



O PAPEL DOS ARENITOS DE PRAIA NO COMPORTAMENTO NOS ÚLTIMOS 46 ANOS DA LINHA DE COSTA DA PRAIA DE AREMBEPE, LITORAL NORTE DO ESTADO DA BAHIA

Raija Cisneiros de Jesus ¹
Junia Kacenenbogen Guimarães ²

RESUMO

Os arenitos de praia configuram um importante agente de proteção contra a erosão marinha a depender de como se dispõem ao longo da linha de costa. A praia de Arembepe apresenta uma linha de costa escalonada, de orientação geral NE-SO, caracterizada pela presença de diversos corpos areníticos, de diferentes gerações, que resultaram na formação de tómbolos na parte central da área e saliências, na parte nordeste da área. Este trabalho tem como objetivo entender o papel dos arenitos de praia no comportamento da linha de costa de Arembepe nos últimos 46 anos. Para isso foram mapeados os arenitos, as linhas de costa de 1976 e 2022 e realizados 21 transectos para medição do deslocamento da linha de costa e suas respectivas taxas. Em razão do comportamento diferenciado da linha de costa, a área foi dividida em três segmentos: sudoeste (transectos 1 a 8), central (transectos 9 a 16) e nordeste (transectos 17 a 21). O erro associado às taxas de erosão/progradação foi de 0,32 m/ano. Como resultado, observou-se que a maior parte dos transectos - especialmente aqueles diretamente anexados aos arenitos na parte central da área - encontra-se em situação de equilíbrio, apresentando taxas de deslocamento da linha de costa muito inferiores ao erro. Isso indica que a linha de costa nesse trecho está estável, ao menos desde 1976. Por outro lado, os transectos localizados nas partes nordeste e sudoeste da área estudada apresentaram um padrão geral de progradação, sendo nesta última observadas as maiores taxas (até 0,46m/ano). Acredita-se que na parte nordeste da área, a progradação está associada à presença de saliências, que tendem a evoluir para tómbolos, devido à ação protetiva dos arenitos na antepraia em relação às ondas incidentes. Por sua vez, na parte sudoeste da área, caracterizada pela ausência de arenitos, a progradação pode estar relacionada a outros fatores, possivelmente a um ajuste da linha de costa, levemente embaiada, a uma mudança no regime de ondas, com aumento de ondas do quadrante sul.

Palavras-chave: Progradação costeira, Arenitos de praia, Proteção costeira.

INTRODUÇÃO

Os arenitos de praia impactam a dinâmica e evolução costeira, e com isso a configuração da linha de costa. Para Cooper (1991), esses impactos estariam relacionados, principalmente, à redução do volume de sedimentos litorâneos e às mudanças na morfologia costeira.

¹ Mestranda do Curso de Geografia da Universidade Federal da Bahia - UFBA, rajacisneiros@gmail.com;

² Professora orientadora: Doutorado em Geologia Marinha, Costeira e Sedimentar pela Universidade Federal da Bahia – UFBA, juniakg@gmail.com.



Diniz e Amaral (2003) esclarecem que a redução do volume de sedimentos litorâneos decorre da retenção da areia durante o processo de cimentação carbonática, o que torna esses sedimentos menos disponíveis para o transporte e redistribuição ao longo da costa.

As mudanças na morfologia costeira, por sua vez, estão associadas às alterações nos padrões de circulação litorânea (Vousdoukas, Velegrakis e Plomaritis, 2007). Os arenitos se apresentam como um importante agente natural de proteção contra a erosão marinha (Ferreira Junior, 2005), uma vez que se comportam como um anteparo costeiro que tende a dissipar a energia das ondas, quando submersos, e a barrar a passagem destas, quando emersos, favorecendo assim a deposição de sedimentos na face de praia e desenvolvendo saliências e tómbolos (Black e Andrews, 2001). Nos casos em que há presença de canais e aberturas entre os arenitos de praia, ou seja, quando esses corpos areníticos se apresentam de forma descontínua, as correntes acabam incidindo com maior potencial erosivo (Fernandino et al., 2018) contribuindo, dessa forma, para a erosão da linha de costa, formando reentrâncias na mesma.

