



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

Northeast Geosciences Journal

v. 10, nº 2 (2024)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2024v10n2ID32257>



Padrões Sedimentológicos do Sistema Praia-Plataforma Continental Interna de Icapuí, CE (NE-Brasil)

Sedimentological Patterns of the Beach-Inner Continental Shelf System of Icapuí, CE (NE-Brazil)

Eduardo Lacerda Barros¹, Mariana Monteiro Navarro de Oliveira², Antônio Rodrigues Ximenes Neto³, Renan Gonçalves Pinheiro Guerra⁴, Francisco José Maciel de Moura⁵, Filipe Maciel de Moura⁶, Jäder Onofre de Moraes⁷ e Lidriana Pinheiro⁸

- ¹ Universidade Estadual do Ceará (UECE), Campus do Itaperi, Programa de Pós-Graduação em Geografia (ProPGeo), Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO)/ Programa de Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências do Mar (Labomar/UFC), Fortaleza/CE, Brasil. Email: eduardolacerdab@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5975-5817>
- ² Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Instituto de Geociências/Programa de Pós-Graduação em Geografia, Campinas/SP, Brasil./ Programa de Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências do Mar (Labomar/UFC), Fortaleza/CE, Email: marimmno@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4158-4455>
- ³ Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Departamento de Geografia/CERES, Caicó/RN, Brasil. Email: antonio.ximenes@ufrn.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3246-7022>
- ⁴ Secretaria Municipal de Educação, Prefeitura de Fortaleza, Fortaleza/CE, Programa de Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências do Mar (Labomar/UFC), Fortaleza/CE. Email: renan.lgco@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5961-3117>
- ⁵ Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA), Curso de Graduação em Geografia, Laboratório de Estudos Ambientais e Climáticos (LEAC), Sobral/CE/ Programa de Pós-graduação em Ciências Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências do Mar (Labomar/UFC), Fortaleza/CE Brasil. Email: maciel_francisco@uvanet.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7281-1991>
- ⁶ Universidade Estadual do Ceará (UECE), Campus Itaperi, Programa de Pós-Graduação em Geografia (ProPGeo), Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO) Fortaleza/CE, Brasil. Email: filipemdemoura@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6608-8223>
- ⁷ Universidade Estadual do Ceará (UECE), Campus do Itaperi, Programa de Pós-Graduação em Geografia (ProPGeo), Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO) Fortaleza/CE, Brasil. Email: jader.morais@uece.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3856-1287>
- ⁸ Universidade Federal do Ceará (UFC), Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR), Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG) Fortaleza/CE, Brasil. Email: lidriana@ufc.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0863-0771>

Resumo: O objetivo deste estudo foi analisar os padrões sedimentares do sistema praia-plataforma continental rasa adjacente à Ponta Grossa (Icapuí, Ceará - Bacia Potiguar) com o intuito de verificar aspectos de contribuição de sedimentação terrígena x marinha. A metodologia consistiu na análise de 154 amostras coletadas entre Ponta Grossa e Peroba. As amostras foram analisadas quanto à granulometria, carbonato de cálcio, textura e identificação de grãos para posterior análise dos parâmetros estatísticos. A sedimentação é predominantemente de natureza mista (carbonático-siliciclástico), com tendência de preponderância de areia fina a muito fina nas proximidades da linha de costa. Nos setores mais distantes (e principalmente ao norte e sotamar da Ponta Grossa) predomina a sedimentação de frações mais grossas, verificando-se inclusive fragmentos da Formação Barreiras. Destaca-se também a grande presença de sedimentos carbonáticos nessas águas ultra-rasas, atingindo valores de quase 100% de CaCO₃ na plataforma rasa e mais de 80% na faixa praial de CaCO₃. Desta forma, fica evidenciado o controle geomórfico dos promontórios na conformação morfossedimentar *offshore* adjacente, sendo a topobatimetria derivada da evolução da Bacia Potiguar, variação do nível do mar e processos costeiros modernos (aerodinâmica e hidrodinâmica). Sendo assim, estes aspectos parecem favorecer a predominância da sedimentação carbonática, mesmo sendo verificados diversos pontos de aporte de sedimentos terrígenos na linha de costa (por exemplo, erosão de falésias, dunas).

Palavras-chave: Sedimentação Mista; Plataformas Abrasivas; Promontórios.

Abstract: The aims of this study was to associate the importance of headlands in the morphosedimentary aspects of the shallow shelf in a stretch of the coast of Icapuí, state of Ceará, inserted in the Potiguar Basin. The methodology consisted of analyzing 154 samples collected in an area between Ponta Grossa and Peroba. The samples were analyzed for texture, calcium carbonate, and grains identification, for further analysis of statistical parameters. Sedimentation is predominantly of a mixed nature (carbonate-siliciclastic), with a tendency for fine to very fine sand to predominate near the coastline. In the more distant sectors (and mainly to the north and downstream of Ponta Grossa) sedimentation of coarser fractions predominates, including fragments of the Barreiras Formation. Also noteworthy is the large presence of carbonate sediments in these ultra-shallow waters, reaching values of almost 100% of CaCO₃ in the shallow platform and more than 80% of CaCO₃ in the beach. In this way, the geomorphic control of headlands in the adjacent offshore morphosedimentary conformation is evidenced, with topobathymetry derived from the evolution of the Potiguar Basin, sea level change and modern coastal processes (aerodynamics and hydrodynamics). Therefore, these aspects seem to favor the predominance of carbonate sedimentation, even though several points of input of terrigenous sediments on the coastline are verified (e.g., cliff erosion, dunes).

Keywords: Mixed Sedimentation; Shore Platform ; Headlands.

Recebido: 19/04/2023; Aceito: 16/05/2024; Publicado: 12/07/2024

1. Introdução

A plataforma continental se configura como uma extensão submersa dos continentes, com gênese associada ao controle tectônico, oscilações do nível relativo do mar durante o Quaternário, à geologia local, à topografia, à dinâmica costeira, além do controle biológico característico desses sistemas submersos (Cainelli; Mohriak, 1999; Morais, 2000; Harris *et al.*, 2014). De modo geral, as plataformas continentais da Margem Continental Brasileira, são tipo atlântica, típicas de regiões sísmicamente menos ativas (Burchette; Wrigth, 1992; Silva *et al.*, 2004). Tal característica é observada no trecho que compreende a plataforma continental cearense, que apresenta um relevo relativamente plano (interrompido por alguns padrões morfológicos, tais como vales incisos), com extensão que varia entre 100 km e 40 km, respectivamente nos setores localizados na divisa com os estados do Piauí e Rio Grande do Norte (Morais *et al.*, 2020). Além disso, ela é dividida em três setores, o de Coreaú, o de Mundaú e o de Jaguaribe (Morais *et al.*, 2020). Neste último, está inserida a plataforma rasa de Icapuí, Bacia Potiguar.

A plataforma continental do Ceará é caracterizada pela ocorrência de dunas subaquáticas, escarpas/patamares, paleocanais, *beachrocks*, recifes e afloramentos rochosos associados ao embasamento cristalino e aos depósitos Cenozóicos (Freire, 1985; Morais, 2000; Monteiro, 2011; Silva, 2015; Ximenes Neto *et al.*, 2018; Morais *et al.*, 2020; Pinheiro *et al.*, 2023). A sedimentação tem influência do clima semiárido, com reduzido aporte fluvial e baixo volume de material silto-argiloso aportado pelas drenagens continentais (Morais; Pinheiro, 2011; Pinheiro *et al.*, 2020). As condições de nível do mar baixo no glacial de Wisconsin (Arz *et al.*, 1998; Nace *et al.*, 2014) e o posterior afogamento da plataforma na Transgressão Holocênica favoreceram a formação do sistema deposicional misto atual, com sedimentos modernos ricos em bioclásticos misturados com siliciclásticos de natureza principalmente reliquiar/palimpsest (Ximenes Neto *et al.*, 2018). Desta forma, os bioclásticos são na sua maioria formados por fragmentos de algas calcárias do tipo *Halimeda Incrassata* e *Coralináceas*, já os siliciclásticos são representados predominantemente pelas areias quartzosas e os minerais pesados (Coutinho; Morais, 1970; Freire; Cavalcanti, 1998; Carneiro; Morais, 2016).

