

ANÁLISE DA VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA LINHA DE COSTA DA PRAIA DO AÇU (SÃO JOÃO DA BARRA/RJ) NO PERÍODO DE 1973 A 2023 E TENDÊNCIAS FUTURAS

Mariana Gomes Barbosa ¹
Eduardo Manuel Rosa Bulhões ²
Maíne de Souza Gonçalves ³

INTRODUÇÃO

Compreendidas como um dos ambientes mais dinâmicos e sensíveis do planeta, as praias são compostas por materiais inconsolidados, como areia e cascalho, e junto com as dunas costeiras atuam como uma proteção natural do continente frente ao ataque erosivo das ondas (Souza *et al.* 2005). Tais sedimentos estão em constante movimento devido a ação das ondas, marés, ventos e correntes, responsáveis pelos processos de erosão, transporte e deposição, o que define o balanço sedimentar.

O litoral brasileiro apresenta diversos estágios de degradação/preservação e erosão costeira em seus aproximadamente 9.200 km de linha de costa (Silveira, 1964 *apud* Souza, 2009). Levando em consideração que o cenário de elevação do nível médio do mar no último século tende a aumentar as áreas em perigo de erosão costeira e inundação marinha em associação com o crescimento acelerado da população no litoral, tais espaços podem se transformar em áreas de risco ou de manejo crítico em um futuro próximo (Souza, 2009).

A área de estudo desta pesquisa localiza-se no litoral norte fluminense, especificamente no trecho litorâneo entre a praia do Iquipari e a praia Barra do Açú, localizada no município de São João da Barra (RJ) onde está instalado, sobre sua linha de costa e planície costeira, o Complexo Industrial e Portuário do Açú (CIPA). Em termos geomorfológicos, situa-se sobre uma planície costeira holocênica associada ao delta atual do rio Paraíba do Sul, no flanco sul.

Dentro desse contexto, o presente trabalho objetiva realizar a projeção futura das linhas de costa do trecho litorâneo da praia do Iquipari a praia Barra do Açú, baseada nas

¹ Mestranda em Geografia na Universidade Federal Fluminense - RJ, marianagb@id.uff.br;

² Doutor em Geografia Marinha da Universidade Federal Fluminense- RJ, eduardobulhoes@id.uff.br

³ Mestranda em Geografia na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – RJ, maine.sgoncalves@gmail.com

informações existentes sobre a dinâmica deste litoral nos últimos 50 anos (1973-2023), extraída a partir da análise de séries históricas de imagens de satélite. Para isso, são propostos os seguintes objetivos específicos: 1) analisar a variabilidade espaço-temporal das taxas de erosão e progradação deste trecho litorâneo no período de 1973 a 2023, levando em consideração as intervenções do Porto do Açú sobre a linha de costa; 2) projetar o posicionamento da linha de costa deste recorte espacial para os próximos 5, 10, 20, 30, 40 e 50 anos com base na tendência evolutiva deste litoral.

MATERIAIS E MÉTODOS

Com o intuito de alcançar os objetivos propostos nesta pesquisa, a metodologia aplicada baseia-se em Klein *et al.* (2016) e Souza (2023). Os procedimentos metodológicos são compostos essencialmente por três etapas distintas: 1) mapeamento das linhas de costa pretéritas e atual; 2) determinação da taxa de evolução costeira (TEC); 3) projeção das linhas de costa futuras.

1. Mapeamento das linhas de costa pretéritas e atual

A reunião de séries históricas de imagens foi realizada a partir de bases de dados gratuitas e teve o propósito de apresentar um histórico evolutivo da linha de costa. Destaca-se que nesta pesquisa entende-se por linha de costa a linha formada pelo espraiamento máximo das ondas, também conhecido como o contato entre a zona seca e a zona úmida da praia (Boak e Turner, 2005).

