

VARIAÇÕES ESPAÇOTEMPORAIS DA LINHA DE COSTA SOB INFLUÊNCIA ESTUARINA: UM ESTUDO EM BARRA NOVA, MARECHAL DEODORO-AL

Esdras de Lima Andrade ¹
Marco Antônio de Lyra Souza ²

INTRODUÇÃO

As alterações morfológicas ocorrentes na zona costeira são consideradas processos dinâmicos e complexos, cada vez mais evidentes, resultantes do balanço entre os processos de deposição e remoção de sedimentos. A intensificação destes processos em escala global está associada a fatores naturais, como a elevação do nível do mar em decorrência das mudanças climáticas, a fatores antrópicos, como a redução do aporte sedimentar fluvial devido ao assoreamento dos rios e, às alterações na dinâmica costeira causadas pelas ocupações urbanas (DIAS, 1990). A sinergia entre estes fatores resulta na aceleração dos processos erosivos e, conseqüentemente, na retração da linha de costa.

Neste sentido, Morais et al. (2008) afirmavam que 70% das costas sedimentares do mundo estavam passando por erosão. Em termos nacionais, Muehe (2018) revela que este problema é generalizado nas regiões Norte e Nordeste, atinge a marca de 60 a 65%. Em Alagoas, a Coordenação do Gerenciamento Costeiro do Instituto do Meio Ambiente (Gerco-IMA) confirma essa tendência, reportando um avanço do mar entre 60% e 70% das praias do estado (BEDER, 2023).

Diante deste cenário, investigações sobre variações espaçotemporais na linha de costa vêm sendo desenvolvidas no estado há pelo menos duas décadas. Trabalhos de Santos (2004), Andrade et al. (2011), Nascimento, Cerqueira e Pinto (2018), Santos Júnior, Araujo e Ferreira (2021) e Ferreira et al. (2024) apresentam importantes contribuições locais sobre a temática, por exemplo, porém todos focados nos processos erosivos.

Tendo isso em vista, vem surgindo uma nova demanda de estudos voltada para a recomposição do ambiente praial. Neste caso, direcionado para o monitoramento do controle das erosões após a implantação de estruturas de proteção contra a energia de

¹ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba – PPGG-UFPB, ezrandrade@gmail.com;

² Analista da Ocean Protections, marcolyra2@yahoo.com.br.

ondas; na busca por entender a eficácia dessas obras ao longo do tempo, como o trabalho de Andrade, Souza e Souza Filho (2024) na praia de Costa Brava, no município alagoano de Paripueira.

Ressalta-se que isto se dá em meio ao aumento no número de licenciamentos ambientais para essas intervenções no ambiente; num cenário em que a mobilidade da linha de costa favorável à progradação é de aproximadamente 18% para os estados costeiros brasileiros, 10% para os estados da região Nordeste e 13% em Alagoas (MUEHE, 2018).

Diante disso, Souza (2008) comenta que existem diferentes tecnologias que podem ser empregadas na contenção do avanço do mar sobre a costa, destacando que a seleção por uma delas deve ser individualizada, considerando a capacidade e a viabilidade de cada local de recebê-las ou suportá-las; baseando-se em critérios técnicos, ambientais e econômicos, como durabilidade, manutenção, disponibilidade de materiais, impacto ambiental e visual, custo, logística e condições de trabalho. Silva (2022) complementa, propondo que, em áreas urbanizadas, as soluções ideais devem priorizar a sustentabilidade, com baixa manutenção, minimização de riscos, baixo impacto visual, indução da engorda natural, interação com a população e recuperação da paisagem.

Bulhões (2020) corrobora com esse pensamento, ao afirmar que é crescente a quantidade de estudos onde se avaliam a contribuição da restauração e refuncionalização dos ecossistemas costeiros e estuarinos para a proteção litorânea, garantindo o seu dinamismo natural e a anulação da supressão dos *habitats*.

Sob essa perspectiva, as intervenções natural ou artificial que dissipam a energia das ondas, promovem a restauração desses ambientes, apresentando grande benefício na proteção costeira, pois o processo de movimentação da areia contribui tanto para a formação de bermas quanto de bancos de areia na praia e na antepraia, reforçando a defesa natural do litoral, segundo O'Connell (2008).