Na plataforma continental de Icapuí destacam-se a sua natureza estreita, rasa e nitidamente influenciada pela herança estrutural da Bacia Potiguar, tais como na ocorrência de falésias nos promontórios que apresentam influência neotectônica, principalmente na Formação Barreiras que ocorre nas partes basais das falésias (Freire, 1985; Morais, 2000). Consequentemente, este setor da costa cearense é caracterizado por apresentar uma plataforma continental interna com reduzidos gradientes de declividade e praias ultradissipativas, com morfodinâmica controlada predominantemente pelas variações das marés e pelo transporte transversal de sedimentos (Pinheiro *et al.*, 2016); fatores estes que podem favorecer a grande presença de bioclásticos no sistema litorâneo (Barros, 2018; Ximenes *et al.*, 2018). Complementar a isto, ressalta-se as fontes modernas de sedimentação terrígena para o sistema costeiro, via *by-pass* eólico e movimentos de massa das falésias (Silva, 2022).

Desta forma, esta pesquisa apresenta como justificativa e objetivo, analisar os padrões sedimentares do sistema praia-plataforma continental rasa adjacente à Ponta Grossa (Icapuí, Ceará - Bacia Potiguar) com o intuito de verificar aspectos de contribuição de sedimentação terrígena x marinha. Esta perspectiva é importante, pois propicia fornecer contributos acerca do fornecimento sedimentar principal que ocorre neste ambiente costeiro e marinho-raso. Estudos que se dediquem a analisar os processos morfossedimentares entre o sistema praia-plataforma são escassos e ao mesmo tempo necessários para entender como a morfologia e processos costeiros podem interferir nos padrões sedimentares em áreas rasas.

Segundo Pinheiro *et al.* (2019), a interferência nesses padrões sedimentares em ambientes submersos ou sujeitos a inundações periódicas pode repercutir em mudanças futuras de geohabitats a exemplo dos prados do capim agulha (*Halodule wrightii*), principal alimento do peixe-boi (*Trichechus manatus*) que ocorrem na região (Moretz-Sohn, 2013). Paralelamente a isto, as praias localizadas em Redonda e Peroba, estão com processos erosivos acelerados, com uma taxa de erosão que pode alcançar entre 2,72 a 6,51 m/ano (Leite e Almeida, 2023). Sendo assim, ressalta-se a presença de estruturas do tipo enrocamentos para a estabilização da linha de costa, além de pequenas estruturas particulares de contenção (Barros *et al.*, 2021; Chacanza *et al.*, 2022). Em complemento a isso, destaca-se a importância de estudos sedimentares em escala de detalhe para a identificação de possíveis jazidas de siliciclásticos que existem na plataforma rasa, e que possam subsidiar propostas de recuperação e reabilitação baseada na natureza, considerando a elevada relevância ecológica e social da área.

2. Metodologia

2.1 Área de Estudo

A área de estudo localiza-se no trecho costeiro entre as praias de Peroba e Ponta Grossa, englobando, a praia e sua plataforma continental interna (profundidade <10 m) adjacente, no município de Icapuí (Figura 1). Compreende a Bacia Potiguar e o setor Jaguaribe da plataforma do Ceará. O setor Jaguaribe é a seção mais estreita da plataforma continental do Ceará (~ 40 km de largura) e exibe o maior número de formas de fundo inconsolidados de alta energia (e.g. dunas subaquáticas) (Morais *et al.*, 2020). Em Icapuí, a Formação Barreiras também se revela na plataforma continental interna.

A Bacia Potiguar localiza-se no extremo leste da Margem Equatorial Brasileira, compreendendo um segmento emerso e outro submerso. O arcabouço estrutural emerso inclui dois grâbens principais, separados por altos internos e bordejados pelas plataformas de Touros e Aracati (embasamento raso) (Mohriak, 2003; Vital *et al.*, 2005). Em sua extensão submersa é caracterizada como uma plataforma mista composta por uma cobertura de sedimentos siliciclásticos, carbonato-siliciclásticos e carbonáticos (Vital *et al.*, 2005). Alinhamentos subparalelos à direção da plataforma aproximam-se do contato entre o embasamento raso e a Bacia Potiguar submersa (Silva Filho, 2007).

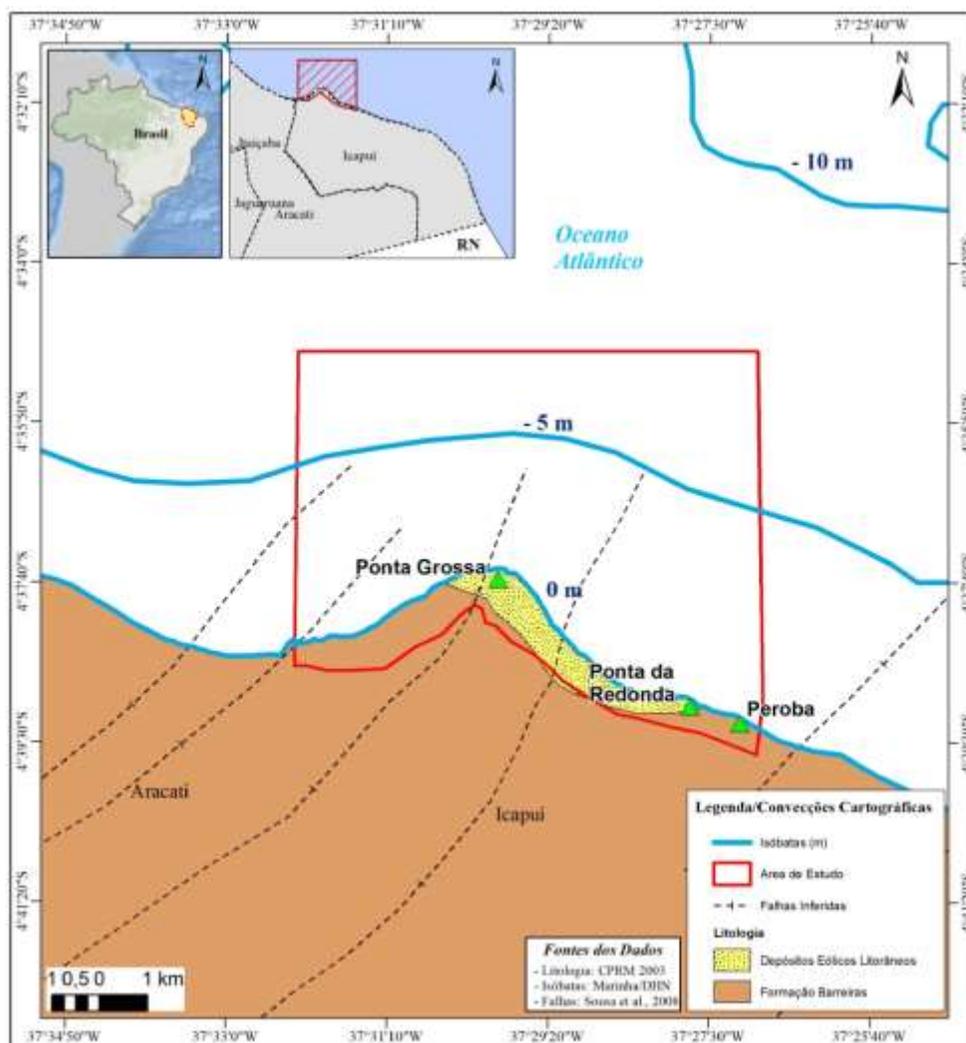


Figura 1 – Área de estudo.

