estado sem tradição de financiamento local à pesquisa, sejam na esfera pública ou privada, os esforços no sentido de trazer luz a temáticas pouco conhecidas ou em regiões sem grande detalhamento geomorfológico, compreendem desafio instigador e necessário. Desse modo, a execução da pesquisa e os resultados aqui apresentados não tiveram por objetivo elucidar de maneira decisiva a morfodinâmica e compartimentação morfológica da área, mas sim, surgem como uma provocação e estímulo a realização de novos estudos, com aplicação de metodologias variadas nessa porção tão significativa, ambiental, cultural e economicamente para Alagoas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal de Alagoas, ao seu Programa de Pós-

Graduação em Geografia (PPGG) e ao Laboratório de Geologia do IGDEMA (LABGEO/UFAL), a Universidade Federal do Rio Grande do Norte e ao seu Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia (PPGE). Agradecem também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de Doutorado.

Referências

- Andrade, E. L., Souza, M., Filho, M. (2024). Monitoramento da evolução morfológica da Praia de Costa Brava, Alagoas, Brasil após construção de dissipador de energia bagwall. *Revista Contexto Geográfico*, 9(19), 18–33. <https://doi.org/10.28998/contegeo.9i.19.17137>.
- Barbosa, L. M. (1985) Quaternário Costeiro no Estado de Alagoas: Influência das Variações do Nível do Mar. Dissertação (Mestrado em Geologia), Universidade Federal do Ceará.
- Brempong, E. K.; Angnuureng, D. B.; addo, K. A.; Jayson-quashigah, P. (2021). Short-term seasonal changes of the Dzita beach of Ghana using geographic information system and photogrammetry. *Interpretation*, 9(4), 87-97. *Society of Exploration Geophysicists*. <http://dx.doi.org/10.1190/int-2021-0027.1>.
- Carneiro, N. M. A.; Muniz, R. L.; Rodrigues, R. M.; Nascimento Junior, D. R. (2023). Morfodinâmica e sedimentologia da planície de marés do Rio Barra Nova, Ceará. *Geologia Usp. Série Científica*, 23(3), 169-185. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v23-208804>.
- Casella, E.; Rovere, A.; Pedroncini, A.; Mucerino, L.; Casella, M.; Cusati, L.A.; Vacchi, M.; Ferrari, M.; Firpo, M. (2014). Study of wave runup using numerical models and lowaltitude aerial photogrammetry: a tool for coastal management. *Estuar. Coast Shelf Sci.* 149. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2014.08.012>.
- Chapapria, V. E.; Peris, J. S.; González-Escrivá, J. A. (2022). Coastal Monitoring Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for the Management of the Spanish Mediterranean Coast: the case of almenara-sagunto. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 19(9), 5457. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph19095457>.
- Correia, M. D.; Sovierzoski, H. H. (2008). Gestão e Desenvolvimento Sustentável da Zona Costeira do Estado de Alagoas, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 8(2), 25-45. <http://dx.doi.org/10.5894/rgci146>.

