

## **POSSÍVEIS MUDANÇAS DE LINHA DE COSTA DIANTE DE CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E INVERSÃO DE DERIVA LITORÂNEA NO LITORAL NORTE DO ESTADO DA BAHIA**

Raiana Moura Carreira <sup>1</sup>  
Isabel Schulz Castro Nunes <sup>2</sup>  
Junia Kacenenbogen Guimaraes <sup>3</sup>

### **INTRODUÇÃO**

O Litoral Norte do Estado da Bahia, com extensão de cerca de 200km, se caracteriza por possuir uma planície costeira estreita com terraços marinhos pleistocénico e holocénico separados por uma extensa zona úmida. Apesar do retrabalhamento eólico e a presença de dunas frontais, que exercem certa proteção para o litoral, as zonas úmidas e as desembocaduras fluviais são extremamente sensíveis às mudanças climáticas. Além disso, os tómbolos formados associados aos recifes que afloram na face de praia e antepraia são assimétricos devido a intensa deriva litorânea presente neste litoral, associado a um regime claramente dominado por ondas. Tal assimetria se deve a um equilíbrio com o regime de ondas atual, e, portanto, pode ser modificado com as mudanças do regime de ondas, sendo juntamente com as desembocaduras fluviais possíveis *locus* de maior vulnerabilidade às mudanças da linha de costa neste litoral.

O objetivo deste trabalho foi investigar na literatura as previsões de mudanças no regime de ondas local e estimar por simulação inversa as mudanças na deriva litorânea delas decorrentes, bem como as alterações que gerariam na linha de costa.

O regime de ondas atual foi extraído do estudo de Pianca et al. (2010) que analisa o clima de ondas ao largo da costa brasileira com base em uma série temporal de onze anos (1997-2007) obtida através de dados de reanálise do modelo operacional NWW3. O Litoral Norte está contemplado pelo setor W4 do referido trabalho, setor este que possui o regime de ondas controlado pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua oscilação meridional. As principais direções de ondas presentes no Litoral Norte são as de leste (E) e sudeste (SE), com 46% e 27% de incidência, respectivamente (Tabela 1). No litoral estudado, que possui

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal da Bahia - UFBA, [raianacarreiro123@gmail.com](mailto:raianacarreiro123@gmail.com);

<sup>2</sup> Graduando pelo Curso de Geologia da Universidade Federal da Bahia - UFBA, [isabelscnunes@gmail.com](mailto:isabelscnunes@gmail.com);

<sup>3</sup> Doutora pelo Curso de Geologia Marinha, Costeira e Sedimentar da Universidade Federal da Bahia - UFBA, [juniakg@gmail.com](mailto:juniakg@gmail.com);

direção geral de linha de costa de NE-SO a NNE-SSO, estas ondas geram preferencialmente correntes longitudinais para SO e NE, respectivamente.

**Tabela 1** - Clima de ondas da costa brasileira baseado em reanálise do modelo NWW3 do setor W4.

Hs (m)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0,5	0	0,0062	0,0375	0,0094	0,0062	0	0	0
1	1,5295	0,7554	6,0682	1,2642	1,1019	0,1998	0,0312	0,1592
1,5	4,2421	1,2455	26,5358	9,2302	6,8173	0,8397	0,1217	0,3278
2,5	1,3766	0,0624	11,2342	10,1199	6,1899	0,3527	0,0312	0,025
3	0,1061	0	1,5233	4,5355	1,7761	0	0,0031	0
3,5	0	0	0,0718	1,1612	0,4027	0	0	0
4	0	0	0,0468	0,3309	0,0437	0	0	0
4,5	0	0	0	0,078	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
5,5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0
6,5	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0
7,5	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	7,2543	2,0695	45,5175	26,7293	16,3379	1,3922	0,1873	0,5119

Fonte: adaptado de Pianca; Mazzini; Siegle (2010, p. 8).

Segundo Lobeto et al. (2021b), o clima de ondas mundial sofrerá alterações no futuro devido às alterações climáticas. Uma das previsões é de aumento da atividade de ciclones extratropicais no Atlântico Sul. Como estes últimos vêm associados a ondas do quadrante SE no litoral brasileiro (LOBETO et al, 2021a), optou-se por fazer a simulação em dois cenários com aumento proporcional das ondas deste quadrante em detrimento das ondas de E: uma projeção com 50% de ondas de SE e 50% de ondas de E (projeção 1) e outra projeção com 60% de ondas de SE e 40% de ondas de E (projeção 2).