Fonte: Litologia (CPRM/ Cavalcante *et al.*, 2003), Profundidade (DHN), Falhas (Sousa *et al.*, 2008).

Ao longo da área costeira estudada, destaca-se a presença de falésias, que são feições erosivas formadas basicamente pela combinação de processos hidrodinâmicos marinhos e subaéreos (ex.precipitação) que ocorre sobre as rochas que afloram na região costeira. Conforme caracterização efetuada por Sousa *et al.*, (2008) os afloramentos são constituídos por várias formações geológicas, com predomínio de rochas sedimentares siliciclásticas correlatas à Formação Barreiras (Mioceno) e a Formação Potengi (Quaternário). Além destas, ocorrem rochas carbonáticas da Formação Jandaíra (Cretáceo) em alguns setores da base da falésia. A influência estrutural é claramente notada nas falésias, com um campo de tensões de idade Neógena responsável pelo surgimento de falhas, dobras, fraturas, e estruturas hidroplásticas (Sousa *et al.*, 2008). Enfatiza-se que Silva (2022) em estudo sedimentológico e geocronológico nomeou esses depósitos do Quaternário que estão sobrepostos ao Barreiras de Sedimentos Pós-Barreiras.

Destaca-se que a linha de costa é caracterizada por praias precedidas por falésia ativas e inativas, com altimetrias e grau de resistência diferenciada e com setores com aporte direto de material de dunas costeiras e/ou produtos de movimento de massa, conseqüentemente, as falésias e dunas são importantes fontes de sedimentos siliciclásticos para a dinâmica litorânea (Figura 2) (Morais *et al.*, 2006; Pinheiro *et al.*, 2016).

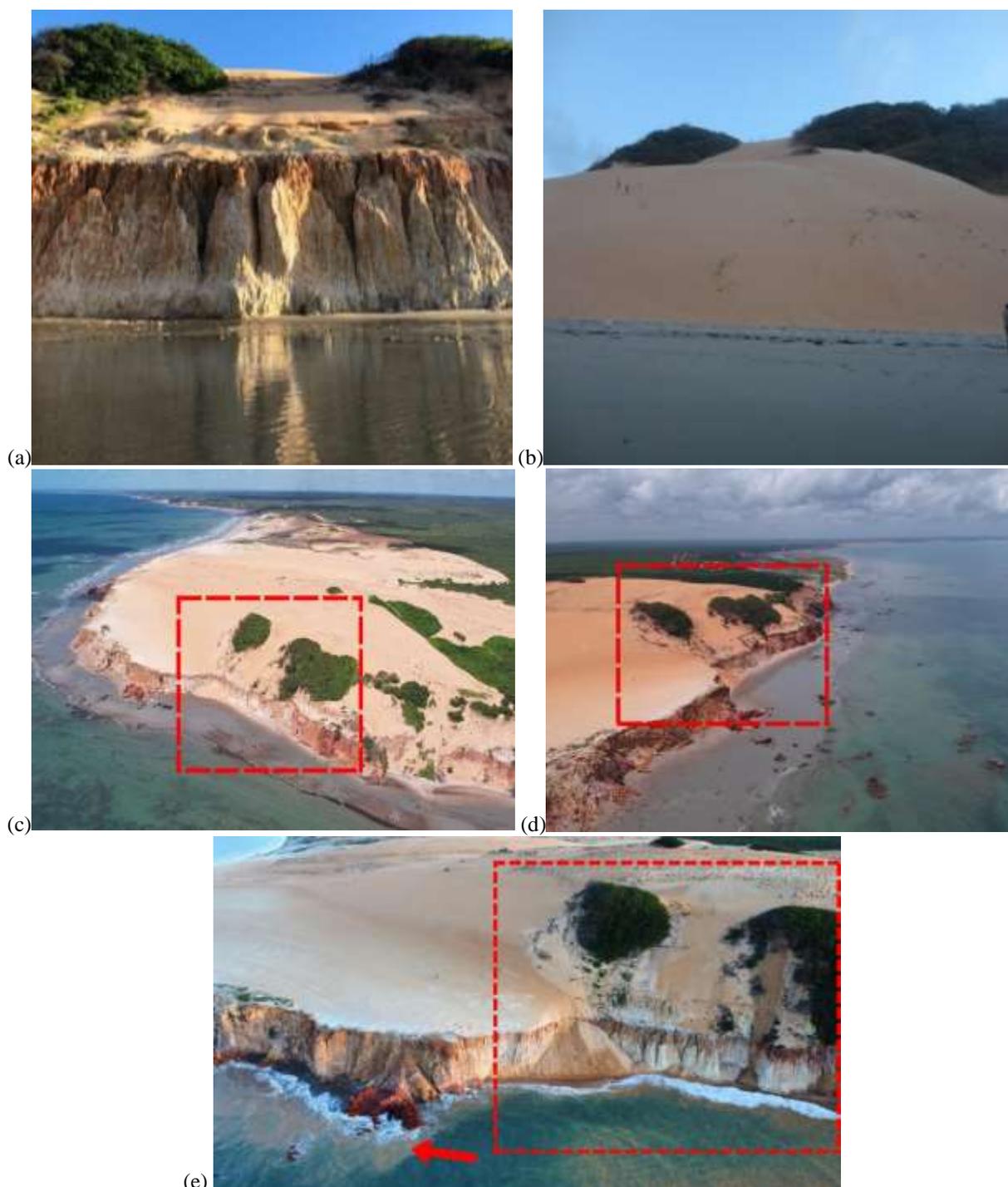


Figura 2 – Falésias na Praia de Ponta Grossa em diferentes configurações, em a) As Falésias estão ativas na praia; em b) As dunas devido ao by-pass eólico estão sobrepostas à escarpa da falésia, notar o aporte de sedimentos siliciclásticos para o estirâncio; em c) e d) é possível observar o mesmo trecho na baixamar de maré de sizígia e em e) observa-se o trecho em preamar de maré sizígia e a seta a seta vermelha indica a presença de sedimentos em suspensão.

Fonte: Barros, E.L (a-2020; b-2008; d-2023) e Leisner, M. (c-2023; d-2024).

O clima regional do Nordeste do Brasil é regido pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), onde há convergência dos ventos alísios de nordeste e sudeste provindos do Atlântico. O regime de chuvas é sazonal e bem demarcado, com precipitação anual concentrada de fevereiro a maio, e estiagem no restante do ano, podendo apresentar variabilidade interanual associada ao *El Niño* Oscilação Sul (Marengo *et al.*, 2017). A drenagem superficial intermitente, associada a climas semiáridos, repercute na baixa contribuição terrígena para a plataforma continental do Ceará (Morais; Pinheiro, 2011).

A circulação em larga escala da Plataforma Continental do Nordeste do Brasil inclui a Corrente Norte do Brasil (CNB), que tende a apresentar fluxo contínuo no sentido noroeste (de fevereiro a junho) ao largo da costa norte da América do Sul, junto à quebra da plataforma continental (Condie, 1991; Silveira *et al.*, 1994; Nace *et al.*, 2014). As ondulações e circulações da plataforma estão principalmente associadas à tensão de cisalhamento dos ventos alísios intimamente relacionada à dinâmica da ZCIT (Morais *et al.*, 2006). Ondas com maior energia também atingem o litoral cearense, estando associadas à ação de furacões extratropicais do Hemisfério Norte e repercutindo no período de ressacas do mar que se configura entre dezembro e março (Paula *et al.*, 2015).