Os procedimentos aplicados para detecção de mudanças do litoral foram realizados no *software* ArcGIS versão 10.2.1 e seguiu-se as seguintes etapas: georreferenciamento das imagens; vetorização das linhas de costa para cada ano disponível; aplicação de ferramentas *Union* e *Intersect* para delimitar as áreas de progração e erosão, assim como quantificar o avanço e recuo máximo, médio e mínimo da linha de costa. Para isso, foi criada uma linha de 18 km paralela à linha de costa ao longo de toda a extensão do litoral estudado, que foi subdividida em transectos com uma distância entre si de 50 metros. Posteriormente foi criada uma linha transversal a linha de costa acompanhando os segmentos distanciados em 50 metros, que permitiu o cálculo das taxas para cada transecto na área de estudo. A utilização dessas técnicas tem como base os trabalhos de Souza (2023) e Barbosa *et al.* (2022).

2. Determinação da taxa de evolução costeira (TEC)

Para determinar a taxa de evolução costeira (TEC) da área de estudo, será adotada a metodologia descrita por Klein *et al.* (2016). Esta metodologia consiste em comparar as linhas de costa pretéritas extraídas das imagens de satélites com a posição da linha de costa atual. A TEC será estabelecida a partir da distância entre essas linhas de costa dividido pelo tempo de movimentação transcorrido. Esta taxa de evolução costeira será calculada com o auxílio da extensão para ArcGis *DSAS (Digital Shoreline Analysis System* versão 5.0).

Para realizar o cálculo, em primeiro momento, é necessário definir uma linha de base na extensão *DSAS* – nesta pesquisa a linha de base será definida como a linha de costa atual - que será a referência inicial para a geração automática dos perfis transversais (transectos), sendo estes os responsáveis por gerar e armazenar o cálculo das taxas de cada trecho do litoral analisado. Em segundo momento, é necessário selecionar o método de cálculo que o *DSAS* irá operar. Neste caso, para determinação da TEC será selecionado o método de regressão linear (LRR – *Linear Regression Rate*), que apresenta uma taxa de variação da linha de costa em metros/ano, onde são consideradas todas as linhas de costa disponíveis.

1.3 Projeção das linhas de costa futuras

A escala de tempo adotada será de 5, 10, 20, 30, 40 e 50 anos com o intuito de construir os possíveis cenários futuros do posicionamento da linha de costa da Praia do Açú direcionado para o planejamento a curto e médio prazo de uso e ocupação deste espaço litorâneo. Baseado em Klein *et al.* (2016), a projeção da linha de costa futura (LC_t), considerando a escala de tempo acima, é dada por:

$$LC_t = LC_0 + TEC * t$$

Onde:

LC₀ = linha de costa atual, tempo zero;

LC_t = linha de costa futura num tempo de t (5, 10, 20, 30, 40 e 50) anos, considerando um aumento constante no nível do mar;

TEC = taxa anual de evolução de linha de costa;

t = tempo futuro (5, 10, 20, 30, 40 e 50 anos)

A extensão *DSAS* irá gerar os pontos de interseção entre os transectos e a linha de costa mais atual, juntamente com suas respectivas coordenadas geográficas. A partir destas coordenadas, basta somar as taxas calculadas através da equação supracitada para

cada ano de projeção e a linha de costa futura será posicionada geograficamente em ambiente SIG, expressando esses resultados de forma gráfica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados serão apresentados em dois grandes períodos analíticos: período anterior às intervenções do Porto do Açú (1973-2007) e o período posterior às intervenções (2010-2023), com o intuito de caracterizar e comparar as tendências evolutivas deste trecho do litoral em sua dinâmica dita “natural” e a dinâmica com influência de obras portuárias sobre a linha de costa.

