

Dinâmica de ondas e erosão costeira na desembocadura do rio Itapicuru, litoral norte do Estado da Bahia

Wave dynamics and coastal erosion at the mouth of the Itapicuru River, north coast of the state of Bahia

Iaggo Oliveira Correia^{ac}, Junia Kacenenbogen Guimarães^{bd}, Iracema Reimão Silva^{ac},

^aDepartamento de Oceanografia Geológica, Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, ^bPrograma de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal da Bahia
^ciaggocorreia@gmail.com, ^djuniakg@gmail.com, ^eiracemars@yahoo.com.br

Resumo

Este trabalho teve o objetivo de avaliar a influência da dinâmica das ondas e características locais nos processos erosivos na planície costeira do rio Itapicuru, no litoral norte do estado da Bahia. A modelagem da dinâmica costeira foi realizada com o programa Sistema de Modelagem Costeira do Brasil (SMC-Brasil) e envolveu o cálculo da refração de ondas e do transporte longitudinal de sedimentos ao longo do litoral. Os resultados da modelagem mostraram que as ondas de sudeste são determinantes na definição do transporte resultante, que é predominante para nordeste. Em apenas um trecho do litoral estudado, o transporte teve sentido sudoeste. Isso se deveu a influência de uma “cava” batimétrica presente na plataforma que foi responsável pela divergência de raios de ondas de sudeste. Também tiveram influência na refração das frentes de ondas a presença de altos batimétricos na desembocadura dos rios Itariri e Itapicuru, associadas às suas barras de desembocadura, que geraram a convergência e aumento da energia de ondas. O estudo da interação da dinâmica de ondas com as características da zona costeira permitiram identificar duas situações de maior probabilidade de ocorrência de erosão no trecho estudado: i) na região das desembocaduras dos rios Itariri e Itapicuru, que além de apresentarem alta variabilidade de posição, intrínseca a desembocaduras fluviais, têm uma maior energia de ondas incidentes, provocada pela refração causada por suas próprias barras de desembocadura; e ii) na região do povoado de Poças, onde se localiza a única divergência de deriva litorânea constatada no trabalho, que torna o balanço sedimentar negativo na costa, e ocorre em trecho estreito de uma península, que por esta razão, também é vulnerável à ocasional erosão fluvial provocada por um afluente do rio Itapicuru que corre na retaguarda da mesma. Os resultados desse trabalho mostram a importância da modelagem da dinâmica costeira em escala de detalhe, que permitiu, por exemplo, identificar a divergência de deriva litorânea presente no povoado de Poças. Conclui-se também pela importância de evitar a ocupação nos trechos costeiros vulneráveis, como aqueles próximos de desembocaduras fluviais e aqueles associados a penínsulas estreitas e outras formas de acumulação, como pontais.

Palavras-chave: Erosão costeira; dinâmica de ondas; SMC-Brasil.

Abstract

This study aimed to evaluate the influence of wave dynamics and local characteristics on erosive processes in the coastal plain of the Itapicuru river, on the northern coast of the state of Bahia. The modeling of coastal dynamics was performed with the Coastal Modeling System of Brazil (SMC-Brazil) program and involved the calculation of wave refraction and longitudinal sediment transport along the coast. The modeled results showed that southeastern waves are determinant in the definition of the net transport that is northeastward. In only one section of the coast studied, the transport took direction southwest. This was due to the influence of a bathymetric depression present on the platform that was responsible for the divergence of southeastern wave rays. Moreover, the presence of bathymetric highs at the mouth of the Itariri and Itapicuru rivers, associated with their mouth bars, generated the convergence and increase of wave energy. The study of the interaction of wave dynamics with the characteristics of the coastal zone allowed the identification of two situations with a higher probability of erosion occurring in the studied section: i) in the region of the mouth of the Itariri and Itapicuru rivers, which, in addition to their high position variability, intrinsic to river mouths, have a higher incident wave energy, caused by the refraction caused by their own mouth bars; and ii) in the area of the village of Poças, where there is the single divergence of coastal drift found at this study, which makes the sedimentary balance negative on the coast, and occurs in a narrow stretch of a peninsula, which, for this reason, is also vulnerable to the occasional river erosion caused by a tributary of the Itapicuru river, which runs along the internal margin of the peninsula. The results of this study show the importance of modeling coastal dynamics on a scale of detail, which allowed, for example, to identify the divergence of coastal drift present in the village of Poças. It is also concluded by the importance of avoiding occupation in vulnerable coastal stretches, such as those near river mouths and those associated with narrow peninsulas and other forms of accumulation, such as spits.

Keywords: Coastal erosion; spit; wave dynamic; SMC-Brazil.

1. Introdução

Por ser o encontro do oceano com o continente, a linha de costa é sujeita a processos comuns a ambos os domínios (como ação de ondas, marés, rios, etc.), tornando seu posicionamento altamente dinâmico, em especial próximo às desembocaduras fluviais (FitzGerald 1988, FitzGerald et al. 2000, Morales et al. 2001, Muehe 2004, Bird 2008, Dan et al. 2011, Dominguez et al. 2018).

Um dos principais fatores que contribuem para essa dinâmica é a exposição do sistema à dissipação de energia de ondas. Ao interagir com o fundo marinho, as ondas de água profunda que se propagam em direção à costa podem ter suas características, como o ângulo de propagação e a altura, alteradas pelo processo de refração de ondas. Por causa deste processo, a batimetria pode promover a convergência ou a divergência dos raios de onda em áreas de “cristas” ou “cavas” batimétricas, também denominadas de altos e baixos submarinos, respectivamente. As “cristas” batimétricas, através da convergência dos raios de onda, “comprimem” as cristas de onda e aumentam sua altura, concentrando a energia de ação das ondas em determinada área. Este processo pode intensificar a interação das ondas com a costa, pois maiores alturas e concentração de energia de ondas correspondem a um maior potencial erosivo. As “cavas” batimétricas por sua vez “estendem” as cristas de onda, fazendo diminuir a altura com que estas chegam à linha de costa (Munk & Traylor 1947, Komar 1998, Komar 2000, Bird 2008).

Quanto maior a energia com que as ondas chegam à praia, maior a retirada de sedimentos da face de praia, o que pode ocasionar uma erosão de curto prazo, com acúmulo dos sedimentos retirados da face de praia na antepraia (Appendini & Fischer 1998, Komar, 1998, Bird 2008).

Além disso, ao quebrar com obliquidade em relação à orientação da linha de costa, por exemplo, em uma praia, a energia das ondas gera uma corrente paralela à linha de costa, chamada de deriva litorânea, proporcionando transporte de água e sedimento que pode ocasionar deposição ou retirada de sedimentos na praia, de acordo com as mudanças de direção e de intensidade do fluxo. Áreas em que os fluxos da deriva litorânea têm direções opostas podem apresentar um déficit sedimentar local, enquanto as áreas em que os fluxos de deriva convergem podem apresentar acúmulo de sedimentos (Komar 1998, Bird 2008, Bittencourt et al. 2000, 2010).

As ações das ondas e da deriva litorânea interferem no resultado final entre o volume de entrada e saída de sedimentos do sistema, isto é, no balanço sedimentar, resultando no comportamento de progradação (balanço sedimentar positivo), estabilidade (balanço sedimentar nulo) ou erosão (balanço sedimentar negativo) da linha de costa (Bird 2008).

Os efeitos causados pelo balanço sedimentar podem ser amplificados por características da zona costeira, aumentando o risco associado à ocorrência de processos erosivos. O risco é considerado como a probabilidade de realização de um perigo ou a proximidade de um dano que pode afetar a vida humana (Aneas de Castro 2000; Lins-de-Barros 2000), assim, o risco pode ser, por exemplo, o resultado da probabilidade de ocorrência de erosão costeira combinada ao percentual de urbanização do litoral, como consideram Cin e Simeoni (1994).

Ambientes de baixa elevação (Silva et al. 2014), com ausência de barreiras naturais, como zonas úmidas, manguezais ou dunas frontais (Pranzini et al. 2015), de desembocadura fluvial (Muehe 2004, Dominguez et al. 2018), com a presença de pontais (Morales et al. 2001, Angulo et al. 2009, Dan et al. 2011), ou ainda, ocupados pelo homem (Sanchez-Arcilla et al. 1998, Dutrieux et al. 2000, Coelho 2005, Silva et al. 2007, Ribeiro 2008, Pereira & Coelho 2013, Silva et al. 2014) são ambientes mais vulneráveis à erosão costeira.

Dessa forma, o fenômeno da erosão costeira é complexo, pois resulta da conjunção de fatores oceanográficos (como energia de ondas e deriva litorânea) com características da zona costeira e atua em diversas escalas de tempo, podendo ser um fenômeno episódico ou de longa duração (Bird 2008).