As alturas das ondas na área, com base nos dados do modelo *Wavewatch III*, são maiores entre os meses de dezembro e março, podendo chegar até 2.2 m (Barros, 2018). As maiores alturas foram identificadas na incidência em fevereiro de 2016 (Barros, 2018). Nos demais meses do ano, as alturas variam entre 0.8 m e 1.5 m, com períodos de 4.1 s a 9.9 s. As ondas *Swell* apresentam períodos que variam de 10 s a 11.5 s. No Ceará há predominância de ondulações do tipo *Sea* com 72% das ocorrências, enquanto as do tipo *Swell* correspondem a 28% (Carvalho *et al.*, 2007). As marés são do tipo semidiurna, com amplitudes que podem chegar a valores máximos de 3.7 m na sizígia, e mínimos de 1 m na quadratura, conforme registros da tábua de marés do Porto de Areia Branca, no Rio Grande do Norte.

2.2 Identificação e análise dos padrões sedimentares

A área de coleta de dados foi dividida entre a praia e a plataforma interna (<10m) entre as localidades de Peroba e Ponta Grossa. Sendo assim, foram realizadas coletas de amostras superficiais em 16 setores entre a base da falésia/dunas e a antepraia, totalizando assim 45 amostras (Figura 3, 4 e 5). Essas amostras do sistema praial foram correlacionadas com as coletas no setor submerso da plataforma, no intuito de verificar a interação morfossedimentar. Já na plataforma continental, foi delimitada uma área de 59,804 km² contemplando os substratos consolidados (plataformas de abrasão), inconsolidados e feições estruturais identificadas nos mapas geológicos, considerando a localização da área na Bacia Sedimentar Potiguar. As amostras do substrato marinho foram coletadas por meio de amostrador do tipo Van Veen, distribuídas em uma malha com espaçamento de 500 metros subdivididos entre as isolinhas de -4 m a -8 m. Foram coletadas 109 amostras no período de 19/01/2011 a 01/03/2013.

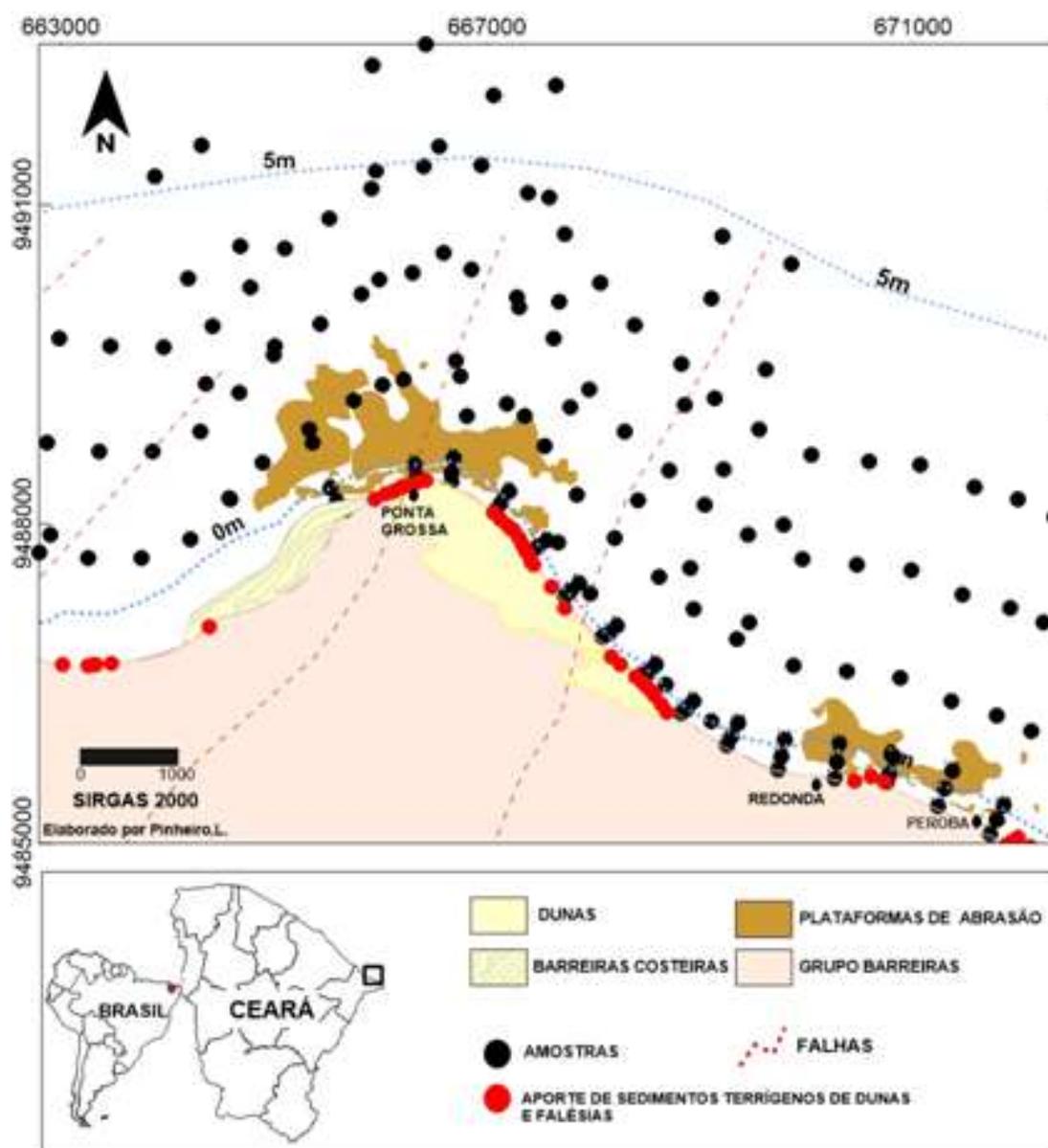


Figura 3 – Malha amostral das coletas de sedimentos na plataforma continental rasa e faixa de praia.
Fonte: Litologia (CPRM/ Cavalcante *et al.*, 2003), DHN (*profundidades*), Sousa *et al.*, 2008 (*falhas*).

As amostras sedimentares foram analisadas pelo método de peneiramento mecânico e úmido de Suguio (1973), para a caracterização textural e granulométrica dos sedimentos. O percentual do carbonato de cálcio foi obtido pelo método do Calcímetro de Bernard modificado (Soares, 2017). Após tratamentos estatísticos, as fácies sedimentares foram classificadas com base em Larsonneur (Dias, 1996). A descrição dos principais componentes dos sedimentos siliciclásticos e bioclásticos foi obtida com análise microscópica. Foram realizados caminhamentos na faixa de praia com receptor GPS de navegação, para mapeamento de locais com aporte direto de sedimentos terrígenos oriundos das dunas e falésias. Para avaliar as possíveis interferências na sedimentação do setor praia x plataforma, foram mapeadas as plataformas de abrasão com imagens do *Google Earth* de 2022 no QGIS 3.22. Os mapas foram elaborados a partir da interpolação por Krigagem, com controle de escala em função da densidade da malha amostral.

3. Resultados e discussão

3.1 Distribuição sedimentológica

As análises da distribuição sedimentológica foram organizadas em dois tópicos: um acerca da caracterização no ambiente praial e o outro sobre o ambiente de plataforma continental.