À vista disso, dentre as alternativas existentes, a solução mais promissora, sob a ótica da eficiência e da sustentabilidade que vem sendo utilizada para a restauração e manutenção do ecossistema costeiro em Alagoas, é o dissipador de energia *bagwall*, que consiste numa estrutura moldada *in loco* em forma de escadaria e enterrada na praia antes da linha de preamar. É projetada para atenuar a força das ondas transformando a energia cinética em energia potencial menos significativa (GALLAS, 2007), dissipando-a sem transferir o processo erosivo para as adjacências, reduzindo a erosão e promovendo a

acresção natural de sedimentos, além de devolver o uso recreativo da praia à população (ANDRADE; SOUZA; SOUZA FILHO, 2024).

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo apresentar o cotejo da variabilidade espaçotemporal da linha de costa no intervalo de 21 anos, entre 2002 e 2023, no trecho da ilha de Santa Rita, Marechal Deodoro–AL, analisando se o dissipador de energia *bagwall* instalado no ano de 2008 tem associação com a mobilidade de sedimentos arenosos na área de estudo.

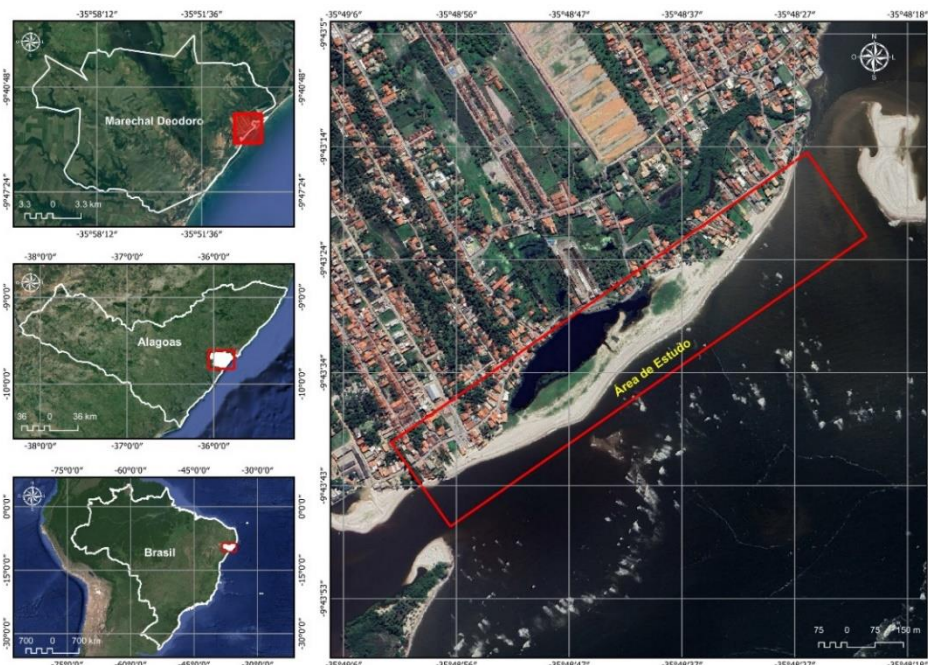
METODOLOGIA

A metodologia empregada consistiu na seleção e organização dos dados, no mapeamento e digitalização das feições geográficas de interesse; cotejo entre planos de informação e, por fim, análise das transformações espaciais e temporais ocorridas.

A área de estudo

A área de estudo está localizada no povoado Barra Nova, na ilha de Santa Rita, município de Marechal Deodoro, litoral central de Alagoas (Figura 1).

Figura 1. Localização da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir do *tileset* WMS do Google Earth (2023).

Está situada entre as coordenadas geográficas 09°42'40,03" S e 09°43'52,92" S e 35°48'10,63" W e 35°49'21,07" W, estendendo-se por um comprimento de 1,4 km em

sentido Nordeste-Sudoeste e posicionando-se próximo à desembocadura do Sistema Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba (SELMM); local onde ocorrem as principais alterações morfológicas no relevo costeiro.

A área terrestre é constituída por sedimentos quaternários de origem praiar e aluvial, resultando em um relevo dinâmico e sujeito a processos de abrasão fluvio-marinha, graças à constante remobilização destes sedimentos em função da intensa atividade hidrodinâmica no local.

Já em relação às características associadas ao relevo submerso, baseado em dados adaptados de Pinheiro (2020), a profundidade varia entre as isóbatas -0,5m e -3,0m mais próximas à costa, atingindo a cota de -9,0m a aproximadamente 1,1 km do local do *bagwall*. Quanto ao tipo de material depositado no leito da área em questão, considerando o coeficiente de Chezy, tem-se um predomínio de areias com cascalho e de granulometria muito grossa.

A escolha da área para estudo foi motivada pela necessidade de compreender os processos erosivos intensificados após o desmembramento do pontal arenoso do Saco da Pedra em 2007. O evento causou forte destruição ao patrimônio público e privado, colocando em risco a comunidade local. A construção de um dissipador de energia em 2008, como medida emergencial, tornou o local propício para analisar a eficácia de estruturas de proteção costeira.