Os resultados obtidos mostram que ocorrem pequenos trechos de inversão de deriva associados a essas projeções, em especial a segunda, porém na maioria dos trechos a deriva litorânea não sofreu inversão, mantendo o sentido da deriva atual principalmente no trecho entre os rios Inhambupe e Real.

## METODOLOGIA

Primeiramente, foi realizado o cálculo no programa SMC-Brasil da refração para as frentes-de-ondas de E e SE para o Litoral Norte do Estado da Bahia. Os resultados de direção e altura de onda e batimetria gerados no SMC-Brasil foram exportados para o software “QGIS”, onde foram interpolados os dados de altura de ondas e batimetria. A partir do raster de batimetria foi extraída a isóbata de 7 metros, assumida como a profundidade de arrebentação, a partir da qual se extraiu a cada quilômetro o valor de altura de onda e direção de incidência das ondas refratadas. Em seguida, exportou-se para o programa “Microsoft Excel” os pontos com os dados de altura e direção para as ondas de E e SE, e foi calculada, com base em Bittencourt et al. (2000), para cada um dos pontos, a deriva litorânea parcial para as direções E e SE a partir da equação “ $x = \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot H^2$ ”, sendo “ $\alpha$ ” o ângulo de incidência das ondas na linha de costa e “H” a altura de onda na arrebentação. O valor obtido foi considerado como módulo e o sinal atribuído com base no sentido do transporte longitudinal, sendo negativo para sudoeste (SO) e positivo para nordeste (NE). O valor obtido é adimensional e para o cálculo da deriva litorânea resultante (efetiva) se multiplica o valor obtido de deriva parcial de cada frente de onda por sua respectiva porcentagem de incidência, somando-se em seguida os valores assim obtidos.

Para simplificar os cálculos da deriva litorânea, as direções de sul (S) e SE tiveram suas frequências somadas para se obter a frequência do quadrante SE, bem como as ondas de norte (N), NE e E, para se obter a frequência total do quadrante NE. Em seguida, essas frequências totais foram reponderadas para totalizar 100%. As novas frequências obtidas dos quadrantes SE e NE foram integradas com os dados de ondas refratadas de SE e E, respectivamente, para o cálculo das derivas parciais. Além da deriva atual, com frequência de 44,45% para o quadrante SE e 54,84% para o quadrante NE, foram calculadas as derivas para duas projeções sendo elas: ocorrência de 50% de ondas do quadrante SE e 50% do quadrante NE (projeção 1), e 60% de ondas do quadrante SE e 40% do quadrante NE (projeção 2), e assim encontrados os dados de sentido da deriva para a deriva atual e os dois cenários projetados.