3.2 Praia

Analisando a mediana (D50) das 45 amostras, evidencia-se o predomínio de areia muito fina (44%) e areia média (40%). Espacialmente, enfatiza-se que no trecho a barlamar de Ponta Grossa há predominância das areias mais finas e o sotamar da Ponta apresenta uma tendência de aumento granulométrico (Figura 4a). Em relação ao carbonato de cálcio, foi verificada uma média de 44%, com valores variando entre 3% e 83%. Na distribuição espacial, ocorre a predominância de valores abaixo de 50%, com destaque para as três pontas, Peroba-Redonda-Ponta Grossa. Já o trecho a sotamar de Ponta Grossa e de Peroba apresentam trechos de maiores teores de CaCO_3 (acima de 50%) (Figura 4b). Sendo assim, conforme a classificação de Larssonneur (1977) (Dias, 1996) há predominância de areia biolitolástica fina a muito fina e média, ambas com 22,2% cada. Destaca-se também a areia litoclástica fina a muito fina e litobioclástica fina a muito fina com 17,8% e 13,3%, respectivamente.

3.3 Plataforma Rasa

Analisando a mediana (D50) das 109 amostras, evidencia-se o predomínio da areia média (56,6%), areia muito fina (18%), areia fina (15%) e areia grossa e cascalho (11%). Destaca-se que no setor entre a Ponta Grossa e a Ponta da Redonda, principalmente nas proximidades da linha de costa, é verificado o predomínio das frações mais finas (areia fina a muito fina). O setor norte *offshore* à Ponta Grossa apresenta a distribuição de sedimentos de maior tamanho (areia média a cascalho) (Figura 4a).

Em relação ao carbonato de cálcio, foi verificada uma média de 73%. No entanto, os valores variaram entre 98,6% e 25,1%. A distribuição espacial do carbonato de cálcio apresentou as seguintes tendências: menores valores (<65%) na proximidade da linha de costa e a offshore da Ponta Grossa, no restante da área apresenta os maiores valores de carbonato de cálcio (>65%) (Figura 4b). Ressalta-se que o único local que não segue este padrão é a área nordeste da Ponta Grossa, onde os elevados teores de carbonato de cálcio (>70%) avançam em direção à linha de costa (Figura 4b). Sendo assim, de acordo com a classificação de Larssonneur (1977) (Dias, 1996), apresentou a predominância de areia bioclástica fina a muito fina (44,4%), areia bioclástica média (14,8%) e areia biolitolástica fina a muito fina (12%) (Figura 5).

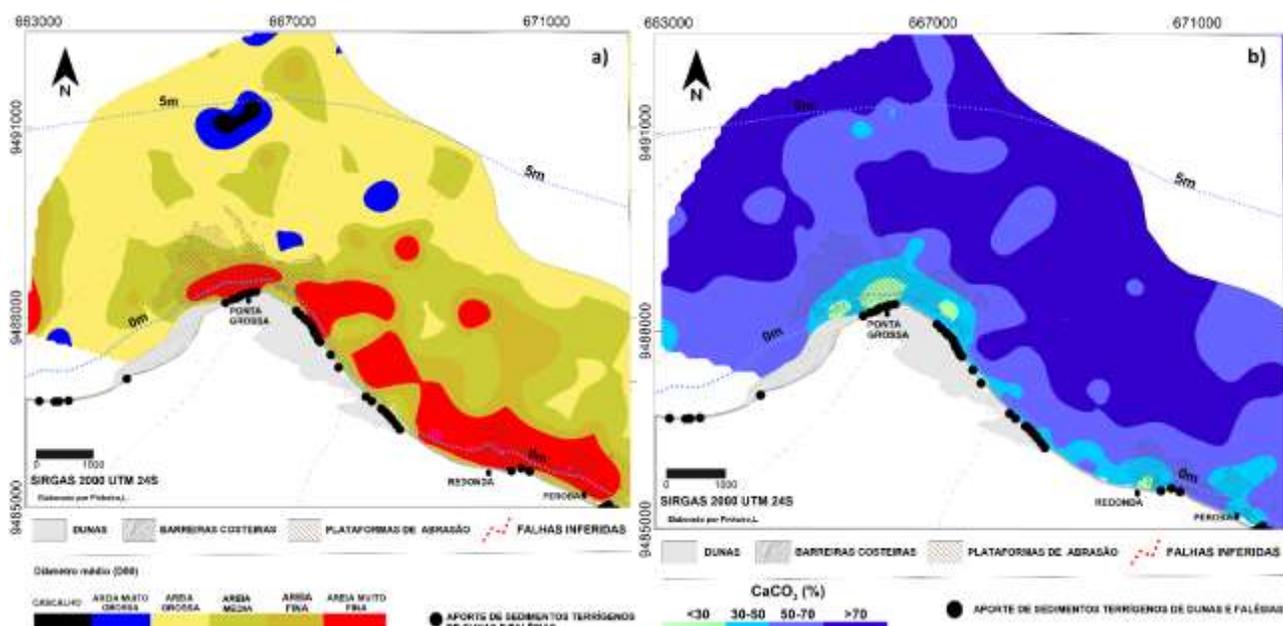


Figura 4 – a) Distribuição espacial do tamanho médio do grão (D50); b) Percentual do Carbonato de Cálcio presente nos sedimentos.

Fonte: Autores (2024).

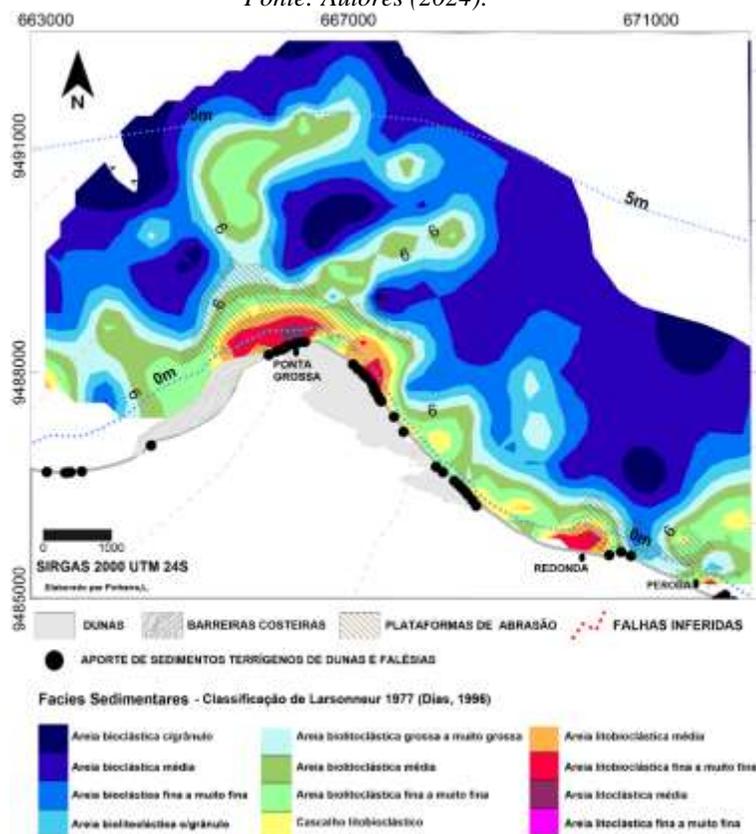


Figura 5 – Padrões Sedimentares do sistema praia-plataforma continental interna de Icapuí.

Fonte: Autores (2024).