Procedimentos metodológicos

Para a execução deste trabalho, foram utilizadas imagens de satélite integradas na plataforma Google Earth Pro, selecionadas em intervalo temporal de cinco anos e que apresentassem ausência de cobertura de nuvens sobre a área de estudo. De acordo com esses critérios, foram definidas as imagens referentes às datas 14/09/2002, 19/12/2007, 12/11/2013, 24/02/2018 e 07/06/2023, sendo o primeiro registro servindo como a linha de base.

Após a escolha dos dados, foi definida como recorte espacial um quadrante de 1 km² baseado no limite da amplitude máxima da desembocadura do SELMM entre 2002 e 2023, além de resguardar a qualidade gráfica das respectivas imagens na resolução máxima que o *software* permite: 8.190 x 5.108 pixels.

Em seguida, foi realizada a correção geométrica dos dados no software QGIS 3.34, aceitando o erro médio quadrático de 0,2 pixel; tomando como referência a imagem

do satélite Quickbird 2 relativa ao ano de 2011, ortorretificada no sistema de projeção Sirgas-2000, fuso 25L.

Na etapa seguinte, delimitaram-se as linhas de costa através da vetorização em tela, admitindo-as como a linha visível que separa a areia seca da molhada e, na ausência destas, o contato direto da água com edificações ou bermas e escarpas.

Por fim, foram realizadas as mensurações da variação entre as linhas de costa usando o complemento SCAT (*Shoreline Change Analysis Tool*) para o QGIS. Os cálculos foram realizados a partir da definição do intervalo de 10 metros entre os transectos ao longo dos 1.400 metros delimitados.

A taxa de incerteza aplicada a este modelo foi de 0,5 metro, que corresponde à resolução espacial de menor valor entre os dados; e o intervalo de confiança foi de 99,7%, seguindo o padrão recomendado pelo software utilizado.

As estatísticas abordadas neste trabalho se referem ao NSM (*Net Shoreline Movement*) e o EPR (*End Point Rate*), onde o primeiro calcula a distância absoluta do movimento entre uma linha mais antiga e uma mais recente; enquanto o segundo calcula a distância no intervalo de tempo existente entre essas linhas, tendo por unidades de medidas o metro (m) e o metro por ano (m/ano), respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

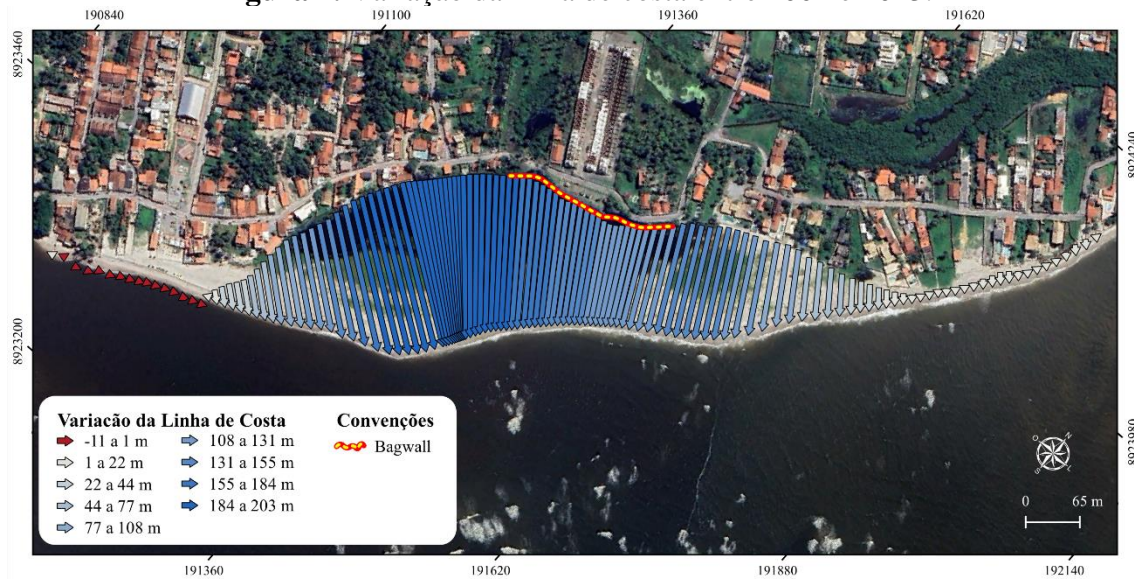
As mensurações mostram que houve uma mudança na posição da linha de costa com NSM médio de 99,93 metros e EPR médio de 4,76 m/ano (Figura 2), com registros mínimo e máximo de -9,52 e 203,15 metros e de -0,45 e 9,67 metros/ano, respectivamente; resultando numa área progradada de 107.630,75 m² (10,76 ha).