- Costa, A. P. F.; Rocha, T. B.; Fernandez, G. B. (2020). Dinâmica dos pontais arenosos no flanco norte do delta do Rio Paraíba do Sul (RJ) entre 1984 e 2017. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, [S.L.], 21(4). <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v21i4.1643>.
- Cruz, R. R., Albuquerque, M. Z. A., Gomes, E. T. A. (2022). Conflitos socioambientais no território da rota ecológica dos milagres em Alagoas/Brasil. *Revista Ciência Geográfica*, [S.L.], 26(01), p. 231-254, 20 jul. <http://dx.doi.org/10.18817/26755122.26.01.2022.2880>.
- Danardono; Wibowo, A. A.; Sari, D. N.; Priyono, K. D.; Dewi, E. S. M. (2023). Tsunami hazard mapping based on coastal system analysis using high-resolution unmanned aerial vehicle (uav) imagery (case study in Kukup Coastal Area, Gunungkidul Regency, Indonesia). *Geographia Technica*, [S.L.], 18 (2/2023), 51-67. http://dx.doi.org/10.21163/gt_2023.182.04.
- Devoto, S.; Macovaz, V.; Mantovani, M.; Soldati, M.; Furlani, S. (2020). Advantages of Using UAV Digital Photogrammetry in the Study of Slow-Moving Coastal Landslides. *Remote Sensing*, [S.L.], 12 (21), 3566. <http://dx.doi.org/10.3390/rs12213566>.
- Dominguez, J. M. L. (1990). Deltas dominados por ondas: críticas às ideias atuais com Referência particular ao modelo de Coleman & Wright. *Revista Brasileira de Geociências*, 20(4), 352-361.
- Ferreira, B.; Silva, J. P. L. S.; Silva, T. C. L.; Ferreira, M. E.; Venância, S. V. C. (2024). Morfodinâmica do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba - Celmm, Litoral Sul De Alagoas. *Caderno de Geografia*, 34(77), 22. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2024v34n77p692>.
- Ferreira, R. V. Geomorfologia da região de Japaratinga, AL. (1999). Dissertação (Mestrado em Geociências) - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1999.
- Figueiredo, F. T.; Gomes, P. V. O. (2024). Efeitos de barragens em barras fluviais do baixo Rio São Francisco: dinâmica morfosedimentar e implicações para interpretação de rios antigos. *Revista Brasileira De Geomorfologia*, 25(2). <https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v25i2.249>.
- Fonseca, L. T. (2021). Análise do sistema carbonato e estado trófico em estuários do Estado de Alagoas, Brasil (Rios Manguaba, Tatuamunha, Camaragibe e Santo Antônio Grande). Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Giosan, L.; Donnelly, J. P.; Vespremeanu, E.; Batthacarya, J. P.; Olariu, C.; Buonaiuto, F. S. River delta morphodynamics: examples from the Danube delta. In: Giosan, L.; Batthacarya, J. P. (2005). *River Deltas-Concepts, Models, and Examples*. Oklahoma, Society of sedimentary Geology, p. 393-411.
- Goes, M. H. B. (1987). O potencial turístico do Litoral Alagoano com base em seus ambientes naturais costeiros. *GEOGRAFIA*, 12(23).
- Green, D. R.; Hagon, J. J.; Gómez, C.; Gregory, B. J. (2019). Using Low-Cost UAVs for Environmental Monitoring, Mapping, and Modelling: examples from the coastal zone. *Coastal Management*, [S.L.], 465-501. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-810473-6.00022-4>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2023). IBGE-PPP - Serviço online para pós-processamento de dados GNSS. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/servicos-para-posicionamento-geodesico/16334-servico-online-para-pos-processamento-de-dados-gnss-ibge-ppp.html>. Acesso em: 22 jan. 2023.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Organização do Território. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/download-s-geociencias.html>. Acesso em: 30 nov. 2022.
- Kabiri, K.; Rezai, H.; Moradi, M. (2020). A drone-based method for mapping the coral reefs in the shallow coastal waters – case study: kish island, persian gulf. *Earth Science Informatics*, [S.L.], 13(4), 1265-1274. <http://dx.doi.org/10.1007/s12145-020-00507-z>.
- Lima, H. M.; Santos, L. C. M. L.; Argollo, R. M.; Santos, E. J. (2020). Geological and structural markers of the eastern Borborema Province based on a geotranssect covering the Paraíba, Pernambuco, Alagoas and Sergipe states, northeastern Brazil. *Journal of the Geological Survey of Brazil*, 3(2), 85-95.
- Lima, S. S.; Silva-Filho, A. F.; P. Guimarães, I.; Almeida, G. M. (2021). Geomorfologia estrutural e compartimentação geomorfológica obtidas através de dados aeromagnéticos e SRTM na porção Oeste do Batólito Ipojuca-Atalaia, Província Borborema, Nordeste do Brasil. *Physis Terrae - Revista Ibero-Afro-*