3.4 Tipos de Grãos

Os principais componentes nos sedimentos analisados foram os bioclastos, seguido pelos siliciclásticos. Os primeiros são representados principalmente pelas algas calcárias vermelhas (coralináceas) e verdes (Halimeda), Moluscos (e.g. bivalves), Echinodermatas (e.g. ouriço do mar), Briozoário e Coral. Enfatiza-se que os fragmentos bioclásticos de algas calcárias são bem distribuídos por toda plataforma analisada. Já os siliciclásticos são associados principalmente aos grãos de quartzo e fragmentos da Formação Barreiras. Destaca-se que os materiais pertencentes à Formação Barreiras ocorrem a ~2,6 km de distância da Ponta Grossa em uma profundidade de ~6,5m. Além disso, grandes concentrações de alga Halimeda (talos ramificados com artículos bem preservados) ocorrem a ~2,7 km de distância da Ponta da Redonda em profundidade de ~4,5m (Figura 6).

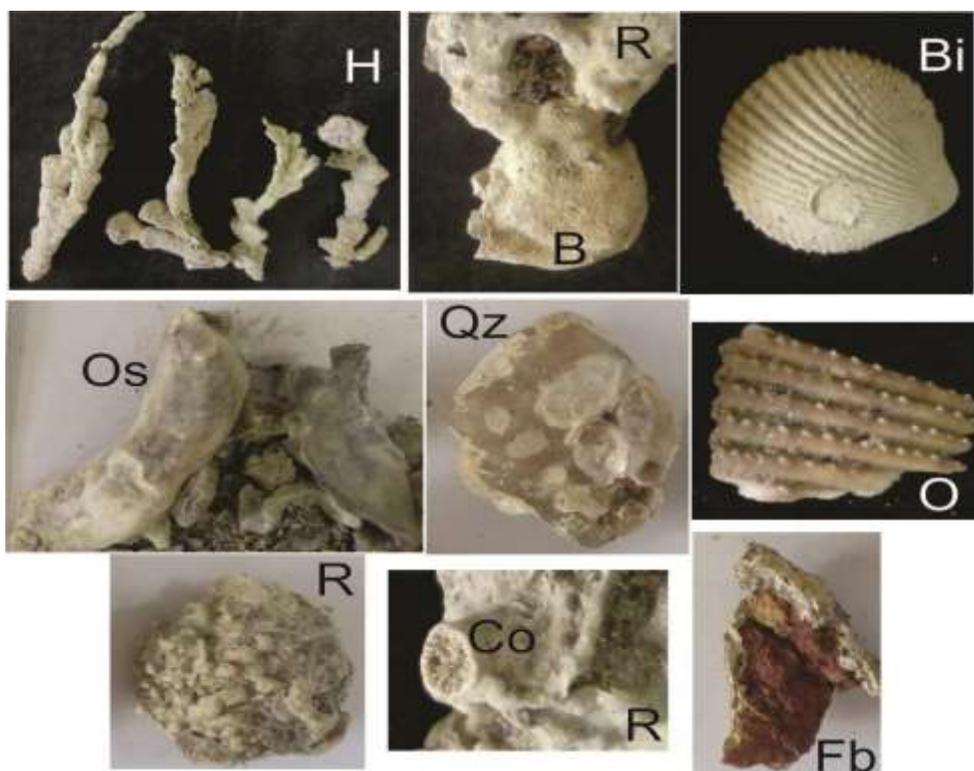


Figura 6 – Principais componentes identificados nos sedimentos: R – rodolito (alga calcária vermelha), B – briozoário, Bi – bivalve, Qz – quartzo, O – ouriço do mar, H – halimeda, Os – ostras, Co – coral, Fb – fragmento da Formação Barreiras.

Fonte: Autores (2024).

A praia e a plataforma rasa adjacente aos promontórios de Ponta Grossa, Peroba e Redonda apresentaram um padrão deposicional misto (mescla de siliciclásticos com carbonáticos), sendo os depósitos próximos à linha de costa de estilo deposicional misto siliciclástico-carbonático e em direção *offshore* a influência bioclástica aumenta, desta forma, criando o estilo deposicional misto carbonático-siliciclástico e, por vezes, inteiramente carbonático. Ressalta-se que essa riqueza de materiais carbonáticos no sistema praiar e, em águas ultra rasas não é bem documentado na literatura para a costa semiárida, com destaque aos estudos da região metropolitana de Fortaleza (Guerra, 2014; Paula *et al.*, 2015; Pinheiro *et al.*, 2016), porém em um sistema inteiramente siliciclástico.

O estilo deposicional misto a eminentemente carbonático desta área de estudo segue o padrão sugerido para o trecho da plataforma continental adjacente a Aracati e Icapuí, como apontado por Ximenes Neto *et al.* (2018) e para o litoral de Icapuí (Ximenes Neto, 2020). No entanto, nenhum trabalho até então tinha buscado integrar do ponto de vista morfo-sedimentar a interação praia-plataforma. Ressalta-se também que diversos trabalhos realizados na plataforma

continental da Bacia Potiguar têm verificado a grande presença de fácies carbonáticas, principalmente relacionadas às algas calcárias, tais como Vital *et al.*, (2005), Moura (2014) e Ciarlini e Morais (2014).

Colares (2009), Monteiro (2011) e Carneiro e Morais (2016) destacam a grande presença na plataforma continental de Icapuí de bancos de algas calcárias verdes do gênero *Halimeda*, principalmente entre 12-25m de profundidade. Porém, a ocorrência de *Halimedas* pode se dar em setores mais rasos, como constatado neste trabalho. Consequentemente, enfatiza-se que o baixo aporte de sedimentos terrígenos (Morais; Pinheiro, 2011), o clima semiárido (Barros, 2018), a morfologia da plataforma continental (Morais *et al.*, 2020) e a produção carbonática por habitats bentônicos em águas ultra rasas (Ciarlini; Morais, 2014) propiciaram a criação de uma costa rica em sedimentos marinhos. Ressalta-se, que era de se esperar uma maior presença de sedimentos terrígenos devido à área apresentar importantes setores de falésias costeiras com movimentos de massa, dessa forma associou-se este fato a dois fatores: i) a Formação Barreiras que sustenta grande parte das bases das falésias apresentam grau de erodibilidade menor do que as outras falésias costeiras cearenses, tais como Morro Branco, Canoa Quebrada, Ponta do Maceió, Pacheco (Rodrigues *et al.*, 2020; Rodrigues, 2021; Leisner *et al.*, 2023), sendo assim não fornecendo grande quantidade de siliciclásticos para o Sistema praiar em uma escala de tempo curta; ii) o transporte costeiro apresenta um papel chave na dispersão de sedimentos, a exemplo do transporte eólico que ocorre predominantemente em direção ao continente (exceção de trechos pontuais como em Ponta Grossa, aonde é observado avalanches de sedimentos eólicos para o ambiente praiar) (Barros, 2018), além do transporte longitudinal que favorece a mescla moderna entre os siliciclásticos e carbonáticos, como observado no sistema de barreiras costeiras ligeiramente a sotamar da Ponta Grossa.

Os aspectos geomórficos através da disposição de um litoral com promontórios e plataformas abrasivas (Figura 7 a;b) propiciou o estabelecimento de uma área de baixa declividade no setor marinho-raso (Oliveira, 2012; Barros, 2014; Barros, 2018; Rodrigues, 2021), principalmente defronte a Ponta Grossa. Fator esse visualizado na presença de algumas amostras da Formação Barreiras coletadas nas amostras submersas. Sendo assim, conforme Ximenes Neto (2020) os setores da costa cearense que apresentam baixa declividade na interface praia-plataforma propiciam uma maior conectividade com a sedimentação carbonática da plataforma, fator esse que pode favorecer o estabelecimento de uma costa de natureza mista.



(a) Faixa de praia com reduzida declividade em Redonda; b) Plataformas de abrasão adjacente à ponta de Redonda.

Fonte: Autores (2024).