A praia de Arembepe está situada no município de Camaçari, no Litoral Norte do Estado da Bahia, e apresenta uma linha de costa escalonada, com orientação NE-SO. Os arenitos de praia constituem uma feição marcante na área de estudo, estando dispostos, de forma paralela e subparalela à linha de costa. Além disso, observam-se saliências e reentrâncias ao longo do litoral, conferindo maior complexidade à morfologia costeira local (Figura 1).

De acordo com Bittencourt et al (1978) é possível identificar dois alinhamentos de arenitos, um de idade mais antiga (7.310 +185 anos AP) presente na antepraia, e outro mais recente (5.940 + 155 anos AP), anexado à face de praia.

O regime de ondas da área de estudo é determinado pelo padrão de ventos, sobretudo alísios, encontrados no Litoral Norte do Estado da Bahia (Bittencourt et al., 2010). A linha de costa de Arembepe é atingida durante o ano por ventos predominantes de E (26,2%), ESE (17,1%) e SE (13,8%) (Jesus; Silva; Guimarães, 2024), além de apresentar frentes de ondas dominantes de E (46%) e SE (27%), seguidas por ondas de S (16%) (Pianca et al., 2010). Esse regime de ondas gera uma deriva litorânea para SO e NE, respectivamente, na primavera/verão e outono/inverno (Jesus; Nascimento; Guimarães, 2023).

Diante disso, este trabalho tem como objetivo entender se os arenitos de praia influenciaram no comportamento da linha de costa de Arembepe nos últimos 46 anos.

METODOLOGIA



A partir da interpretação de fotografias aéreas datadas de 1976 e da Ortofoto de Camaçari do ano de 2022, obtida na Prefeitura de Camaçari, foram realizados os mapeamentos das linhas de costa de Arembepe, assim como dos arenitos de praia presentes na área de estudo, a fim de identificar e caracterizar as situações distintas pelo qual os arenitos de praia se dispõem ao longo da linha de costa de Arembepe.

Inicialmente, as fotografias aéreas foram georreferenciadas com base na Ortofoto de Camaçari (2022), mosaicadas, e posteriormente, identificado o erro quadrático médio, para o cálculo do erro da taxa de erosão/progradação. No software QGIS, foram vetorizadas as linhas de costas de 1976 e 2022, além dos arenitos de praia encontrados na face de praia e antepraia.

Para a vetorização das linhas de costas utilizou-se o critério baseado na linha de vegetação, considerada como uma feição indicadora de posição espacial da linha de costa (De Araujo Amancio et al., 2023) e de fácil visualização nas fotografias aéreas. Em seguida, a partir do método Transect Based Analysis (TBA), foram traçados 21 transectos, com um intervalo de 250 m entre si, unindo as distintas linhas de costa, a fim de quantificar os dados de erosão e progradação.

Para se determinar as taxas de mudança da linha costeira, utilizou-se o método “End Point Rate” (EPR), no qual o valor da distância entre as linhas de costas de 1976 e 2022 foi dividido pelo intervalo de tempo entre elas. Essas taxas são expressas em metros por ano (m/ano), podendo assumir valores negativos, positivos ou nulos — indicando, respectivamente, recuo, progradação ou estabilidade da linha de costa.

O EPR é um método simples e amplamente utilizado, pois requer apenas duas posições da linha de costa para a análise. No entanto, esse método apresenta algumas limitações, como a maior influência de dados espúrios e a não incorporação de tendências ou mudanças de tendências de comportamento de linha de costa nos resultados (Dolan, Fenster e Holme, 1991).

Em seguida, calculou-se os erros associados ao processo de mapeamento histórico de linhas de costa. Del Rio e Gracia (2013) destacam que é inevitável certo grau de incerteza nas posições interpretadas da linha de costa, bem como nas taxas de mudança derivadas dessas posições, especialmente quando se utilizam fotografias aéreas para esse fim. Por essa razão, se faz necessário quantificar, ou ao menos, estimar esse grau de incerteza, sendo imprescindível o cálculo dos erros associados às taxas de erosão e progradação da linha de costa.

Para estimar o erro associado ao cálculo das taxas de mudança da linha de costa utilizou-se o método proposto por Del Rio e Gracia (2013), que inclui três componentes de



erro: (I) Erro de georreferenciamento (G); (II) Erro de digitalização (R) e (III) Erro físico (D), expresso pela fórmula a seguir:

$$E_p = \sqrt{G^2 + R^2 + D^2} \quad (1)$$

Os erros calculados por meio da Equação 1 correspondem a cada imagem individual. Logo, o E_p será calculado para cada linha de costa mapeada (Tabela 1).