Em relação ao montante de sedimentos depositados no local, calculou-se, a partir de levantamento topográfico realizado em 13/05/2024, um volume de 318.463,18 m³.

Cronologicamente, nota-se certa sazonalidade no comportamento médio da posição da linha de costa entre os períodos comparados, alternando entre estado de progradação e de retrogradação.

Assim, entre 2002 e 2007 houve uma acreção média de 2,72m e entre 2007 e 2013 registrou-se uma erosão de 1,73 m, produzindo uma amplitude média do NSM de apenas 4,45 metros, o que corresponde a um ERP de 0,74 m por ano.

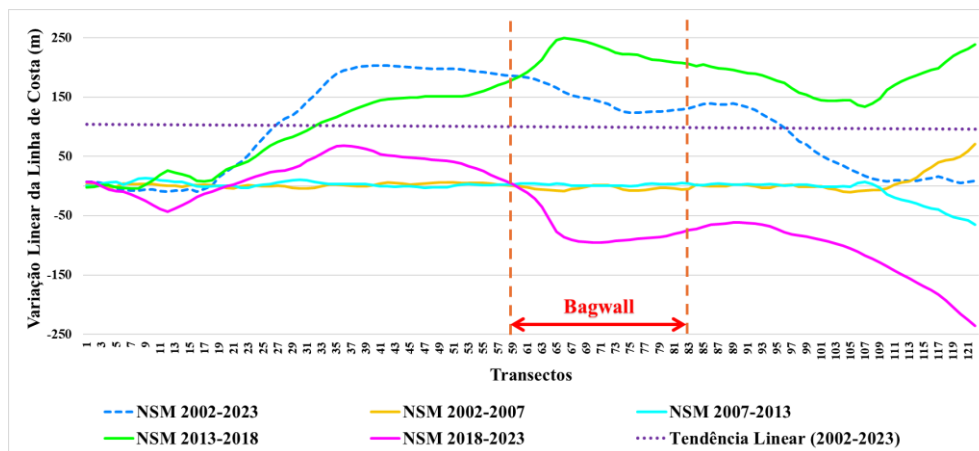
Figura 2. Variação da linha de costa entre 2002 e 2023.



Fonte: Autores.

Com isso, pode-se considerar que a linha de costa se apresentava em relativa estabilidade, como pode ser observado no Gráfico 1.

Gráfico 1. Variabilidade do NSM da linha de costa entre os períodos comparados.



Fonte: Autores.

No período compreendido de 2013 a 2018, observou-se forte deposição de sedimentos, especialmente no trecho onde está situado o bagwall, atingindo o NSM máximo de 249,40 m e EPR de 49,88 m/ano. Este processo de progradação só foi possível graças ao aporte sedimentar proveniente do pontal arenoso do Saco da Pedra que se desprende em 2007 de sua posição original e foi mobilizado pela deriva litorânea até se soldar na ilha de Santa Rita.

Contudo, ao considerar o caráter dissipativo do bagwall, em que há a atenuação da energia das ondas, e que favorecem a deposição de sedimentos e a elevação do atrito

na camada de fundo, contribuindo, assim, para a estabilização da praia e na elevação da cota batimétrica na zona de antepraia, infere-se que, de certa forma, a presença desta estrutura induziu a morfologia da linha de costa no recorte temporal em questão. Esta afirmação pôde ser confirmada ao comparar os levantamentos batimétricos realizados pela Agência Nacional de Águas (ANA) em 2012 e pela empresa que executou a obra do *bagwall*.

No cotejo entre 2018 e 2023, houve um recuo significativo da linha de costa, em comparação ao período anterior. Os valores mínimo e máximo de NSM e EPR foram de -95,45 e 3,11 metros na porção localizada à frente da estrutura dissipativa, totalizando uma amplitude de 344,85 metros na variação entre as duas últimas séries bitemporais.

Apesar disso, entende-se que no intervalo temporal dos 21 anos analisados, houve estabilidade na movimentação da linha de costa, o que pode ser constatado na linha de tendência do Gráfico 1.

CONCLUSÃO

Este trabalho evidenciou que a análise temporal da linha de costa, no período de 21 anos, revela uma alternância entre processos de erosão e deposição na área de estudo, demonstrando que a morfologia da linha de costa permanece suscetível aos processos morfoesculturais associados à hidrodinâmica estuarina e oceânica.