4. Considerações finais

Em relação aos padrões sedimentares do sistema praia-plataforma, foi evidenciada uma natureza mista (mescla de sedimentos carbonáticos com siliciclásticos), com destaque para a grande presença dos carbonáticos não apenas na plataforma, mas também no sistema praiar, aonde neste apresentou valores de até ~80% de CaCO_3 . Nas proximidades da linha de costa entre Ponta Grossa e Redonda foi verificada a predominância de areia fina a muito fina, e no setor *offshore* ao Promontório da Ponta Grossa o aumento da influência de frações grossas. Dentre estas frações de maior granulometria se destacam os fragmentos rochosos da Formação Barreiras.

Destaca-se que os aspectos morfosedimentares são produtos da conformação geomórfica deste setor da Bacia Potiguar, assim como nas Serras do Mel e Mossoró apresentam uma sucessão de alto topográfico e setor rebaixado controlado estruturalmente (Maia *et al.*, 2014), aspectos estes que apresentam um prolongamento pelo setor de plataforma rasa e consequentemente favoreceram o estabelecimento de habitats carbonáticos em águas rasas e próximo

do sistema praiial. Outros fatores que influenciam na natureza mista desta área são a variação do nível do mar e processos costeiros modernos (aerodinâmica e hidrodinâmica).

Os resultados deste artigo apresentam importantes implicações para a gestão costeira e marinha, bem como para a conservação dos ecossistemas, especialmente em áreas sujeitas a processos erosivos em estágios avançados, como as praias da Redonda e Peroba. A análise e o entendimento dos padrões sedimentares e sua interação com os fatores ambientais e antropogênicos permite o desenvolvimento de estratégias específicas para lidar com a erosão costeira e promover a resiliência das comunidades litorâneas e dos habitats marinhos. Por fim, destaca-se a importância contínua de estudos sedimentológicos e morfosedimentares para uma gestão sustentável e eficaz da zona costeira e do ambiente marinho, visando à conservação dos recursos naturais e à proteção dos ecossistemas em face às mudanças climáticas e a atividade antrópica.

Agradecimentos

Aos projetos “Potencialidades e Manejo para a Exploração de Granulados Marinhos na Plataforma Continental do Ceará” e “Geodiversidades, Interações e Impactos Socioambientais no Sistema Praia-Plataforma da Costa Oeste do Ceará” (PRONEX - CNPq/FUNCAP) pelo suporte na coleta de dados de campo e processamento das amostras. Ao projeto “Evolução costeira de falésias ativas na costa semiárida do NE do Brasil: avaliação do risco de instabilidade baseado na vulnerabilidade e nas mudanças climáticas” financiado pela Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP). À bolsa de Pesquisador Visitante (BPV) processo nº PVS-0215-00011.01.00/23 (FUNCAP) concedida ao autor principal. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais (PPGCMT) do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR/UFC). Ao CNPq pelas bolsas DTI, PQ e Sr (380986/2022-1 (FINEP/CNPq), 316941/2021-2 (PQ-LP) e 306462/2018-4 (PQ-Sr-JOM). A comunidade da Praia de Ponta Grossa-Icapuí por todo apoio durante as coletas.

Referências

- Arz HW, Pätzold J, Wefer G. Correlated Millennial-Scale Changes in Surface Hydrography and Terrigenous Sediment Yield Inferred from Last-Glacial Marine Deposits off Northeastern Brazil. *Quaternary Research*. 1998; 50(2):157-166. <https://doi.org/10.1006/qres.1998.1992>
- Barros, E. L. Caracterização faciológica da plataforma continental interna de Icapuí, Ceará. 2014. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2014.
- Barros, E. L. Erosão costeira no litoral do município de Icapuí-Ce na última década: causas, consequências e perspectivas futuras. Fortaleza, 2018. 254f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais). Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2018.
- Barros, E. L.; Morais, J. O.; Pinheiro, L. S.. Análise dos Indicadores do Processo Erosivo no Litoral do Município de Icapuí, Ceará, Nordeste do Brasil. *Rede - Revista Eletrônica do PRODEMA*, Fortaleza, v. 1, n. 14, p. 69-86, jan. 2021. ISSN 1982-5528. Disponível em: <http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/411>
- Burchette, T.P; Wright, V.P. Carbonate ramp depositional systems. *Sedimentary Geology*. v. 79, 3-57, 1992. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(92\)90003-A](https://doi.org/10.1016/0037-0738(92)90003-A)
- Cainelli C, Mohriak WU. Some remarks on the evolution of sedimentary basins along the eastern Brazilian continental margin. *Episodes* 1999;22:206-216. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/1999/v22i3/008>
- Carneiro, P. B. M.; Morais, J.O. Carbonate sediment production in the equatorial continental shelf of South America: Quantifying *Halimeda incrassata* (Chlorophyta) contributions. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 72, n. 1-6, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2016.07.011>
- Carvalho, A. M.; Maia, L. P.; Dominguez, J. M. L. A deriva e o transporte litorâneo de sedimentos no trecho entre Cumbuco e Matões–costa noroeste do estado do Ceará. *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 40, n. 1, 43-51, 2007.

- Cavalcante, J.C. Vasconcelos, A.M., Medeiros, M.F., Paiva, I.G. Mapa geológico do estado do Ceará. Fortaleza: CPRM, 2003. Escala 1:500.000.2003. <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/2355>
- Chacanza, M.S.; Almeida, N.M.; Freire, G.S.S; Silva Neto, C.A.; Abreu Neto, J.C.; Jalane, O.I. Análise da Variação da Linha de Costa no Trecho Entre as Praias de Peroba e Redonda no Município de Icapuí-Ceará, Brasil, a Partir de Imagens de Satélite Aplicando o DSAS. São Paulo. UNESP. Geociências. v.41, n.4, p.377–396. ISSN:1980-900X. 2022. DOI: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v41i04.16718>
- Chacanza, M. S., Almeida, N. M. de, Freire, G. S. S. ., Silva Neto, C. Ângelo da, Medeiros, M. E. M., & Abreu Neto, J. C. de. Morphometric changes between Peroba and Redonda beaches (Ceará, Brazil), with the use of high resolution remotely piloted aircraft images from 2020 to 2021. *Revista Brasileira De Geomorfologia*, 24(4). 2023. <https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v24i4.2331>
- Ciarlini, C.; Morais, J.O. Análise textural dos granulados bioclásticos na plataforma continental de Icapuí - Ceará. *GeoUECE*, v. 3, 198 – 209, 2014.
- Colares, M.C.S., Áreas de pesca de lagosta: uma Caracterização Utilizando Geoprocessamento e Veículo de Operação Remota (R.O.V). Fortaleza, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2009.
- Condie, S. A. Separation and recirculation of the North Brazil Current. *Journal of Marine Research*, v. 49, 1-19, 1991. <https://doi.org/10.1357/002224091784968620>
- Coutinho, P. N; Morais, J. O. Distribution de los sedimentos em la plataforma continental norte y nordeste del Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 10, n. 1, 79-90, 1970.
- Dias G.T. M. Classificação de sedimentos marinhos: Proposta de Representação em Cartas Sedimentológicas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 39., 1996, Salvador. Anais Salvador: SBG, 1996, 3: 423-426, 1996.
- Freire, G. S. S. Geologia marinha da plataforma continental do Ceará. Recife, 1985. 132f. Dissertação (Mestrado em Geociências). Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 1985.
- Freire, G. S. S.; Cavalcanti, V. M. M. A Cobertura Sedimentar Quaternária da Plataforma Continental do Estado do Ceará. Brasília, DNPM, 1998.
- Guerra, R. G. P. Vulnerabilidade costeira a eventos de alta energia no Litoral de Fortaleza, Ceará. 2014. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.
- Harris P. T.; Macmillan-Lawler M.; Rupp J.; Baker, E. K. Geomorphology of the oceans. *Marine Geology*, v. 352, 4–24, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2014.01.011>
- Larsonneur C. La cartographie des dépôts meubles sur le plateau continental français: méthode mise au point et utilisée en Manche. *Journal Rech. Oceanogr*, v. 2, 34-39, 1977.
- Leite, L.H.J.; Almeida, N.A. Análise Espaço-Temporal e Modelagem Preditiva da Linha de Costa do Estado do Ceará. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 42, n. 3, p. 419 - 436, 2023 <https://doi.org/10.5016/geociencias.v42i3.17799>
- Leisner, M.M.; de Paula, D.P.; Alves, D.C.L.; da Guia Albuquerque, M.; de Holanda Bastos, F.; Vasconcelos, Y.G. Long-term and Short-term Analysis of Shoreline Change and Cliff Retreat on Brazilian Equatorial Coast. *Earth Surf. Process. Landf*. 2023, 48, 2987–3002.2023. <https://doi.org/10.1002/esp.5668>
- Maia, R. P.; Bezerra, F. H. R. Inversão Neotectônica do Relevo na Bacia Potiguar, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.15, n.1, 61-74, 2014. <https://doi.org/10.20502/rbg.v15i1.419>
- Marengo, J. A.; Alves, L. M.; Alvalá, R.; Cunha, A. P.; Brito, S.; Moraes, O. L. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 90, 1973-1985, 2017. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170206>