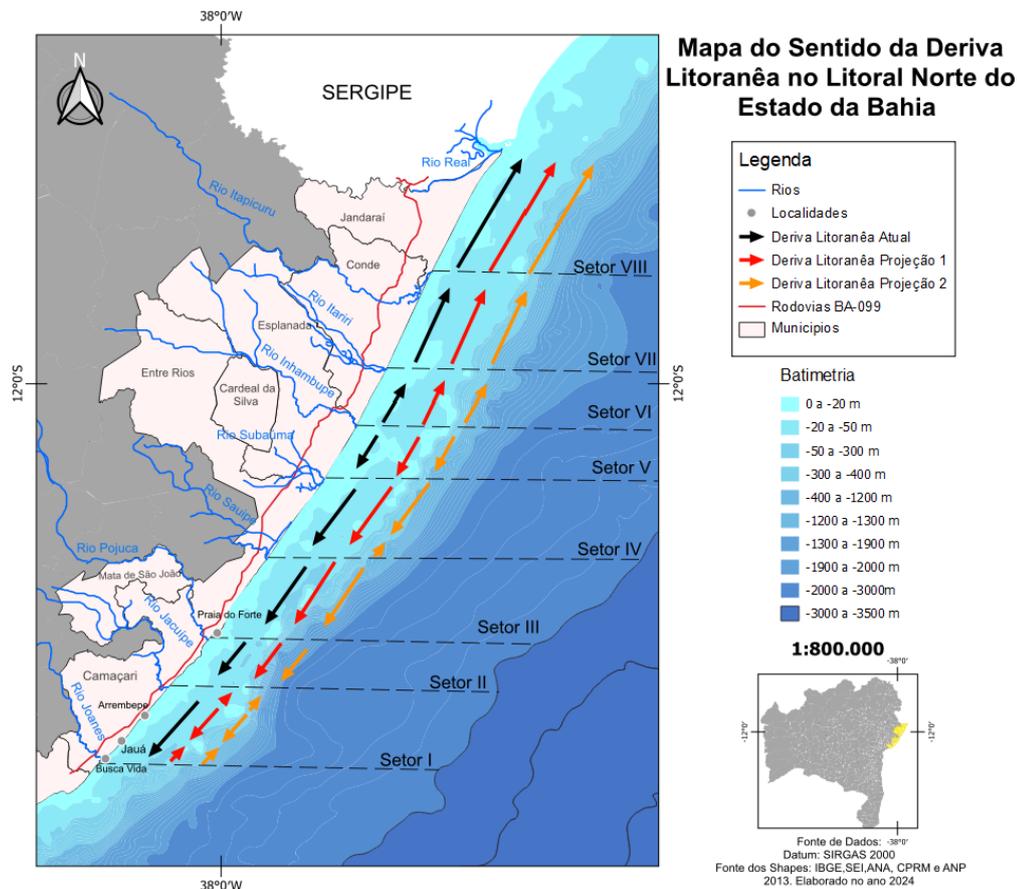
Posteriormente a deriva litorânea atual calculada foi confrontada com indicadores geomorfológicos de deriva litorânea presentes no litoral.

Por fim, diante das inversões encontradas nas projeções 1 e 2 tentou-se prever as mudanças de linha de costa esperadas para este litoral.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O cálculo da deriva atual mostra uma divergência de deriva próxima ao rio Inhambupe, com a deriva para NE ao norte e para SO ao sul deste rio (Figura 1). Essa divergência já havia sido identificada em trabalho anterior (Bittencourt et al., 2010). A deriva calculada é corroborada pelos indicadores geomorfológicos presentes no litoral: pontais arenosos, rios defletidos e tómbolos assimétricos (Figura 2).

**Figura 1.** Mapa do Sentido da Deriva Litorânea e Projeções Futuras para o Litoral Norte do Estado da Bahia.



Fonte: Os autores.

Os pontais arenosos são depósitos de areia que se desenvolvem a partir de um ponto de amarração na linha de costa, comumente nas margens das desembocaduras dos rios, crescendo lateralmente na mesma direção da deriva litorânea (Komar, 1976). Em geral ocorrem associados à deflexão e à migração de desembocaduras fluviais que ocorre no mesmo sentido da deriva litorânea (Dominguez, et al. 1983). Quase todas as desembocaduras do Litoral Norte da Bahia apresentam pontais arenosos. Em regra, estes migram para sudoeste entre os rios Joanes e Inhambupe, como observado nas desembocaduras dos rios Joanes,

Subaúma e Sauípe; e para nordeste entre os rios Inhambupe e Real, como na desembocadura dos rios Itariri, Itapicuru e Real, corroborando os valores de deriva atual calculados. Exceções a esta regra foram observadas nos rios Jacuípe e Pojuca, onde existem pontais arenosos apontando para nordeste. No caso do rio Pojuca, contudo, o pontal arenoso não é constante, aparecendo predominantemente nos meses de inverno, onde a deriva tende a ser para NE devido a maior incidência de ondas do quadrante SE neste período do ano. Na desembocadura do rio Inhambupe não se observa pontal arenoso, o que corrobora a divergência de deriva identificada neste local (Figura 2).

Os tômbolos são feições formadas por acumulação de areia na retaguarda de quebra-mares, acumulação esta que liga a linha de costa ao quebra-mar. A deriva litorânea faz com que haja um prolongamento do tômbolo no sentido do seu transporte além de deixar a linha de costa a sotamar do tômbolo erodida em relação àquela a barlamar (Healy et al., 2014). Os tômbolos ocorrem no Litoral Norte da Bahia associados a arenitos de praia e recifes de corais. Neste litoral os tômbolos encontrados nas áreas entre os rios Joanes e Jacuípe e entre os rios Pojuca e Sauípe se prolongam para sudoeste, corroborando a deriva calculada para este trecho (Figura 2).