Constata-se ainda a importância de permanecer monitorando a área, de modo que possa fornecer subsídios que contribuam com ações de gestão costeira mais eficazes e sustentáveis.

Por fim, conclui-se que o dissipador de energia *bagwall* influenciou indiretamente na justaposição da barra arenosa do Saco da Pedra à ilha de Santa Rita, ao permitir a elevação da cota do assoalho do canal lagunar, mediante deposição dos sedimentos transportados pelos corpos hídricos. A presença desta estrutura não só impediu a continuidade do processo erosivo no local de sua instalação, mas progredando frontalmente em cerca de 90% da extensão estudada. Isto resultou na recuperação do ecossistema costeiro e na devolução da área recreativa à população.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Esdras de Lima *et al.* Análise espaço-temporal da evolução geomorfológica das restingas do Pontal da Barra e do Saco da Pedra, Alagoas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: Inpe, 2011. p. 4964-4971.

ANDRADE, Esdras de Lima; SOUZA, Marco Antônio de Lyra; SOUZA FILHO, Marco Antônio de Lyra. Monitoramento da evolução morfológica da praia de Costa Brava, Alagoas, Brasil após construção de dissipador de energia bagwall. **Revista Contexto Geográfico**, Maceió, v. 9, n. 19, p. 18-33, jul. 2024.

BEDER, Luciana. **Erosão afeta 70% do litoral alagoano**. 2023. Disponível em: <https://tinyurl.com/uaz7ndat>. Acesso em: 12 ago. 2024.

BULHÕES, Eduardo. Erosão costeira e soluções para a defesa do litoral. In: MUEHE, Dieter; LINS-DE-BARROS, Flavia Moraes; PINHEIRO, Lidriana de Souza (org.). **Geografia marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos**. Rio de Janeiro: PGM, 2020. p. 655-688.

DIAS, João M. Alveirinho. A evolução actual do litoral português. **Proteção Civil**, Lisboa, v. 3, n. 10, p. 15-29, jan. 1990.

FERREIRA, Bruno *et al.* Morfodinâmica do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba - CELMM, litoral sul de Alagoas. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 77, n. 34, p. 692-713, 08 jul. 2024.

GALLAS, Jason Alfredo Carlson. **Transição para o caos em sistemas dissipativos**. Porto Alegre: Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. 13 p.

MORAIS, Jáder Onofre de *et al.* Erosão Costeira em Praias Adjacentes às Desembocaduras Fluviais: o caso de pontal de Maceió, Ceará, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, Itajaí, v. 2, n. 8, p. 61-76, 31 dez. 2008.

MUEHE, Dieter. (Org). **Panorama da Erosão Costeira no Brasil**. 1.ed. Brasília: MMA, 2018. 759 p.

NASCIMENTO, Melchior Carlos do; CERQUEIRA, José Antônio Cavalcante; PINTO, Kinsey. Caracterização da dinâmica da linha de costa na enseada do Pontal de Coruripe, litoral sul de Alagoas. **Revista Contexto Geográfico**, [S.L.], v. 2, n. 4, p. 69-79, 24 out. 2018. Universidade Federal de Alagoas.

O'CONNELL, Jim F.. **Coastal dune protection and restoration: using cape american beachgrass and fencing**. Barnstable: NOAA, 2008. 20 p.

PINHEIRO, Mariana Kummer da Rocha. **Circulação hidrodinâmica e renovação das águas no complexo estuarino lagunar Mundaú-Manguaba para diferentes configurações de embocaduras**. 2020. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

SANTOS, Rochana Campos de Andrade Lima. **Evolução da linha de costa a médio e curto prazo associada ao grau de desenvolvimento urbano e aos aspectos geoambientais da planície costeira de Maceió**. 2004. 157 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geologia, Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

SANTOS JÚNIOR, José Ferreira dos; ARAUJO, Eduardo Machado Menezes; FERREIRA, Bruno. Erosão costeira no município de Barra de Santo Antônio, litoral norte de Alagoas. **Labomar: Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 1, n. 53, p. 34-42, 30 jan. 2020. Especial.

SILVA, Gibson Claudino da Silva. **Avaliação da proteção costeira e recuperação de praias em Maceió**. 2022. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Biologia, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2022.

SOUZA, Marco Antônio de Lyra. Benefícios Ambientais no Controle de Erosão Costeira com o uso do Dissipador de Energia “Bagwall” no Litoral de Alagoas. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, Itajaí, v. 2, n. 8, p. 139-148, 31 dez. 2008.