(I) O **erro do georreferenciamento (G)** está relacionado à correção geométrica das fotografias. Refere-se ao valor do erro quadrático médio – EQM (aquele obtido por meio do georreferenciamento das imagens). Para as fotografias de 1976, este foi fornecido pelo QGIS, após o georreferenciamento, enquanto para a ortofoto de 2022, acessada já ortorretificada, foi considerado o valor zero, por não conseguirmos acesso aos metadados da ortorretificação. Destaca-se contudo que pela elevada resolução da imagem (8cm) acredita-se que este erro seja desprezível.

(II) O **erro de digitalização (R)** é representado pela resolução da imagem, ou seja, pelo tamanho do pixel da imagem.

(III) O **erro físico (D)** está associado ao indicador de linha de costa utilizado. Neste caso, o limite da linha da vegetação, ao qual, Fletcher et al (2011) atribuem um erro sazonal (D).

O cálculo do erro sazonal foi realizado com base na diferença entre as posições máxima e mínima da linha de costa, representada pelo limite da vegetação, registradas durante a realização de perfis de praia realizados em campanhas mensais ao longo de um ano em sete pontos na área de estudo (dados não publicados), uma vez que se observou na área uma variação da posição da linha de costa entre os períodos de verão e inverno. Ao final, foi calculada a média do deslocamento do limite da vegetação dos sete pontos para representar o valor de D no trecho em análise.

Para calcular a incerteza (ou erro) total da taxa de deslocamento da linha de costa, foi considerado o erro cumulativo entre as duas linhas de costa, assim como o intervalo de tempo entre as fotografias analisadas, conforme descrito na Equação 2.

$$ETaxa = \frac{\sqrt{EP1^2 + EP2^2}}{T} \quad (2)$$

Onde:

Ep1: erro associado a linha de costa 1,

Ep2: erro associado a linha de costa 2,

T: intervalo de tempo entre as duas linhas de costa.

Tabela 1 - Parâmetros utilizados no cálculo do erro

Linha de costa	G (m)	R (m)	D (m)	EP (m)	Erro da taxa (m/ano)
Ano					
1976	10,02	1	7,66	12,65	0,32
2022	0	0,08	7,66	7,66	

Fonte: elaborado pelas autoras, 2025.

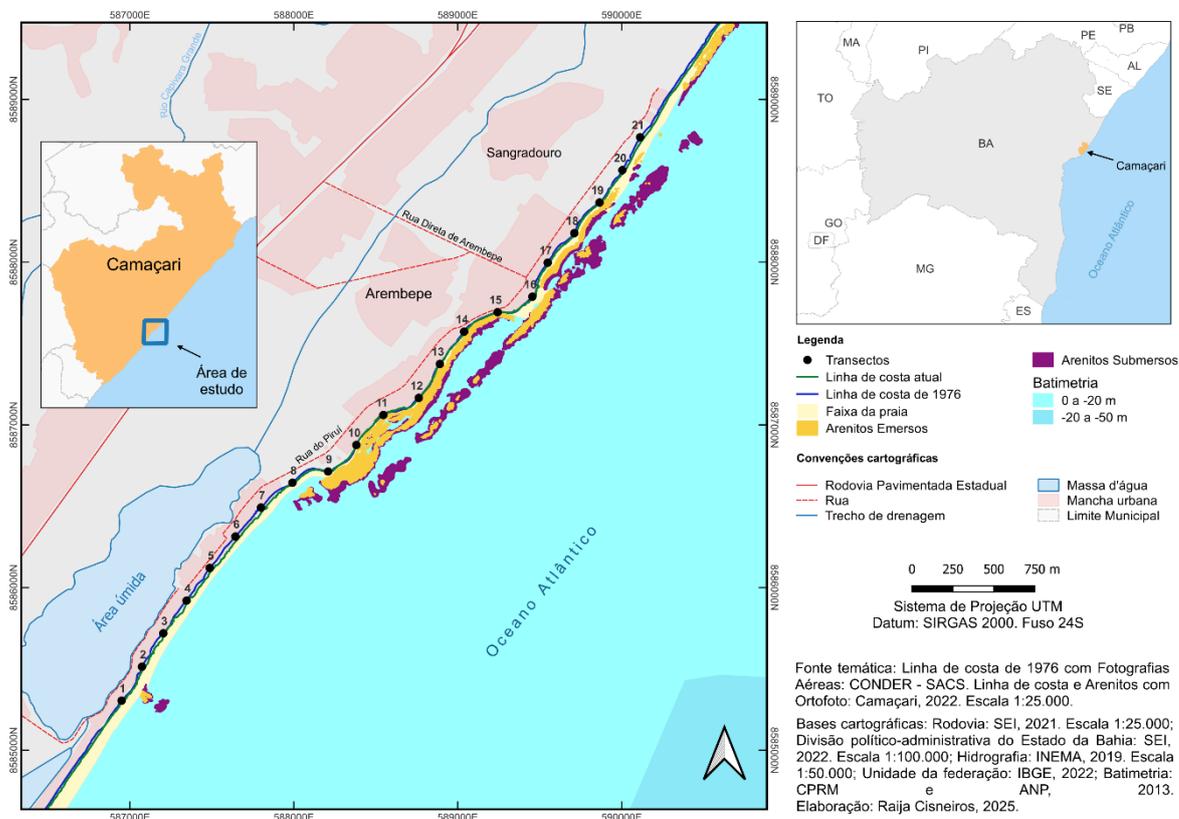
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapeamento das linhas de costa de 1976 e 2022 permitiu observar um predomínio de situação de estabilidade costeira, seguido da situação de progradação (Figura 1). Contudo, sob condições de marés de sizígia associadas a eventos de ressacas, são também observados segmentos suscetíveis à erosão episódica (Jesus, 2021).