Na região da planície costeira do rio Itapicuru, no litoral norte do Estado da Bahia, foram relatados indícios de erosão costeira, como a exumação de arenitos de praia, raízes de coqueiros expostas no pós-praia, escarpas erosivas em dunas frontais e obras de contenção em casas e barracas de praia (Dominguez et al. 2003, Almeida et al. 2003, Esquivel 2006, 2016). A ocupação humana intensificou-se após a construção da BA-099 (linha verde), apesar de parte expressiva da região fazer parte da Área de Proteção Ambiental do Litoral Norte (APA-LN).

Como fatores que contribuem para o processo erosivo, a distribuição da energia das ondas e o padrão de dispersão dos sedimentos fornecem bases para o detalhamento do comportamento da linha de costa, e o seu conhecimento é essencial para a elaboração de planos de gestão às ocupações humanas e minimização de riscos socioeconômicos e/ou ambientais.

O Sistema de Modelagem Costeira (SMC-Brasil), através da combinação de metodologias de trabalho, cartas náuticas e modelos numéricos, tem sido utilizado com sucesso para detalhar e quantificar os processos costeiros relacionados à atuação de ondas e correntes no litoral norte da Bahia, como visto em Silva et al. (2016, 2017), e também em outras regiões do Brasil (Rodrigues 2014, Almeida et al. 2015, Gomes Junior 2015, Rodríguez et al. 2016, Dalinghaus et al. 2019).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo analisar a influência da refração de ondas e da deriva

litorânea, calculados por meio do Sistema de Modelagem Costeiro (SMC-Brasil), e sua interação com características locais na ocorrência de erosão costeira na região da planície costeira do rio Itapicuru, localizada no litoral norte do estado da Bahia.

2. Área de estudo

A área de estudo corresponde ao trecho costeiro de orientação nor-nordeste (NNE) no litoral norte do estado da Bahia, que compreende o litoral centro e norte do município do Conde e o litoral sul do município de Jandaíra, e que está associado a uma ampla planície flúvio-costeira associada à desembocadura do rio Itapicuru (Figura 1).

O rio Itapicuru, com desembocadura ao norte de Siribinha, e o rio Itariri, com desembocadura ao sul de

Barra do Itariri, são os principais rios que deságuam na área de estudo (Figura 1). O rio Itapicuru tem a bacia hidrográfica de maior área no litoral norte da Bahia, apresentando uma vazão média de aproximadamente 33 m³/s (Genz et al. 2003) e descarga sólida média de 481.261 t/ano de sedimentos (Bernal 2016). Na sua desembocadura, este rio limita os municípios de Conde, a sul, e Jandaíra, ao norte.

A plataforma adjacente a esse trecho do litoral apresenta uma ampla depressão que a corta no sentido NW-SE (Figura 1), podendo ser um remanescente de um vale inciso formado pelo rio Itapicuru no Último Máximo Glacial, e cuja cabeceira do canyon associado se nota na quebra da plataforma (Dominguez et al. 2003, 2012).

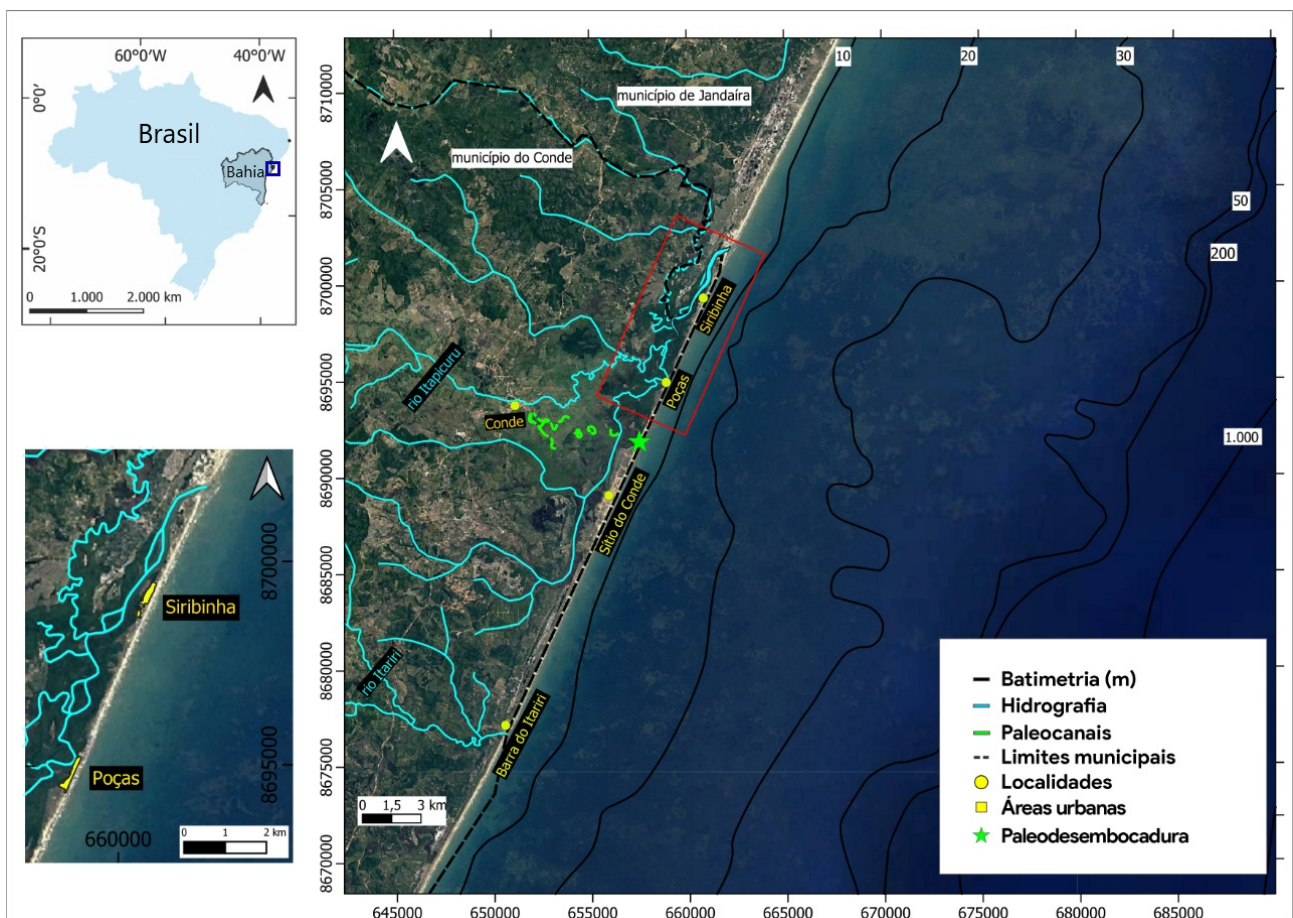


Figura 1. Localização da área de estudo. Em destaque, a península de Poças e Siribinha.

As ondas mais frequentes para a região leste brasileira, incluindo a área de estudo, são de leste (E), sudeste (SE) e sul (S) com alturas entre 1 e 4,3 m e períodos de 1 a 21 segundos (Pianca et al. 2010).

As informações das características da maré no Porto de Salvador (Bahia), dados mais próximos da área de estudo, indicaram altura máxima de 2,7 m, com caráter semidiurno, no regime de mesomareés (CHM 2020).

Segundo trabalhos anteriores, a deriva litorânea apresenta componente de sentido único de sudoeste (SW) para nordeste (NE), com magnitudes de 0,04 a 0,05 m/s (Dominguez et al. 2003, Livramento 2008, Bittencourt et al. 2000, 2010).



Figura 2. Fotos da área de estudo: A – Vista da praia e duna frontal do trecho costeiro próximo à Sitio do Conde; B – Vista do arenito de praia presente na face de praia entre Sitio do Conde e Poças; C – Vista de uma barraca de praia na margem esquerda da desembocadura do rio Itariri, na localidade de Barra do Itariri; D – Vista do trecho em acentuado processo de erosão localizado entre a paleodesembocadura do rio Itapicuru e Poças; E – Vista da posição da paleodesembocadura do rio Itapicuru, entre Sitio do Conde e Poças (ver Figura 1 para localização), na qual se vê, à esquerda, a planície fluvial e, à direita, a praia, com ausência de duna frontal no local (Fotos A a D dos autores e Foto E de Leandro Oliveira Carneiro).