A deriva litorânea calculada na projeção 1 não mostra alterações significativas no sentido do transporte. No que diz respeito à projeção 2, os setores mais sensíveis à inversão da deriva estão entre os rios Itariri a Joanes onde ocorrem pequenos trechos de inversão de deriva (Figura 1).

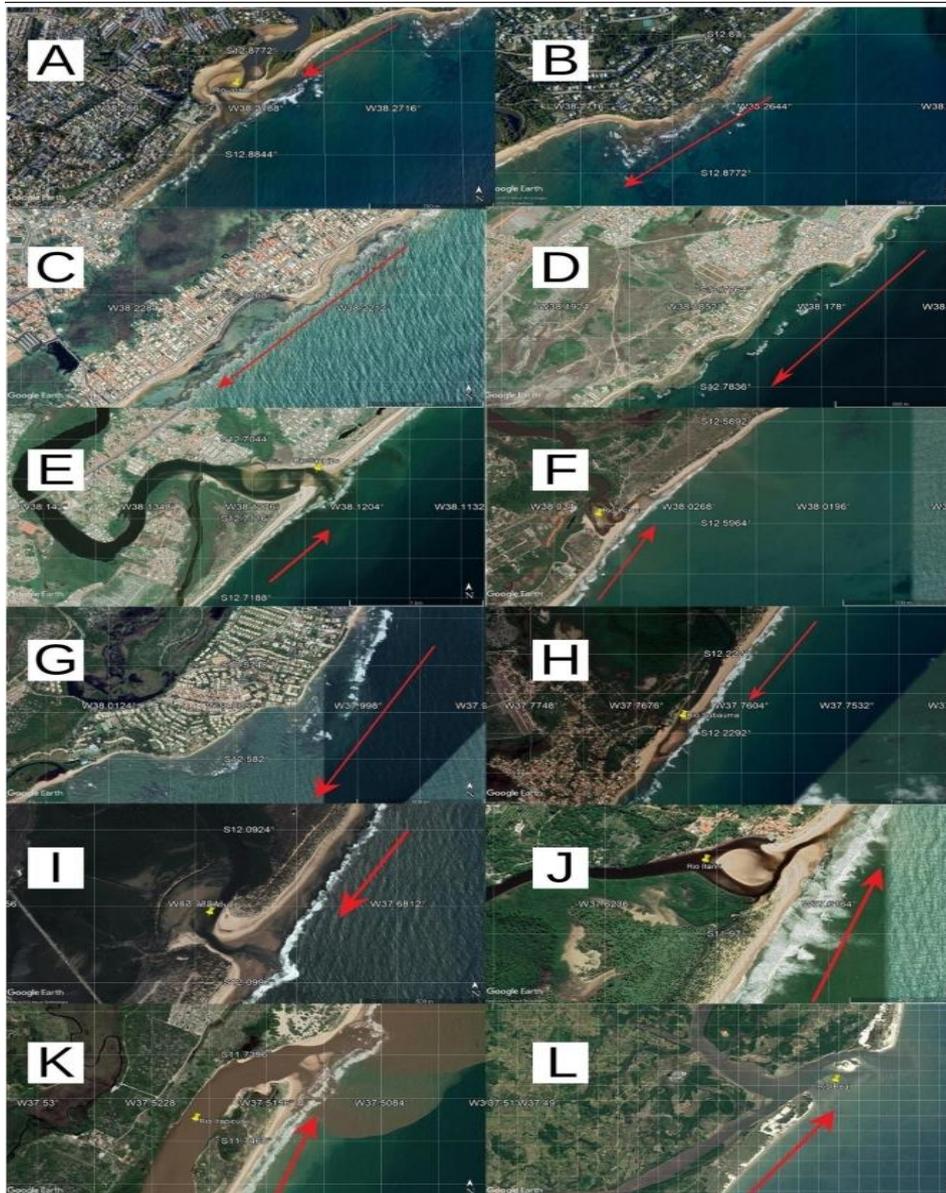
Quanto às mudanças de linha de costa relativas à projeção 2 espera-se encontrar mudanças nas assimetrias dos tômbolos presentes no trecho onde ocorrerá a inversão. Tais mudanças fariam os tômbolos ter sua assimetria também invertida, provocando progradação nos locais atualmente a sotamar e erosão nos locais atualmente a barlamar. Além disso, também são esperadas mudanças nas migrações dos pontais presentes nos trechos com inversão. Esse processo sempre é precedido por uma erosão do pontal remanescente construído pelo regime de ondas anterior.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho procurou abordar, ainda que de forma preliminar, as possíveis consequências para a linha de costa do Litoral Norte da Bahia associadas às previsões de aumento de incidência de ondas do quadrante SE.