De maneira geral, a área pode ser dividida quanto ao comportamento de sua linha de costa em três segmentos: sudoeste (dos transectos 1 a 8), central (dos transectos 9 a 16) e nordeste (dos transectos 17 a 21). Na parte sudoeste encontram-se as maiores taxas de progradação da área de estudo (0,44m/ano; 0,46m/ano; 0,41m/ano respectivamente nos transectos 5, 6 e 7), e elas apresentam-se decrescentes de nordeste para sudoeste a partir do transecto 7. Na parte central, as taxas encontradas foram muito inferiores ao erro ($\pm 0,32$ m/ano), sendo um indicativo de que a linha de costa nesse trecho tem se mantido estável, ao menos desde 1976. Por sua vez, na parte nordeste da área voltam a ser encontrados transectos com taxas de progradação mais elevadas, embora apenas um dos transectos apresente valor superior ao erro (Tabelas 1 e 2).

A progradação identificada no trecho sudoeste pode estar associada a uma mudança no regime de ondas, com aumento de ondas do quadrante sul. Notou-se em trabalhos anteriores que os arenitos emersos, localizados nas imediações do transecto 8, influenciam diretamente a dinâmica sedimentar desse trecho. Esses afloramentos atuam no fechamento de uma célula de circulação, gerando uma deriva litorânea com sentido SO durante a primavera e o verão e NE no outono e inverno, o que contribui para uma rotação sazonal da praia nesse trecho.

Figura 1 - Mapa das linhas de costa de 1976 e 2022 e disposição dos transectos e arenitos de praia ao longo da costa de Arembepe, Litoral Norte do Estado da Bahia



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

Os sedimentos erodidos na extremidade sudoeste da área tendem a se acumular na extremidade nordeste durante o inverno, em razão do aumento da incidência de ondas provenientes do quadrante SE, ocorrendo o inverso no verão. Esse processo favoreceu a formação de uma reentrância na linha de costa a sotamar do arenito que encerra a célula, devido à retirada de sedimentos pela deriva resultante (que é para SO), o que, com o tempo, contribuiu para um escalonamento da linha de costa de Arembepe (Jesus; Silva; Guimarães, 2024) (Figura 1). Contudo, um aumento de ondas do quadrante S pode gerar acúmulo de sedimentos na extremidade nordeste deste trecho, sendo portanto, uma hipótese plausível para a progradação identificada.

A parte central compreende um trecho onde os arenitos se apresentam anexados à face de praia, além de outro, mais adiante, em que há arenitos tanto na face de praia quanto na antepraia, separados por um canal. Observou-se, nesse setor, que as taxas e os deslocamentos

são significativamente menores, sem apresentar um padrão claro de aumento ou diminuição ao longo da linha de costa (Tabela 2).