As principais unidades geomorfológicas contidas na região estudada são os tabuleiros costeiros e a planície litorânea. Os tabuleiros costeiros apresentam relevo com topos planos com maior dissecação, e elevação média de 50 metros, próximo ao litoral (Costa Junior 2008). Ocorrem majoritariamente sobre os depósitos transicionais da Formação Barreiras, de idade Oligo-miocênica e miocênica (Rossetti et al. 2013). Na sua parte mais externa, no contato com a planície

litorânea, que é mais rebaixada, ocorrem depósitos de leques aluviais, descontínuos e irregulares, datados do Pleistoceno, podendo estar recobertos por dunas do tipo blowout, mais recentes. A planície litorânea, por sua vez, inclui unidades fluviais, eólicas e marinhas, todas datadas do Quaternário, além de pequenos afloramentos do embasamento cristalino nas margens do rio Itapicuru (Martin et al. 1980, Esquivel 2006, 2016).

O litoral estudado apresenta um estreito terraço marinho holocênico, ocupado praticamente de forma exclusiva pelas dunas frontais, o que demonstra o pequeno acúmulo de sedimentos ocorrido desde o Holoceno médio neste litoral. Contudo, a altura média de 5 m da duna frontal (Figura 2A) ao longo de quase toda a linha de costa do trecho estudado indica que a linha de costa esteve estacionária por um razoável período de tempo (Esquível 2006).

De fato, trabalhos de diagnóstico de erosão costeira no estado da Bahia caracterizam esse litoral como “em equilíbrio” (Dominguez et al. 2006, 2016, 2018) com exceção do trecho da foz do rio Itapicuru, que foi classificada por Dominguez et al. (2018) como “delta de maré – erosão/progradação”, por se caracterizar pela possibilidade de erosão ou progradação associada à mobilidade de deltas de maré na desembocadura fluvial. Esquível (2006) também ressalta a vulnerabilidade à erosão costeira e fluvial da península de Poças e Siribinha (Figura 1). Todo o litoral norte do município de Conde é bordejado por esta península, que abriga os povoados de Poças e Siribinha (Figura 1). Ela se forma desde a posição de uma paleodesembocadura do rio Itapicuru, ao norte do Sítio de Conde (Figuras 1 e 2E), estendendo-se até a desembocadura do rio Itapicuru, em Siribinha, e tem em sua retaguarda um afluente do atual curso final do rio Itapicuru.

Também merece destaque no litoral estudado a presença de um extenso corpo arenítico presente na face de praia entre os povoados de Sítio do Conde e Poças (Figura 2B).

A zona costeira estudada é utilizada tanto para atividades econômicas tradicionais de populações nativas como para o turismo de pequeno e médio porte. Além disso, incentivos à urbanização causaram transformações socioespaciais nas últimas três décadas, ocasionando, por exemplo, a retirada de areia de dunas e do arenito de praia para construções na desembocadura do rio Itariri (Vasconcelos et al. 2003, Jesus & Oliveira 2017).

3. Materiais e métodos

A modelagem de ondas, feita através do Sistema de Modelagem Costeira (SMC) - Brasil, utilizou a ferramenta numérica SMC-TOOLS, que permitiu acesso ao módulo IH-DATA, que possibilita o uso de dados de ondas, cartas náuticas brasileiras e dados do nível do mar (IH-Cantábria 2013).

Os dados de ondas globais utilizados como base para o banco de dados de ondas do SMC-BRASIL foram obtidos por simulação numérica realizada com o modelo Wave Watch III, versão 2.2 e forçada com a

reanálise atmosférica NCEP/NCAR sobre a batimetria global General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO), para uma malha de pontos com espaçamento entre si de 0,25°, para uma série temporal de 60 anos (1948 a 2008). A partir desses dados globais, as ondas foram propagadas para uma malha com espaçamento de 1 em 1 km, ao largo da costa brasileira, aplicando o modelo SWAN e utilizando batimetrias com maior detalhe e ventos regionais. Essa malha de dados compõe o banco de dados de ondas do SMC-BRASIL, que fica disponível, por meio do módulo AMEVA do programa, aos seus usuários (IH-Cantábria 2013).

Dessa forma, foi obtido o clima de ondas para um ponto a profundidade de 40 metros ao largo da área de estudo. No módulo MOPLA 3.0 foram simulados 100 casos de propagação de ondas desde a região marinha até a linha de costa, através do modelo OLUCA (Camus et al. 2013, IH-Cantábria 2013). Foram escolhidas as duas frentes-de-onda mais frequentes para uma análise mais aprofundada da refração e das correntes geradas pela ação de ondas.

Ainda no módulo MOPLA 3.0, através do modelo COPLA, foi calculado o transporte de sedimentos anual realizado pela deriva litorânea, segundo a fórmula proposta por Bayram et al. (2007), para 14 perfis de praia perpendiculares à linha de costa, com espaçamento entre si de 3 km. Os perfis de 1 a 4 estão a norte da desembocadura do rio Itapicuru e, os demais estão entre as desembocaduras dos rios Itapicuru e Itariri.

A partir da relação espacial entre os dados de refração de ondas e do transporte litorâneo com a morfologia da costa foi possível identificar os trechos com maior probabilidade de ocorrência de erosão costeira na área de estudo.

4. Resultados

Ondas provenientes de leste-sudeste (ESE) e sudeste (SE) são as mais incidentes na costa durante o ano, com ocorrência de 58,03%, e 38,89%, respectivamente. Ondas de leste (E) e sul-sudeste (SSE), também presentes, têm ocorrência muito baixa - de 1,62% e 1,46%, respectivamente (Tabela 1 e Figura 3).

As ondas de leste-sudeste (ESE) apresentaram pouca modificação em virtude da refração (Figura 4) e o fluxo gerado por essas ondas foi de baixa intensidade, predominando o sentido de SW para NE, com exceção do trecho a norte do perfil 4, onde o fluxo tem sentido contrário (Figura 5).

Tabela 1- Características das ondas de água profunda mais representativas na área de estudo, segundo a base de dados do SMC-BRASIL, que engloba uma série temporal de 60 anos (1948-2008). Fonte SMC-Brasil.

Direções	Frequência (%)	Altura em condições medianas (m)	Período em condições medianas (m)	Altura em condições extremas (m)	Período em condições extremas (m)
Leste (E)	1,62	1,37	7,47	2,32	10,70
Leste-sudeste (ESE)	58,03	1,55	7,20	2,92	11,80
Sudeste (SE)	38,89	1,60	6,70	2,93	14,80
Sul-sudeste (SSE)	1,46	1,61	8,60	2,79	14,80

As ondas de sudeste (SE) apresentaram, em comparação com a frente de leste-sudeste (ESE), uma modificação mais significativa gerada pela refração (Figura 6). Nas regiões entre os perfis 2 e 4 e próximo ao perfil 14, em Barra do Itariri, foi identificado o processo de convergência de raios de ondas. Já na região de Poças (nos arredores do perfil 6) foi evidenciado um processo de divergência dos raios de ondas. As ondas de sudeste (SE) geraram um fluxo de sentido SW-NE em toda a área de estudo (Figura 7).

Para os 14 perfis perpendiculares à costa, o transporte médio resultante foi predominantemente de sentido SW-NE, exceto no perfil 7, em que ele apresentou sentido NE-SW (Figura 8).

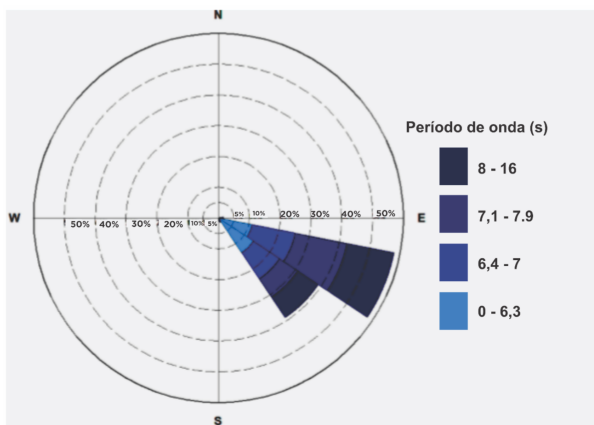


Figura 3- Rosa direcional do clima de ondas na área de estudo, segundo a base de dados do SMC-BRASIL, que engloba uma série temporal de 60 anos (1948-2008). Imagem modificada do SMC-Brasil.

5. Discussões

Segundo a base de dados de ondas do SMC-Brasil, as ondas de leste-sudeste (ESE) e sudeste (SE) foram as de maior ocorrência no trecho costeiro estudado (Tabela 1 e Figura 3), corroborando com a análise de menor detalhamento feita por Pianca et al. (2010).