- Americana de Geografia Física e Ambiente, 3(1-2), 63-92. University of Minho. <http://dx.doi.org/10.21814/physisterrae.3525>.
- Machado, B. A.; Rocha, T. B.; Fernandez, G. B.; Filho, S. R. O. (2024). Dinâmica da linha de costa no flanco meridional do delta do rio Paraíba do Sul entre 1954-2018: considerações sobre o fenômeno da erosão costeira em Atafona (RJ) e diferentes métodos de análise. *Revista Brasileira De Geomorfologia*, 25(1). <https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v25i1.2272>.
- Mishra, D.; Kar, A. K. (2023). River mouth shifting and shoreline change analysis of Mangala river mouth at Puri coastline. *Natural Hazards*, 118(3), 2019-2036. <http://dx.doi.org/10.1007/s11069-023-06069-9>.
- Mendonça, R. A. S. Araujo, L. M. (2021). Superposição de destinos turísticos: desafios para a governança territorial. *GeoTextos*, 17(2). <https://doi.org/10.9771/geo.v17i2.46107>.
- Paiva, L. M. (2018). Variabilidade estrutural da floresta de mangue do estuário do rio Tatuamunha, Porto de Pedras, Alagoas, Brasil. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Centro de Tecnologia e Geociências - Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE.
- Pargiela, K. (2023). Optimising UAV Data Acquisition and Processing for Photogrammetry: a review. *Geomatics And Environmental Engineering*, v. 17(3), 29-59. <http://dx.doi.org/10.7494/geom.2023.17.3.29>.
- Rios, V. P. L., Amaro, V. E., Vieira, M. M., Matos, M. F. A., Prudêncio, M. C., Camara, M. R. (2016). Influência neotectônica na morfologia do sistema de lhas barreiras, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira De Geomorfologia*, 17(3). <https://doi.org/10.20502/rbg.v17i3.789>.
- Rocha, C. P.; Araujo, T. C. M.; Mendonça, F. J. B. (2009). Aplicação de metodologia alternativa para localizar e monitorar linhas de costa usando técnicas de posicionamento pelo GNSS: um estudo de caso na praia de Sauaçu, Nordeste do Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 9(1), 93-108. <http://dx.doi.org/10.5894/rgci151>.
- Santos Júnior, J. F.; Araujo, E. M. M.; Ferreira, B. (2021). Erosão costeira no município de Barra de Santo Antônio, Litoral Norte de Alagoas. *Arquivos Ciências do Mar*, 53(2), 34-42. <https://doi.org/10.32360/acmar.v53iEspecial.42690>. Acesso em: 15 maio. 2022.
- Silva, C. F. A.; Ferreira, B.; Barreto, E. P.; Gregório, M. N.; Manso, V. A. V.; Candeias, A. L. B.; Melo, W. D. A. (2016). Índices de vulnerabilidade à erosão das praias da Ilha de Itamaracá, litoral norte de Pernambuco, Brasil. *Investigaciones Geográficas*, [S.L.], 52. <http://dx.doi.org/10.5354/0719-5370.2016.44619>.
- Silva, C. R. M.; Alcantara, K. C.; Brito, M.F.L.; Morais, D. M. F.; Pereira, C. S. (2023). Carta geológica da Folha Porto Calvo (SC.25-V-C-II): Estado De Alagoas. Recife: Serviço Geológico do Brasil.
- Silva, M. L. A.; Girão, O. (2023). Morfodinâmica das classes de terrenos tecnogênicos na faixa costeira do município de Goiana – Pernambuco. *Revista de Geografia*, 13(2), 353. <https://doi.org/10.34019/2236-837X.2023.v13.41161>.
- Silva, T. C. L.; Ferreira, B. (2021). Geomorfologia do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba – CELMM, Alagoas, Nordeste do Brasil. *Revista de Geociências do Nordeste*, 7(2), 68–79, 10.21680/2447-3359.2021v7n2ID24790.
- Silva, T. C. L.; Ferreira, B.; Diniz, M. T. M. (2024). Variations of the coastline of the cove of Pajuçara between 1955 and 2020, Maceió - AL: an analysis through the EPR method. *Geosaberes*, 15, 116 - 133. <doi.org/10.26895/geosaberes.v15i0.1300>.
- Silva, T. C. L. (2022). Avaliação das variações na linha de costa na foz do Rio Tatuamunha, Litoral Norte de Alagoas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia), Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió – Al.
- Silva, T. C. L. (2021). Condição morfodinâmica e geomorfologia do campo de dunas do baixo São Francisco no Estado de Alagoas. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió – Al.
- Stott, E.; Williams, R. D.; Hoey, T. B. (2020). Ground Control Point Distribution for Accurate Kilometre-Scale Topographic Mapping Using an RTK-GNSS Unmanned Aerial Vehicle and SfM Photogrammetry. *Drones*, 4(3), 55. <http://dx.doi.org/10.3390/drones4030055>.
- Stroner, M.; Urban, R.; Seidl, J.; Reindl, T.; Brouček, J. (2021). Photogrammetry Using UAV-Mounted GNSS RTK: georeferencing

- strategies without gcps. *Remote Sensing*, 13(7), 1336. <http://dx.doi.org/10.3390/rs13071336>.
- Tenório, A. J. S., Guimarães Júnior, S. A. M. (2023). Análise da taxa de variação da linha de preamar média em 2005 e 2017, no Litoral Sul do município De Maragogi - Estado De Alagoas - Brasil. *REVISTA FOCO*, 16(10), 3128. <https://doi.org/10.54751/revistaafoco.v16n10-049>.
- Viana, D. L., Oliveira, J. E. L., Hazin, F. H. V., Souza, M. A. C. (2021). Ciências do Mar: dos ocenaos do mundo ao nordeste do brasil. Olinda (Pe): Via Design Publicações, 1, 372.
- Vasconcelos, D. A. L.; Gastal, S.; Araujo, L. M.; Felix, T. L. L. (2023). Para além de um destino turístico. *Cultur - Revista de Cultura e Turismo*, 17(1). <http://dx.doi.org/10.36113/cultur.v17i1.3325>.
- Xie, L.; Feng, X.; Zhang, C.; Dong, Y.; Huang, J.; Cheng, J. (2022). A Framework for Soil Salinity Monitoring in Coastal Wetland Reclamation Areas Based on Combined Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Data and Satellite Data. *Drones*, [S.L.], 6(9), 257. <http://dx.doi.org/10.3390/drones6090257>.
- Xiong, H.; Zhang, Z.; Lu, B.; Zong, Y.; Wu, J. (2023). Evolution of the first mouth bar, distributaries and floodplains of the Pearl River Delta. *Geomorphology*, 431, 108690. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2023.108690>.