De forma geral, no período anterior às intervenções, observou-se o estabelecimento de dois setores bem demarcados ao longo do litoral com tendência de comportamentos distintos, evidenciados pela ocorrência de progradação no trecho ao norte da área de estudo, compreendida pela praia de Iquipari, e erosão no trecho sul, nas praias do Açú e Barra do Açú (**Figura 1**). A área total mobilizada foi de 855.679 m², com predomínio de dinâmica erosiva (51%). A taxa média linear de erosão foi de 49,39 metros (máximo de 108 metros), já a progradação ficou com taxa média de 45,75 metros (máximo de 97,95 metros). Cálculos de velocidade média indicam erosão de 1,45 metros/ano e acreção de 1,35 metros/ano, levando em consideração o período analítico de 34 anos. O setor com tendência de progradação é corroborado pela literatura em Bastos e Silva (2000); Vasconcelos *et al.* (2021). O setor com tendência de erosão também é corroborado pela literatura de Muehe e Valentini (1998) e Bastos e Silva (2000).

Enquanto o período posterior às intervenções mobilizou 1.134.872 m² com predominância da dinâmica progradacional (61%), em função, principalmente, da acumulação sedimentar à barlar das estruturas portuárias, de acordo com os sentidos de transporte litorâneo. Este cenário também apresenta trechos erosivos, em maior expressão, no trecho litorâneo entre os molhes portuários, onde os sedimentos são apenas retirados, sem corrente litorânea promovendo aporte sedimentar em função da instalação das estruturas rígidas e em menor expressão no trecho ao norte e extremo sul da área de estudo. A taxa linear de erosão foi de 47,74 metros (máximo de 145, 10 metros) e taxa de progradação de 86,96 metros (máximo de 303,62 metros). No que tange aos cálculos de velocidade média, indicam erosão de 3,67 metros/ano e progradação de 6,65 metros/ano, levando em consideração o período analítico de 13 anos.

Em função do residual do transporte litorâneo ser direcionado para o norte na área de Barra do Açu, existe uma tendência de acúmulo sedimentar no molhe sul do empreendimento, ou seja, os sedimentos que seriam transportados em direção ao norte tendem a ficar retidos na referida estrutura, devido ao sentido da deriva de S-N. Este acúmulo também é tendência na barlamar do molhe norte, devido a direção da deriva litorânea que chega neste trecho de N-S.

Em ambos os períodos é observado a tendência erosiva na porção sul da área de estudo, na altura da praia Barra do Açu. De acordo com a literatura (Muehe e Valentini, 1998), esta região está mais suscetível às ondas de tempestades oriundas do quadrante S-SE-SW, devido a mudança na orientação da linha de costa no Cabo de São Tomé. Tais observações permitem estabelecer uma relação entre a construção das estruturas rígidas do Porto do Açu sobre a linha de costa e as correntes de deriva litorânea locais, resultando em modificações significativas na dinâmica sedimentar da área de estudo.