De acordo com a estatística de ondas (Figura 3), as ondas de leste-sudeste (ESE) são anualmente as mais frequentes na área de estudo (Tabela 1 e Figura 3). Apesar disso, essa frente de onda é pouco refratada (Figura 4) e gera fluxos quase nulos a sul do perfil 4 (Figura 5). Isso se deve ao fato dessa frente de onda ser quase frontal em relação à orientação geral da linha de costa. A norte do perfil 4, o fluxo gerado por essas ondas ao longo da linha de costa tem sentido NE-SW (Figura 5), porém, sua intensidade não é preponderante para determinar o sentido do transporte sedimentar médio anual (Figura 8), que tem sentido oposto, determinado sobretudo pelas ondas de sudeste (Figura 7).

Por sua vez, as ondas de sudeste, além de gerarem fluxos costeiros mais intensos (Figuras 7), são mais influenciadas pela refração, e em particular afetadas pelas “cristas” e “cavas” batimétricas presentes na plataforma (Figura 6).

Destacam-se na batimetria da plataforma (Figuras 1, 4 e 6): i) duas cristas batimétricas, que ocorrem muito próximas à linha de costa, na frente das desembocaduras dos rios Itapicuru (entre os perfis 2 a 4) e Itariri (próximo ao perfil 14); e ii) uma cava batimétrica, entre essas duas desembocaduras, mas que se nota desde a porção externa da plataforma e com maior proximidade à linha de costa entre os perfis 6 e 7.

As cristas mencionadas estão provavelmente associadas aos sedimentos trazidos por esses rios, que constroem barras de desembocadura e deltas de maré na plataforma adjacente a foz dos rios (Wright 1977, FitzGerald 1988, FitzGerald et al. 2000, Morales et al. 2001).

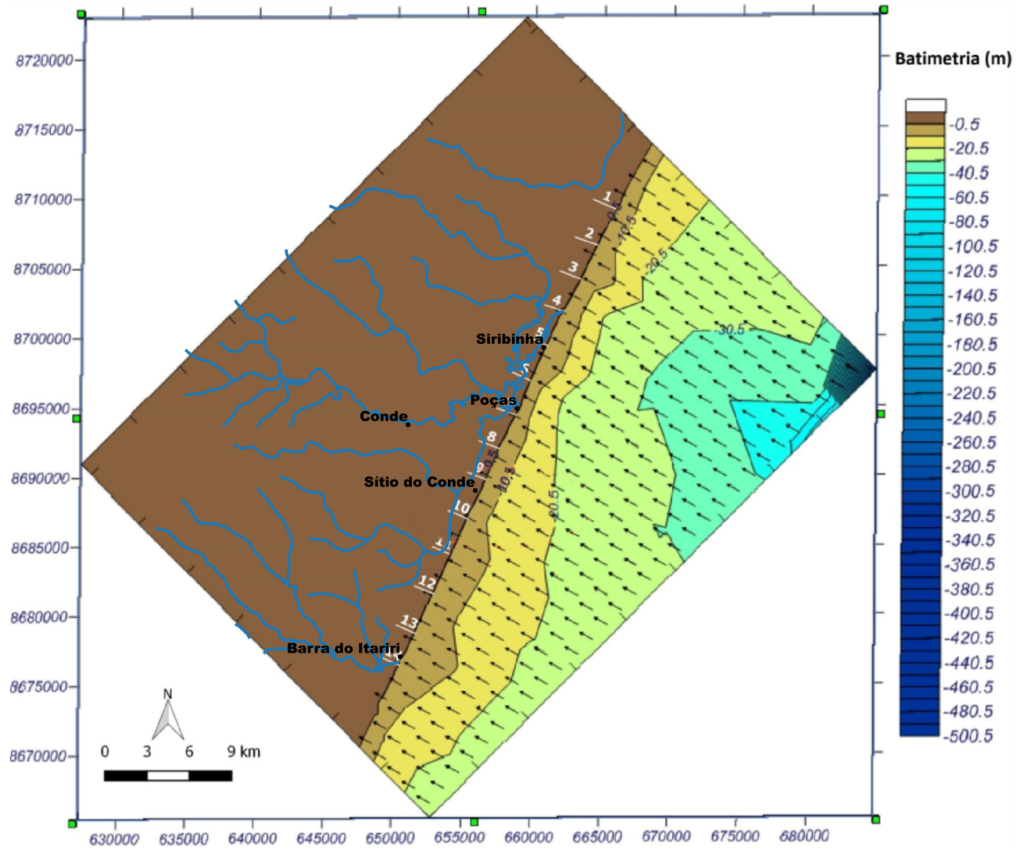


Figura 4- Representação vetorial do sentido de propagação de ondas de leste-sudeste (ESE) (com altura de 0,9m e período de 4,19s) na área de estudo.

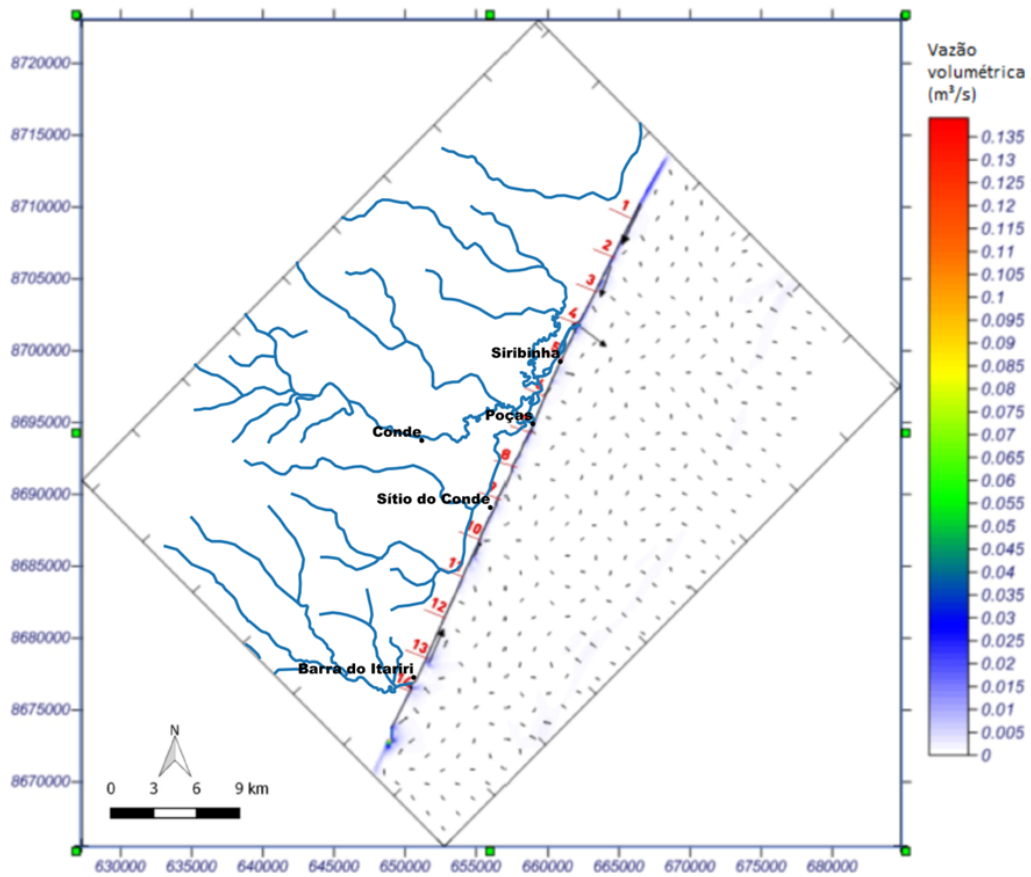


Figura 5- Representação vetorial e numérica do fluxo das correntes geradas pelas ondas de leste-sudeste (ESE) (com altura de 0,9m e período de 4,19s).