Tabela 2 - Distância entre as linhas de costa de 1976 e 2022 e taxas de erosão/progradação nos transectos de um trecho da linha de costa de Areembepe

Transectos	Distância (m)	Taxas de erosão/progradação (m/ano)
1	11,506	0,25
2	15,892	0,35
3	15,721	0,34
4	18,049	0,39
5	20,352	0,44
6	21,249	0,46
7	18,683	0,41
8	3,904	0,08
9	2,109	0,05
10	3,851	0,08
11	-2,327	-0,05
12	2,096	0,05
13	0,207	0,005
14	8,637	0,19
15	0,166	0,004
16	4,194	0,09
17	8,009	0,17
18	12,153	0,26
19	3,972	0,09
20	14,924	0,32
21	19,483	0,42

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

Perfis de praia realizados por Jesus; Nascimento; Guimarães (2023) nesse trecho demonstram baixa variabilidade dos sedimentos, o que reforça a hipótese de que a presença de arenitos prejudicam as trocas de sedimento na praia.

Na parte nordeste da área, nas proximidades dos transectos 20 e 21, onde encontra-se presente um arenito anexado à face de praia e outro situado na antepraia, observou um avanço da linha de costa a uma taxa de 0,42m/ano (Tabela 2). A progradação nessa área pode estar associada à presença de saliências, que tendem a evoluir para tômbolos, devido à ação protetiva dos arenitos na antepraia em relação às ondas incidentes.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desse trabalho parecem demonstrar que em 1976 os tômbolos na parte central da praia de Arembepe já estavam consolidados. Em 46 anos não ocorreram mudanças significativas na posição da praia neste trecho costeiro.

Por outro lado, no trecho imediatamente a sudoeste, onde há uma célula de circulação de sedimentos bem delimitada, as mudanças foram no sentido de progradação. Como em 1976, a parte central da praia já estava estabilizada, a posição da linha de costa no trecho imediatamente a sudoeste deveria estar em equilíbrio com o regime de ondas da época, que foi responsável por formar a reentrância presente nesse trecho. A configuração então formada é típica de um tômbolo assimétrico, que apresenta, no flanco a sotamar, uma reentrância na linha de costa. Considerando o equilíbrio presente à época, a progradação verificada neste trabalho supõe-se ser decorrente de um aumento de ondas do quadrante S, que levaria a um ajuste da morfologia da reentrância ao novo regime de ondas. A presente hipótese deve ser testada em trabalhos futuros por meio da análise de séries temporais de ondas ou ventos da área de estudo.

Por fim, no trecho nordeste da área, foi encontrado uma tendência geral de progradação e estabilidade, porém sem um padrão de aumento ou diminuição ao longo do trecho costeiro. Acredita-se que esse padrão descontínuo esteja associado a presença de aberturas entre os arenitos na antepraia que conduziram à formação de saliências que podem estar evoluindo para tômbolos, o que explicaria a progradação, porém intercalados por enseadas nos trechos à frente das rupturas nos corpos de arenitos.

Conclui-se que os arenitos nos últimos 46 anos tiveram um papel importante na morfologia da praia de Arembepe, porém atuando de maneiras diversas: fechando células de circulação, como ocorre a sudoeste; estabilizando a linha de costa, como ocorre na parte central; conduzindo a um acúmulo de sedimentos, ainda que descontínuo, na parte nordeste da área.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, que por meio de recursos do PROAP auxiliou na participação no evento.



REFERÊNCIAS

BITTENCOURT, Abílio Carlos da Silva Pinto; VILAS BOAS, Geraldo da S.; FLEXOR, Jean Marie; MARTIN, Luis. Excursão Sobre as Formações Quaternárias do Litoral do Estado da Bahia - Livro-Guia. SALVADOR-BA: PPPG/UF-BAA, 1978. 115p.

BITTENCOURT, Abílio Carlos da Silva Pinto; LIVRAMENTO, Fabiano Cruz do; DOMINGUEZ, José Maria Landin; SILVA, Iracema Reimão. Tendência de longo prazo à erosão costeira num cenário perspectivo de ocupação humana: litoral norte do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 125-137, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/2709/1/14592-72008-1-PB.pdf>. Acesso em: 27 mai. 2025.