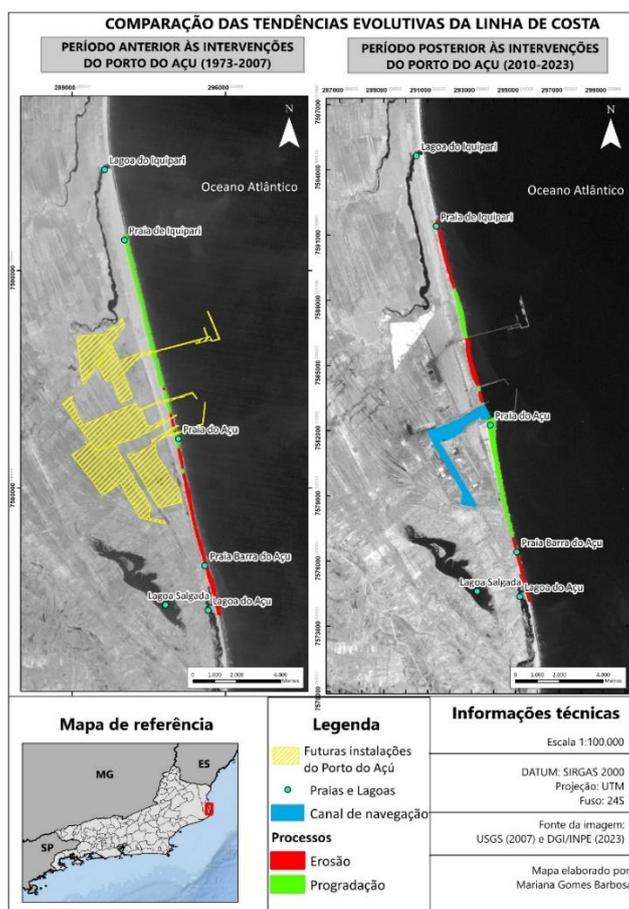
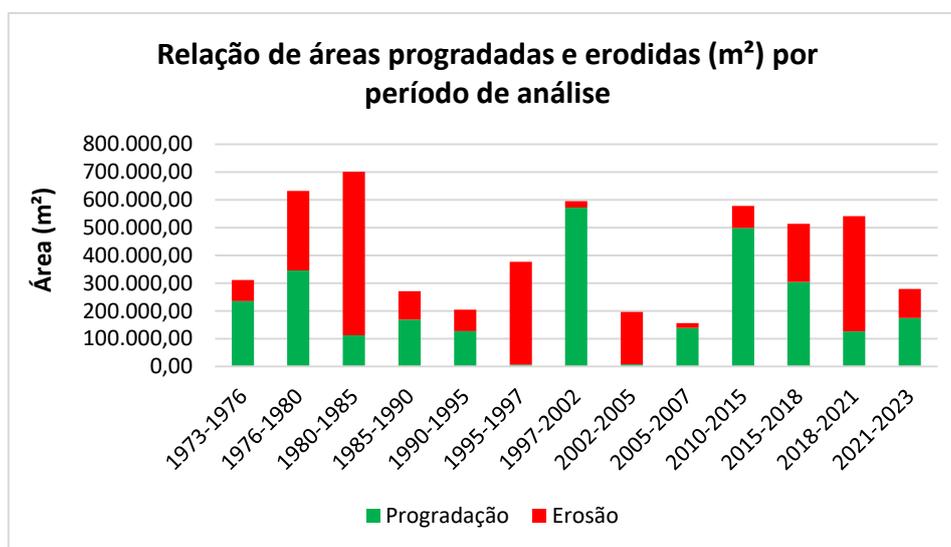


Figura 1 - Mapa comparativo entre as tendências evolutivas da linha de costa nos períodos anterior e posterior às intervenções do Porto do Açu.

Embora o comportamento observado nesses dois períodos analíticos retrate uma tendência geral, a análise entre menores intervalos de tempo permitiu identificar que os processos não ocorrem de forma contínua e nem com a mesma intensidade ao longo do tempo. É possível que estas variações possam estar relacionadas às mudanças hidrodinâmicas, incidência de sistemas frontais, a influência dos fenômenos El Niño e La Niña e às intervenções antrópicas na área de estudo, conforme apresentado no **Gráfico 1**.

Gráfico 1 - Comparação entre as áreas progradadas e erodidas (m²) por período de análise.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que, embora a tendência geral mostre trechos com predominância de processos progradacionais à norte e erosivos à sul, tais fenômenos não ocorrem de forma contínua ao longo do tempo. As análises em intervalos de tempo menores permitiram visualizar que esses fenômenos variam ao longo do tempo e do espaço e também em intensidade, influenciados pelo complexo padrão hidrodinâmico local sujeito a modificações nos padrões meteorológicos e oceanográficos que impactam diretamente o transporte sedimentar.

No período anterior as intervenções geradas pela instalação do Porto do Açú, observou-se uma tendência geral de sedimentação na porção mais ao norte da área de estudo (nas proximidades da praia de Iquipari), enquanto processos erosivos localizaram-se na porção mais ao sul (nas praias do Açú e Barra do Açú), com um ponto de inflexão entre os processos de sedimentação e erosão na região onde seria instalado o Porto. Essa

dinâmica é reflexo da convergência de fluxos de deriva litorânea na região já descrita na literatura.