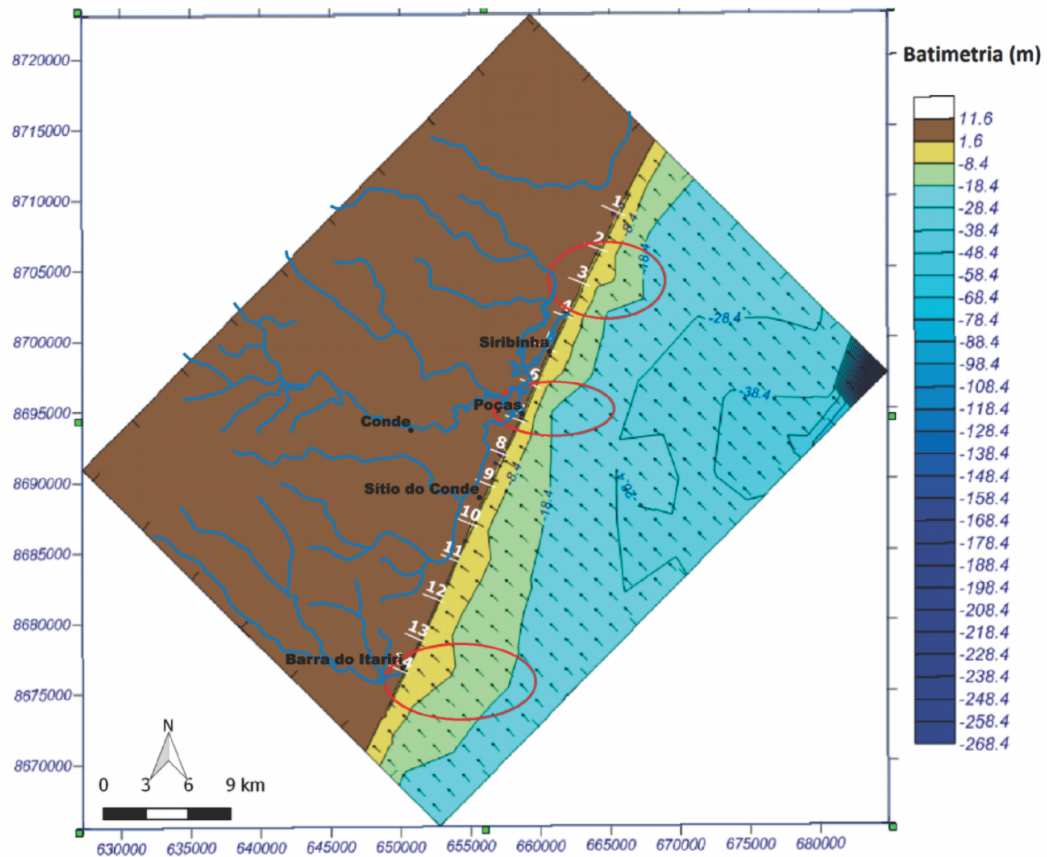


Figura 6- Representação vetorial do sentido da propagação de ondas de sudeste (SE) (com altura de 1,68m e período de 8,92s) na área de estudo. Em destaque as regiões com convergência e divergência de raios de onda.

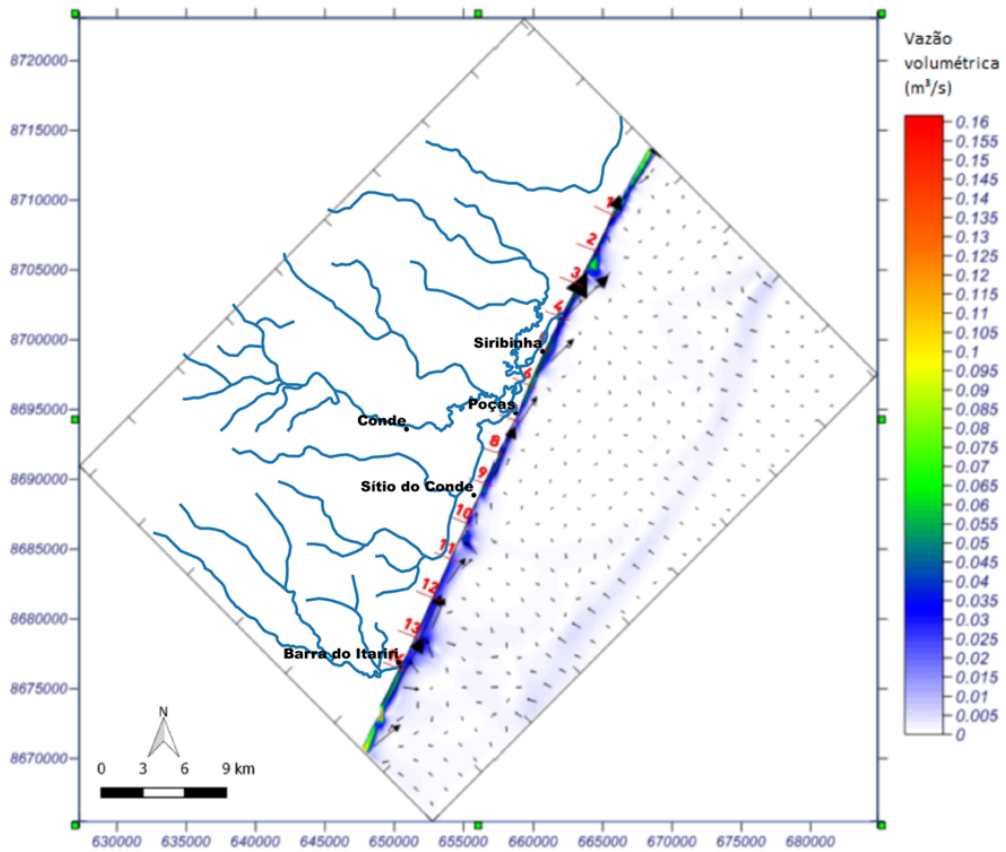


Figura 7- Representação vetorial e numérica do fluxo gerado pelas ondas de sudeste (SE) (com altura de 1,68m e período de 8,92s) na área de estudo.

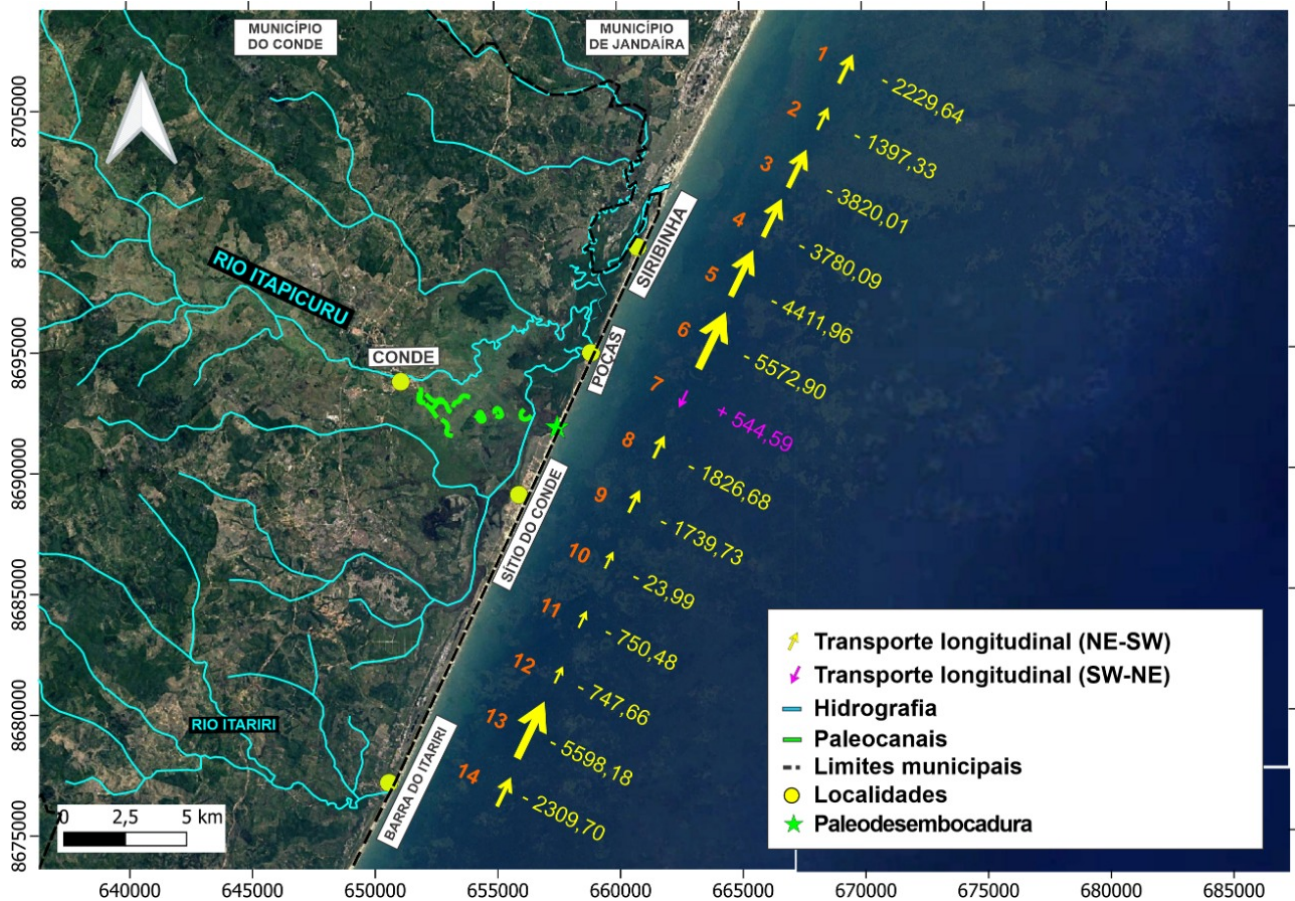


Figura 8- Representação vetorial e numérica do transporte médio resultante de sedimentos (Q) gerado anualmente pela deriva litorânea para cada perfil. Setas amarelas indicam o transporte médio resultante para NE e a seta rosa indica o transporte médio resultante para SW. Os valores ao lado das setas indicam o transporte médio anual de sedimentos (em m3).