A deriva gerada pelas ondas deste quadrante tem sentido para NE neste litoral, de forma que os trechos onde a deriva atual já tem esse sentido não sofrerão inversão. Esse é o caso de todo trecho ao norte do rio Inhambupe, onde o que se espera é apenas um aumento de intensidade da deriva litorânea.

**Figura 2.** Indicadores geomorfológicos na área de estudo: A – Desembocadura do rio Joanes; B – Tômbolo em Busca Vida; C – Tômbolos em Jauá; D – Tômbolos em Arembepe; E - Desembocadura do rio Jacuípe; F – Desembocadura do rio Pojuca; G – Tômbolos em praia do Forte; H – Desembocadura do rio Subaúma; I – Desembocadura do rio Inhambupe; J - Desembocadura do rio Itariri; K - Desembocadura do rio Itapicuru; e L – Desembocadura do rio Real.



Por outro lado, o trecho ao sul do rio Inhambupe, que apresenta atualmente deriva para sudoeste, poderá vir a ser afetado por inversões de deriva. Ainda assim, essas inversões são significativas apenas na projeção de maior alteração (projeção 2).

Se tais projeções se consolidarem, as mudanças nas linhas de costa podem ser significativas tanto nas desembocaduras fluviais como nas regiões onde ocorrem a formação de tómbolos neste litoral.

Tais projeções devem ser levadas em conta nas tomadas de decisão referentes ao planejamento urbano, evitando-se ocupações próximas à linha de costa, sobretudo em áreas de desembocaduras. O problema é desafiador pois o trecho mais vulnerável (ao sul do rio Inhambupe) é também o mais ocupado.

**Palavras-chave:** Deriva litorânea; Mudanças climáticas; Litoral Norte da Bahia.

## **AGRADECIMENTOS**

As autoras agradecem ao INCT AMBTropic e CNPQ pela bolsa de iniciação científica e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia que, por meio de recursos do PROAP, auxiliou na participação neste Simpósio.

## **REFERÊNCIAS**

BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUEZ, J. M. L.; MARTIN, L.; SILVA, I. R. **Patterns of Sediment Dispersion Coastwise the State of Bahia – Brazil**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v.72, n. 2,p. 271 – 287, 2000.

BITTENCOURT, A.C.S.P.; LIVRAMENTO, F.C.; DOMINGUEZ, J.M.L.; SILVA, I.R. **Tendências de longo prazo à erosão costeira num cenário perspectivo de ocupação humana: Litoral Norte do Estado da Bahia**, Revista Brasileira de Geociências, 40, p. 125-137, Março, 2010.

DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; MARTIN, L. **O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas às desembocaduras dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ)**. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 13, n.4, p.

HEALY, Terry; LANGE, Willem de. **Reliability of Geomorphic Indicators of Littoral Drift: Examples from the Bay of Plenty**, New Zealand. *Journal of Coastal Research*, Coconut Creek, Florida, v. 30, n. 2, p. 301-318, março. 2014.

KOMAR, Paul D. **Beach processes and sedimentation**. 2a edição. Nova Jersey: Prentice-Hall, 1976.

LOBETO, H.; MENENDEZ, M.; LOSADA, I. J. **Future behavior of wind wave extremes due to climate change**. *Scientific Reports*, v. 11, n. 7869, Abril, 2021.

LOBETO, H.; MENENDEZ, M.; LOSADA, I. J. **Projections of Directional Spectra Help to Unravel the Future Behavior of Wind Waves**. *Frontiers in Marine Science*, v. 8, n. 665490, Maio, 2021.

PIANCA, C.; Mazzini, P.L.; Siegle, E. **Brazilian offshore wave climate based on NWW3 reanalysis**. *Brazilian Journal of Oceanography*, 58(1): 53-70, 2010.