Observou-se também que a região da praia do Açú e da Barra do Açú apresentam suscetibilidade natural a erosão costeira, identificada na análise das imagens históricas antes das intervenções realizadas pelo Porto do Açú no litoral.

Embora não seja possível relacionar as intervenções realizadas na linha de costa a intensificação de eventos erosivos na região da praia do Açú e Barra do Açú, é inegável que tais intervenções tiveram sim influência no padrão natural de sedimentação da área de estudo. Foram observadas a formação de duas áreas de sedimentação significativa associadas ao bloqueio da deriva litorânea a barlar dos molhes sul e norte, além de uma área de erosão entre os molhes. Essas características destoam do padrão observado no recorte temporal anterior a instalação do Porto, mostrando que o seu estabelecimento está diretamente relacionado as estruturas construídas.

A próxima etapa desta pesquisa consiste na aplicação dos procedimentos metodológicos necessários para determinar a taxa de evolução costeira e posterior projeção futura das linhas de costa para os próximos 5, 10, 20, 30, 40 e 50 anos do trecho litorâneo estudado, com o intuito de subsidiar o planejamento costeiro para uso e ocupação deste litoral.

Palavras-chave: geografia marinha, mapeamento costeiro, dinâmica de praias, erosão costeira, obras portuárias.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, M.G. *et al.* Dinâmica costeira na Praia do Açú, São João da Barra (RJ): possível influência das intervenções do Porto do Açú na intensificação de alterações morfológicas na linha de costa. In: **XIX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Rio de Janeiro**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA - SBGFA Antropoceno: das transformações às metamorfoses das paisagens e do mundo. v. 1. p. 96-99, 2022.

BASTOS, A. C.; SILVA, C. G. Caracterização morfodinâmica do litoral Norte Fluminense, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Oceanografia**, 48(1):41-60, 2000.

BOAK, E.H.; TURNER, I.L. Shoreline definition and detection: a review. **Journal of Coastal Research**, 21 (4), pp. 688–703. 2005.

KLEIN, A. H. F. *et al.* **Metodologia para quantificação de perigos costeiros e projeção de linhas de costa futuras como subsídio para estudos de adaptação das zonas costeiras: litoral norte da Ilha de Santa Catarina e entorno**. Ministério do Meio

Ambiente. Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável; Laboratório de Oceanografia Costeira; Universidade Federal de Santa Catarina, Brasília: MMA, 2016.

MUEHE, D.; VALENTINI, E. **O litoral do Rio de Janeiro: uma caracterização físico-ambiental**. Cooperação técnica Brasil-Alemanha. Projeto PLANAGUA SEMA-GTZ. Rio de Janeiro: FERMAR, 1998.

SOUZA, C. R. D. G.; LUNA, G. D. C. Taxas de retrogradação e balanço sedimentar em praias sob risco muito alto de erosão no município de Ubatuba (Litoral Norte de São Paulo). **Quaternary and Environmental Geosciences**, [s.l.], v. 1, no 1, p. 25–41, 2009.

SOUZA, C.R.V; SUGUIO, K; OLIVEIRA, A.M.S; OLIVEIRA, P.E.(eds). **Quaternário do Brasil**. Ed: Holos, Ribeirão Preto, 2005, 385 p.

SOUZA, I.A.V.de. **Projeções de cenários futuros de comportamento da linha de costa entre Atafona e Grussaí (São João da Barra, RJ) a partir da tendência dinâmica observada no período de 1954 a 2022**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2023.

VASCONCELOS, S.C. *et al.* Dinâmica erosiva e progradacional das praias de Atafona e Grussaí (RJ), 1954-2019. **Revista da ANPEGE**. v. 17. n.º. 33, p. 162 - 182. e-ISSN: 1679-768X. 2021.