Por sua vez, a cava batimétrica está provavelmente associada a uma depressão na plataforma remanescente do vale inciso do rio Itapicuru, que teria se formado no Último Máximo Glacial, cuja existência foi sugerida por Dominguez et al. (2003, 2012). Trata-se, portanto, de uma feição mais antiga, em provável processo de preenchimento, tendo em vista a tendência das depressões de acumular sedimentos.

Enquanto as “cristas” ocasionaram convergência de raios de onda, dando-lhes maior poder erosivo, ainda que de curto prazo; a “cava” batimétrica mencionada, se por um lado, diminuiu a altura das ondas (devido à divergência dos raios de onda), por outro foi um fator crucial para explicar a divergência da deriva litorânea presente no local (Figura 8). Segundo os valores de transporte modelados (Figura 8), o volume total de sedimentos retirado por esta divergência de deriva é de 6117,49 m3/ano.

A existência dessa divergência de deriva litorânea que resulta em um déficit sedimentar é corroborada pela presença de um trecho em aparente erosão, que afeta inclusive a estrada que liga Sítio d Conde a Poças (Figura 2D).

A divergência da deriva litorânea na região de Poças não tinha sido identificada em trabalhos

anteriores (Dominguez et al. 2003, Livramento 2008, Bittencourt et al. 2000, 2010).

Com exceção da divergência de deriva acima mencionada (entre os perfis 6 e 7), todo o trecho costeiro estudado tem deriva unidirecional de sentido sudoeste-nordeste (Figura 8), o que demonstra a influência das ondas de sudeste (Figuras 6 e 7) no transporte litorâneo resultante, e que está de acordo com os resultados encontrados em trabalhos anteriores para a região, que indicaram deriva de sentido SW-NE em toda área de estudo (Dominguez et al. 2003, Livramento 2008, Bittencourt et al. 2000, 2010).

A análise conjunta da dinâmica gerada por ondas, acima descrita, com as características da zona costeira permite reconhecer duas situações referentes aos processos erosivos no trecho estudado.

A primeira situação é aquela associada à presença das desembocaduras fluviais dos rios Itariri e Itapicuru, cuja deposição sedimentar acabou por gerar um alto batimétrico, que favorece o aumento da energia das ondas.

As desembocaduras fluviais são altamente dinâmicas devido à sazonalidade da vazão fluvial, sua relação com a deriva litorânea e também devido à dinamicidade de pontais e bancos arenosos formados em sua desembocadura (Suguio et al. 1985, FitzGerald

1988, Dominguez et al. 1992, FitzGerald et al. 2000, Morales et al. 2001, Bhattachatya & Giosan 2003, Oliveira 2003, Bittencourt et al. 2007, 2010, Dan et al. 2011, Dominguez et al. 2018).

Dessa forma, além de estarem expostos à maior altura de ondas incidentes, as desembocaduras dos rios Itariri e Itapicuru, estão sujeitos à alta dinamicidade fluvial.

Particularmente na desembocadura do rio Itariri notam-se processos erosivos acentuados, inclusive com barracas de praia (Figura 2C) e casas na margem do rio sendo habitualmente alcançadas pela água. Atividades constatadas na localidade, como retirada de areia da duna-frontal, destruição de arenitos, bem como a construção muito próxima à praia, podem ter acentuado o processo erosivo. Contudo, independentemente da atuação antrópica, a mobilidade fluvial por si só torna as regiões do entorno de desembocaduras altamente propensas à erosão.

A segunda situação, e provavelmente, a mais preocupante, é aquela associada à divergência da deriva litorânea presente entre os perfis 6 e 7, na localidade de Poças. Essa situação se deve não apenas pelo déficit sedimentar, gerado por essa divergência, que torna a área suscetível à erosão costeira, como também pelo fato de ocorrer em uma estreita península, como se observa na Figura 1.

Penínsulas estreitas, com rios ou canais de maré em sua retaguarda, são muito vulneráveis à erosão costeira, pois a elevada energia de onda ou o déficit sedimentar podem erodir a parte externa da mesma, enquanto os rios ou canais de marés, que correm na sua retaguarda, podem erodir a sua parte interna (FitzGerald 1988, Tessler & Mahiques 1993, FitzGerald et al. 2000, Guimarães & Dominguez 2008, Mihály & Angulo 2002, Angulo et al. 2009).

No povoado de Poças, o canal do aflente do rio Itapicuru faz um meandro que o aproxima cerca de 100 metros da linha de costa, configurando o trecho mais estreito da península (Figura 1). Ressalte-se que a margem côncava do meandro, que limita o povoado, é aquela submetida às maiores correntes e foco de erosão fluvial (Christofolletti 1981).

Embora em muitos casos os processos erosivos costeiros, fluviais ou causados pelo prisma de maré sejam gradativos, gerando apenas perda de território (para o mar, na porção externa da península, ou para o rio ou canal, na sua porção interna), eles podem também gerar o rompimento da mesma; ambos os casos são favorecidos em situações de alta energia, como, por exemplo, em situação de ressaca e marés meteorológicas, no caso da erosão ser costeira, ou em situação de enchente fluvial ou em marés excepcionais, no caso da erosão ser fluvial ou gerada pelo prisma de maré (FitzGerald 1988, FitzGerald et al. 2000, Morales et al. 2001, Angulo et al. 2009).

O processo de rompimento na maior parte dos casos não é um evento excepcional, mas pelo contrário, esperado, dado que com o prolongamento dos canais na retaguarda das penínsulas, o gradiente hidráulico é diminuído e se torna desfavorável para o fluxo fluvial e de maré. Com o rompimento, a posição hidráulica mais favorável da nova desembocadura tende a capturar o fluxo fluvial e o prisma de maré, gerando o abandono da antiga desembocadura, que tende a ser preenchida com sedimentos (FitzGerald 1988, FitzGerald et al. 2000, Mihály & Angulo 2002, Guimarães & Dominguez 2008, Angulo et al. 2009).

Dessa forma, o trecho costeiro dos perfis 6 e 7 está exposto não só à erosão costeira, provocada pela divergência de deriva, mas também à erosão fluvial, provocada pela presença do meandro.

A presença do povoado de Poças justamente neste trecho, o mais estreito da península (Figura 1), faz dessa região a de maior risco do segmento costeiro estudado. Os prejuízos sociais e econômicos na localidade que podem ser causados pela erosão de parte ou pelo rompimento total da península serão imediatos.

A longo prazo, um possível rompimento da península ameaça também o povoado de Siribinha. O processo de migração de desembocaduras por meio de acúmulo de sedimentos trazidos pela deriva na margem a barlar da desembocadura concomitante à erosão da margem a sotamar, com contínuo deslocamento da desembocadura para sotamar é amplamente relatado na literatura (Suguio et al. 1985, FitzGerald 1988, Fitzgerald et al. 2000, Bhattachatya & Giosan 2003, Guimarães & Dominguez 2008, Dominguez et al. 2018).

Na área de estudo, a intensa deriva litorânea para NE ao longo deste trecho do litoral (Figura 8) pode fazer migrar a nova desembocadura continuamente para NE de forma concomitante à erosão do remanescente da península, presente do lado a sotamar da nova desembocadura, e onde está situado o povoado de Siribinha, que pode, portanto, ser erodido a longo prazo.

6. Conclusões

Os resultados deste trabalho demonstraram a importância de estudos de detalhe de refração de ondas e de transporte litorâneo para a compreensão dos processos associados à erosão costeira. A batimetria, através de sua influência na direção das ondas, foi determinante para explicar tanto a concentração de energia de ondas na linha de costa, como o sentido da deriva litorânea efetiva, e dessa forma, o sentido do transporte resultante.