BLACK, Kerry Peter; ANDREWS, Connon. Sandy shoreline response to offshore obstacles Part 1: Salient and tombolo geometry and shape. **Journal of coastal research**, p. 82-93, 2001. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/25736207>. Acesso em: 24 jun. 2025.

CAMAÇARI. Ortofoto do município de Camaçari – 2022. Camaçari: Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, 2022. Arquivo digital fornecido pela Prefeitura Municipal.

COOPER, J.A.G. Beachrock formation in low latitudes: implications for coastal evolutionary models. **Marine Geology**, v. 98, n. 1, p. 145-154, 1991.

DE ARAUJO AMANCIO, Inessa Racine Gomes; GONÇALVES, Rodrigo Mikosz; HOLANDA, Tiago Fernando; DOS SANTOS, Gildo Amancio. O uso do sensoriamento remoto para identificar através de índices a linha de vegetação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 02, p. 907-921, 2023.

DEL RÍO, Laura; GRACIA, Francisco Javier. Error determination in the photogrammetric assessment of shoreline changes. **Natural hazards**, v. 65, p. 2385-2397, 2013.

DINIZ, Ronaldo Fernandes; AMARAL, Ricardo Farias do. O papel dos arenitos de praia na configuração e reconhecimento da linha de costa oriental do Rio Grande do Norte. In: **Anais do IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário**. 2003.

DOLAN, Robert; FENSTER, Michael S.; HOLME, Stuart J. Temporal analysis of shoreline recession and accretion. **Journal of coastal research**, vol. 7, nº 3, 1991, p. 723-44. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/4297888>. Acessado em 5 de junho de 2025.

FERNANDINO, Gerson; GONZÁLEZ, Maurício; CÁNOVAS, Verônica; TANAJURA, Clemente Augusto Souza. Erosional patterns induced by coral reefs in the eastern coast of Brazil. **Pesquisas em Geociências**, v. 45, 2018. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/91391>. Acesso em: 25 abr. 2025.

FERREIRA JÚNIOR, Antonio Vicente. Mapeamento da zona costeira protegida por arenitos de praia (Beachrocks) em Nísia Floresta-RN. 2005. 105f. Dissertação (Mestrado em Geofísica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.



FLETCHER, Charles H. et al. National assessment of shoreline change: Historical shoreline change in the Hawaiian Islands. Reston, Virgínia: **U.S. Geological Survey**, 55p. 2012. (U.S. Geological Survey Open-File Report 2011–1051).

JESUS, Raija Cisneiros de. Tendência a processos erosivos na linha de costa do litoral norte do estado da Bahia, na praia de Arembepe. **Anais do XIV ENANPEGE**. Campina Grande: Realize Editora, 2021. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/78484>. Acesso em: 27 abr. 2025.

JESUS, Raija Cisneiros de; NASCIMENTO, Lucas do; GUIMARAES, Junia Kacenenbogen. O papel dos arenitos de praia na dinâmica praial em Arembepe, Camaçari, Bahia. **Anais do XIV SINAGEO** – Simpósio Nacional de Geomorfologia. Corumbá, MS, 2023. Disponível em: <https://www.sinageo.org.br/2023/trabalhos/4/362-134.pdf>. Acesso em: 13 mai. 2025.

JESUS, Raija Cisneiros de; SILVA, João Paulo Santos Correia da; GUIMARAES, Junia Kacenenbogen. Dinâmica sazonal das células de circulação de sedimentos em arembepe, litoral norte da bahia. **Anais do XX SBGFA - Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada & IV ELAAGFA - Encontro Luso-Afro-Americano de Geografia Física e Ambiente**. Campina Grande: Realize Editora, 2024. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/117753>. Acesso em: 12 dez. 2024.

PIANCA, Cassia; MAZZINI, Pedro Luigi; SIEGLE, Eduardo. 2010. **Brazilian offshore wave climate based on NWW3 reanalysis**. *Brazilian Journal of Oceanography*, 58(1): 53-70.

VOUSDOUKAS, Michalis I.; VELEGRAKIS, Adonis F.; PLOMARITIS, Theocharis A. Beachrock occurrence, characteristics, formation mechanisms and impacts. *Earth-Science Reviews*, v. 85, n. 1–2, p. 23–46. 2007.