A refração das ondas de sudeste (SE), submetidas às “cristas” batimétricas associadas às barras de desembocadura fluviais, proporciona aumento das alturas e concentração de energia dessas ondas, potencializando a erosão costeira nos trechos de

Siribinha e Barra do Itariri, que também têm a sua vulnerabilidade à erosão associada à dinâmica fluvial.

O trecho de Poças, contudo, é o que apresenta maior risco, e não só pela erosão costeira, provocada pela divergência da deriva litorânea presente no local, mas também pela ameaça de erosão fluvial, causada por um afluente do rio Itapicuru que corre paralelo à linha de costa, configurando uma península, no qual estão presentes os povoados de Poças e Siribinha.

As desembocaduras fluviais são sabidamente regiões de alta variabilidade, o que faz autores como Dominguez et al. (2018) sugerirem que suas margens sejam destinadas para a criação de unidades de conservação.

Recomendação análoga faz-se aqui aos trechos costeiros em penínsulas estreitas. Por serem vulneráveis à erosão, simultaneamente costeira e fluvial, são ambientes particularmente sensíveis aos processos erosivos.

Outras formas de acumulação, como pontais, tômbolos, saliências, bancos arenosos, etc. também se apresentam altamente dinâmicos, uma vez que são formados por sedimentos arenosos expostos a processos costeiros recentes (Zenkovich 1971, Souza et al. 2008).

Em grande parte, os processos erosivos constatados na zona costeira são catástrofes anunciadas, pois a alta dinamicidade de certos ambientes costeiros é amplamente conhecida.

Quando a esses ambientes se somam fatores oceanográficos como convergência de ondas, divergência de deriva litorânea, ocorrência de ressacas, marés equinociais, etc., a erosão se torna um problema iminente.

Dessa forma, faz-se urgente uma maior regulação da ocupação destes ambientes, aliado a estudos de detalhe sobre a dinâmica costeira e fluvial local.

Agradecimentos

Junia Kacenenbogen Guimarães agradece à CAPES pelo fomento ao Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Referências

ALMEIDA L.R., AMARO V.E., MARCELINO A.M.T., SCUDELARI A.C. 2015. Avaliação do clima de ondas da praia de Ponta Negra (RN, Brasil) através do uso do SMC-Brasil e sua contribuição à gestão costeira. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 15:2:135-151.

ALMEIDA A.B., ARAÚJO F.M., RIBEIRO S.H.S., PEREIRA A.M.S., SAMPAIO F.J. 2003. Geomorfologia da região de Siribinha, município de Conde – litoral norte do estado da Bahia. II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa, IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, II Congresso do Quaternário dos Países de Línguas Ibéricas, 1-4.

ANGULO R.J., SOUZA M.C., MULLER M.E. 2009. Previsão e consequências da abertura de uma nova barra no Mar do Ararapira, Paraná-São Paulo, Brasil. *Quaternary and Environmental Geosciences*, 1:2:67-75.

ANEAS DE CASTRO S.D. 2000. Riesgos y Peligros: una visión desde la geografía. *Scripta Nova: Revista Eletrônica de Geografía y Ciencias Sociales*, 60 (online).

APPENDINI C.M., FISCHER D.W. 1998. Hazard Management Planning for Severe Storm Erosion. *Shore and Beach*, 66:4:5-8.

BAYRAM A., LARSON M., HANSON H. 2007. A new formula for the total longshore sediment transport rate. *Coastal Engineering*, 54:9:700-710.

BERNAL J.M.S. 2016. Contribuição do aporte fluvial de sedimentos para a construção das principais planícies quaternárias do Estado da Bahia. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 104p.

BHATTACHARYA J.P., GIOSAN L. 2003. Wave-Influenced deltas: Geomorphological implications for facies reconstruction. *Sedimentology*, 50:187-210.

BIRD E. 2008. *Coastal geomorphology: an introduction*. Wiley, England, 412p.

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

BITTENCOURT A.C.S.P., DOMINGUEZ J.M.L., FONTES L.C.S., SOUSA D.L., SILVA I.R., DA SILVA, F.R. 2007. Wave refraction, river damming, and episodes of severe shoreline erosion: The São Francisco river mouth, northeastern Brazil. *Journal of Coastal Research*, 23:4:930-938.

BITTENCOURT A.C.S.P., LIVRAMENTO F.C., DOMINGUEZ J.M.L., SILVA I.R. 2010. Tendência de longo prazo à erosão costeira num cenário perspectivo de ocupação humana: litoral norte do estado da Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, 40:1:125-137.

CAMUS P., MENDEZ F.J., MEDINA R., TOMAS A., IZAGUIRRE C. 2013. High resolution downscaled ocean waves (DOW) reanalysis in coastal areas. *Coastal Engineering*, 72:56-68.

CHM (CENTRO DE HIDROGRAFIA DA MARINHA). 2020. Citação de referências e documentos eletrônicos. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br/chm/files/dados_de_mare/salvador_2020.pdf> acessado em: 22 abril 2020.

CHRISTOFOLETTI A. 1981. *Geomorfologia fluvial: Volume 1 – O canal fluvial*. Editora Edgard Blucher LTDA, São Paulo, 297p.

CIN R.D., SIMENONI U. 1994. A model for determining the Classification, Vulnerability and Risk in the Southern Coastal Zone of the Marche (Italy). *Journal of Coastal Research*, 10(1):18-26.

COELHO C.D.B. 2005. Riscos de exposição de frentes urbanas para diferentes intervenções de defesa costeira. Tese de Doutorado. Seção Autônoma de Engenharia civil, Universidade de Aveiro, 404p.

COSTA JÚNIOR M.P. 2008. Interações morfo-pedogenéticas nos sedimentos do Grupo Barreiras e nos leques aluviais pleistocênicos no litoral norte da Bahia – município de Conde. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 247p.

DALINGHAUS C., ALMEIDA L.R., GONZÁLEZ M., KLEIN, A.H.F. 2019. Sistema de Modelagem Costeira do Brasil: estudos de caso. Editora UFSC, Florianópolis, 411 p.

DAN S., WALSTRA D.J.R., STIVE M.J.F., PANIN N. 2011. Processes controlling the development of a river mouth spit. *Marine Geology*, 280:116-129.

DOMINGUEZ J.M.L., BITTENCOURT A.C.S.P., MARTIN L. 1992. Controls on Quaternary coastal evolution of the east-northeastern coast of Brazil: roles of sea-level history, trade winds and climate. *Sedimentary Geology*, 80:213-232.

DOMINGUEZ J.M.L., BITTENCOURT A.C.S.P. 2012. Zona Costeira. In: BARBOSA J.S.F. (ed) *Geologia da Bahia: Pesquisa e Atualização - Volume 2*. CBPM, Salvador, 395-426p.

DOMINGUEZ J.M.L., NUNES A.S., REBOUÇAS R.C., SILVA R.P., FREIRE A.F.M., POGGIO C.A. 2012. Plataforma Continental. In: BARBOSA J.S.F. (ed) *Geologia da Bahia: Pesquisa e Atualização - Volume 2*. CBPM, Salvador, 427-496p.

DOMINGUEZ J.M.L., BITTENCOURT A.C.S.P., NASCIMENTO L., SANTOS A.N. 2016. Beaches in the State of Bahia: The importance of geologic setting. In: SHORT A.D., KLEIN A.H.F. (eds) *Brazilian beach systems*. Springer International Publishing, Switzerland, 307-332p.

- DOMINGUEZ J.M.L., BITTENCOURT A.C.S.P., SANTOS A.N., ANDRADE A.C.S., WANDERLEY A.A.O.L., SILVA I.R., QUEIROZ I.G., FREITAS L.M.B., NASCIMENTO L.D., SILVA R.P. 2006. Bahia. In: MUEHE D. (ed) Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 219-225p.
- DOMINGUEZ J.M.L., NUNES A.S., SILVA R.P., ESQUÍVEL M.S. 2003. Projeto de gerenciamento costeiro: Diagnóstico oceanográfico e proposição de disciplinamento de usos da faixa marinha do litoral norte do Estado da Bahia. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia/CRA, Salvador, 128p.
- DOMINGUEZ J.M.L., GUIMARÃES J. K., BITTENCOURT A.C.S.P. 2018. Alagoas, Sergipe e Bahia. In: MUEHE D. (ed) Panorama da Erosão Costeira no Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 381-431p.
- DUTRIEUX E., CANOVAS S., DENIS J., BIGOT L., HÉNOQUE Y., QUOD J. 2000. Guide méthodologique pour l'élaboration de cartes de vulnérabilité des zones côtières de l'Océan Indien. Commission Océanographique Intergouvernementale – UNESCO, Paris, 42p.
- ESQUIVEL M.S. 2006. O Quaternário costeiro do município de Conde: implicações para a gestão ambiental. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 103p.
- ESQUIVEL M.S. 2016 A zona costeira dos municípios do litoral norte e entorno da Baía de Todos os Santos – Estado da Bahia: implicações para a gestão ambiental. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 140p.
- FITZGERALD D.M. 1988. Shoreline erosional-depositional processes associated with tidal inlets. Lecture Notes on coastal and Estuarine Studies, v. 29. In: AUBREY D.G., WEISHAR L. (eds.) Hydrodynamics and sediment dynamics of tidal inlets. Springer-Verlag, New York, 186-225p.
- FITZGERALD D.M., KRAUS N.C., HANDS E.B. 2000. Natural mechanisms of sediment bypassing at tidal inlets. ERDC/CHL CHETN-IV-30, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS. 10p.
- GENZ F., LESSA G.C., CIRANO M., LIMA G.M.P. 2003. As tendências de longo prazo das vazões fluviais no litoral do Estado da Bahia. II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa, IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, II Congresso do Quaternário dos Países de Línguas Ibéricas, 1-6.
- GOMES JUNIOR., G. D. 2015. Aprimoramento do clima de ondas do SMC com subsídio ao estudo da erosão costeira no litoral de Pernambuco. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Oceanografia, Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, 148p.
- GUIMARÃES J.K., DOMINGUEZ J.M.L. 2008. A influência da refração de ondas e da deriva litorânea na dinâmica do pontal arenoso de Ponta dos Mangues. XLIII Congresso Brasileiro de Geologia, 1-5.
- IH-CANTÁBRIA. 2013. Ondas: Documento Temático. Ministério do Meio Ambiente- MMA / Instituto de Hidráulica Ambiental da Cantábria, Brasília, 155p.
- JESUS M.H.O., OLIVEIRA A.C.C.A. 2017. Análise do padrão de uso e ocupação da zona costeira de Conde/BA. XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, I Congresso Nacional de Geografia Física, 2928- 2933.
- KOMAR P.D. 1998. Beach processes and sedimentation. Prentice Hall, New Jersey, 544p.
- KOMAR P.D. 2000. Coastal erosion – Underlying factors and human impacts. Shore & Beach, 68:1:3-36.
- LINS-DE-BARROS F.M. 2010. Contribuição metodológica para análise local da vulnerabilidade costeira e riscos associados: estudo de caso da Região dos Lagos, Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 297p.
- LIVRAMENTO F.C. 2008. Padrões de dispersão de sedimentos ao longo do litoral norte do Estado da Bahia: Subsídios para o gerenciamento costeiro. Monografia de graduação, Curso de Geologia, Instituto de Geociências, 51p.
- MARTIN L., BITTENCOURT A.C.S.P., VILAS BOAS G.S., FLEXOR J.M. 1980. Mapa Geológico do Quaternário Costeiro do Estado da Bahia, escala 1:250.000. Secretaria de Minas e Energia/Coordenação da Produção Mineral, Salvador, 58p.
- MIHÁLY P., ANGULO R.J. 2002. Dinâmica da desembocadura do corpo lagunar do Ararapira. Revista Brasileira de Geociências, 32:2:217-222.
- MORALES J.A., BORREGO J., JIMÉNEZ I., MONTERDE J., GIL N. 2001. Morphostratigraphy of an ebb-tidal delta system associated with a large spit in the Piedras Estuary mouth (Huelva Coast, Southwestern Spain). Marine Geology, 172: 225-241.
- MUEHE D. 2004. Projeto orla: subsídios para um projeto de gestão. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 101p.
- MUNK W.H., TRAYLOR M.A. 1947. Refraction of ocean waves: “A process linking underwater topography to beach erosion”. The Journal of Geology, LV:1:1-42.
- OLIVEIRA M.B. 2003. Caracterização integrada da linha de costa do Estado de Sergipe - Brasil. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 355-371.
- PEREIRA C., COELHO C. 2013. Mapas de risco das zonas costeiras por efeito da ação energética do mar. Journal of Integrated Coastal Zone Management, 13:1:27-43.
- PIANCA C., MAZZINI P.L., SIEGLE E. 2010. Brazilian offshore wave climate based on NNM3 Reanalyses. Brazilian Journal of Oceanography, 58:1:53-70.
- PRANZINI E., WETZEL L., WILLIAMS A.T. 2015. Aspects of coastal erosion and protection in Europe. Journal of Coastal Conservation, 19:445-459.
- RIBEIRO W.C. 2008. Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. Parcerias Estratégicas, 27:297-231.
- RODRIGUES T.K. 2014. Impacto das Mudanças Climáticas na Zona Costeira do Município de Aracaju-SE: Estudo de Caso Utilizando o SMC (Sistema de Modelagem Costeira). Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 221p.
- RODRIGUEZ M.G., NICOLODI J.L., GUTIÉRREZ O.Q., LOSADA V.C., HERMOSA A.E. 2016. Brazilian coastal processes: Wind, wave climate and sea level. In: SHORT A.D., KLEIN A.H.F. (eds) Brazilian beach systems. Springer International Publishing, Switzerland, 37-66p.
- ROSSETTI D., BEZERRA F.H.R., DOMINGUEZ J.M.L. 2013. Late Oligocene–Miocene transgressions along the equatorial and eastern margins of Brazil. Earth-Science Reviews, 123: 87-112.
- SANCHEZ-ARCILLA A., JIMENEZ J. A., VALDEMORO H.I. 1998. The Ebro delta: morphodynamics and vulnerability. Journal Coastal Research, 14:3:754–772.
- SANTANA A.V.A., DOMINGUEZ J.M.L. 2003. Morfodinâmica praial, tendências de erosão da linha de costa e riscos para banhistas no município de Conde (BA). II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa, IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, II Congresso do Quaternário dos Países de Línguas Ibéricas, 1-4.
- SILVA I.R., BITTENCOURT A.C.S.P., DOMINGUEZ J.M.L., SILVA S.B.M. 2007. Potencial de danos econômicos face à erosão costeira, relativo às praias da Costa do Descobrimento – Litoral sul do Estado da Bahia. Pesquisas em Geociências, 34:1:35-44.
- SILVA I.R., GUIMARÃES J.K., BITTENCOURT A.C.S.P., RODRIGUES T.K., FERNANDINO G.A.N. 2016. Modelagens de clima de ondas e transporte sedimentar utilizando o SMC-BRASIL: aplicações para a praia do Forte, litoral norte do Estado da Bahia. Revista Brasileira de Geomorfologia, 17:4.
- SILVA I.R., GUIMARÃES J.K., BITTENCOURT A.C.S.P., RODRIGUES T.K., FERNANDINO G.A.N. 2017. Avaliação da dinâmica litorânea da região de Baixo/Barra do Itariri, litoral norte do Estado da Bahia, utilizando o Sistema de Modelagem Costeira (SMC-Brasil). Pesquisas em Geociências, 44:2:221-234.
- SILVA R., MARTÍNEZ M.L., HESP P.A., CATALAN P., OSORIO A.F., MARTELL R., FOSSATTI M., SILVA G.M.S., MARIÑO-TAPIA I., PEREIRA P., CIENGUEGOS R., KLEIN A., GOVAERE G. 2014. Present and future challenges of coastal erosion in Latin America. Journal of Coastal Research, SI:71:1-16.

- SOUZA C.R.G., HIRUMA S.T., SALLUN A.E.M., RIBEIRO R.R., SOBRINHO J.M.A. 2008. "Restinga": conceitos e empregos do termo no Brasil e implicações na legislação ambiental. Instituto Geológico, São Paulo, 103p.
- SUGUIO K., MARTIN L., BITTENCOURT A.C.S.P., DOMINGUEZ J.M.L., FLEXOR J., AZEVEDO A.E.G. 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, 15:4:273-286.
- TESSLER M.G., MAHIQUES M.M. 1993. Utilization of coastal geomorphic features as indicators of longshore transport: Examples of the southern coastal region of the State of São Paulo, Brasil. *Journal of Coastal Research*, 9:3:823-830.
- VASCONCELOS M.M.N., BRITO F.E.M., AMORIM J., REITERMAJER D., VASCONCELLOS L.J.N.S. 2003. Diagnóstico sócio-econômico e ambiental do Conde. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia/CRA, Salvador, 221p.
- WRIGHT L.D. 1977. Sediment transport and deposition at river mouths: A Synthesis, *Geological Society of America Bulletin*, 88:857-868.
- ZENKOVICH V.P. 1971. A theory of development of accumulation forms in the coastal zone. In: SKERS J.A. (ed.) *Introduction to coastline development*. Macmillan, 94-116p.