- Mohriak, W. U. Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira. In: BIZZI, Luiz Augusto; SCHOBENHAUS, Carlos; VIDOTTI, Roberta Mary; GONÇALVES, João Henrique (Org.). Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas & sig. Brasília: Serviço Geológico do Brasil, 2003. p. 87-165.
- Moretz-Sohn, C. D. Sazonalidade no uso de habitats pelo peixe-boi marinho (*Trichechus manatus* LINNAEUS, 1758) na Praia de Picos, Icapuí - CE. 2013. 38 f. Monografia (Graduação em Oceanografia) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- Monteiro, L. H.U. Feições superficiais da plataforma continental cearense entre o litoral de Fortaleza e Icapuí. Recife, 2011. Tese (Doutorado em Geociências). Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2011.
- Morais, J. O. Compartimentação Territorial Evolutiva da Zona Costeira. In: LIMA, L.C; MORAIS, J.O; SOUZA, M. J. N. (Org.). Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará. Fortaleza: p.106-179 FUNECE, 2000.
- Morais, J. O; Freire, G. S. S; Pinheiro, L. S; Souza, M. J; Carvalho, A. M; Pessoa, P. R. S; Oliveira, S. H. M. Ceará: atlas de erosão. In: Muehe, D. Erosão e progradação do litoral brasileiro. Dieter Muehe (Org.). 476p Brasília: MMA, 2006.
- Morais, J.O.; Pinheiro, L. The effect of semi-aridity and damming on sedimentary dynamics in estuaries - Northeastern region of Brazil. *Journal of Coastal Research*, 1540-1544, 2011.
- Morais, J.O.; Pinheiro, L; Pessoa, P. R. S.; Freire, G. S.; Carvalho, A. Mde; Guerra, R. G. P.; Barros, E. L.; Moura, F. J. M. Ceará In: Panorama da Erosão Costeira no Brasil.1 Dieter Muehe (Org.) ed.Brasília: , v.1, p. 261-289. MMA, 2018
- Morais, J. O. Ximenes Neto, A.R; Pessoa, P.R.S; Pinheiro, L. S. Morphological and sedimentary patterns of a semi-arid shelf, Northeast Brazil. *Geo-Marine Letters*, v. 40, 835-842, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00367-019-00587-x>
- Moura, F. J. M. Aspectos sedimentares e potencialidades da plataforma continental do Ceará, entre Cascavel e Beberibe. Fortaleza, 2014. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais). Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2014.
- Nace, T.; Baker, P; Dwyer, G.; Silva, C.; Rigsby, C.; Burns, S.; Giosan, L.; Otto-Bliesner, B.; Liu, Z.; Zhu, J. The role of North Brazil Current transport in the paleoclimate of the Brazilian Nordeste margin and paleoceanography of the western tropical Atlantic during the late Quaternary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 415, 3-13, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2014.05.030>
- Oliveira, M. M. N. Aspectos morfológicos e sedimentares associados à dinâmica do Litoral Oeste de Icapuí, Ceará. 2012. 95 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Fortaleza-CE, 2012.
- Paula, D. P. de; Morais, J.O.; Ferreira, Ó.; Dias, J.A. Análise histórica das ressacas do mar no litoral de Fortaleza (Ceará, Brasil): origem, características e impactos. In: Paula, D.P. & Dias, J.A. (orgs.): *Ressacas do Mar / Temporais e Gestão Costeira*, Editora Premium, pp. 173-201, Fortaleza, CE: 2015, ISBN: 978-85-7924-440-7.
- Pinheiro, L., Morais, J.O., Maia, L.P. The Beaches of Ceará. In: Short, A., Klein, A. (eds) *Brazilian Beach Systems*. Coastal Research Library, vol 17. Springer, Cham. 2016. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30394-9_7
- Pinheiro, L.S.; Ximenes Neto, A.; Medeiros, D.H.; Pessoa, P.R.S.; de Morais, J.O. Plataforma Continental Semiárida do Brasil. In *Geografia Marinha: Oceanos e Costas na Perspectiva de Geógrafos*; PGGM: Rio de Janeiro, Brazil, 2020; Volume 1, pp. 129–152. ISBN 978-65-992571-0-0.
- Pinheiro, L.; Rodrigues Ximenes Neto, A.; Aquino Bezerra Filho, F.A.; Rosane Silveira Pinto, C.; de Souza Pinheiro, L.; Pessoa, P.; Lima Filho, R.; Balbino da Silva, R.; Morais, J.; Gorayeb, A.; Bramanti, L.; Rossi, S. Seascape Ethnomapping on the Inner Continental Shelf of the Brazilian Semiarid Coast. *Water*, 15, 798. 2023 <https://doi.org/10.3390/w15040798>

-
- Rodrigues, R. R. Da; Pinheiro, L.S.; Ximenes Neto, A. R, Morais J. O. Mapeamento Lidar nas Falésias Costeiras do Leste Cearense (Nordeste do Brasil). São Paulo, UNESP, Geociências, v. 39, n. 2, p.463-479, 2020. <https://doi.org/10.5016/geociencias.v39i2.14580>
- Rodrigues, R. R. Da. Evolução e vulnerabilidade das falésias na costa leste do Ceará-Nordeste do Brasil. 2021. 159 f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021. Disponível em: <http://www.repositoriobib.ufc.br/0000a8/0000a862.pdf>.
- Silva Filho, W. F; Castro, D. L; Correa, I. C. S; Freire, G. S. S. Estruturas rasas na margem equatorial ao largo do nordeste brasileiro (Estado do Ceará): análise de relevo e anomalias gravimétricas residuais. Brazilian Journal of Geophysics, v. 25, 65-77, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2007000500007>
- Silva, C. G.; Costa, M.P.A.; Melo, L.M.M. Recursos Minerais Marinhas. In: Neto, J. A. B.; Ponzi, V. R. A.; Sichel, S. E. (Org.). Introdução a Geologia Marinha. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. p. 243-264.
- SILVA, M. V. C. Análise Ambiental da Plataforma Continental do Ceará – Nordeste do Brasil. Fortaleza, 2015. 158f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza-CE, 2015.
- Silveira, I. C. A.; De Miranda L. B.; Brown, W. S. On the origins of the North Brazil Current. Journal of Geophysical Research, v. 99, n. 11, 501-512, 1994. <https://doi.org/10.1029/94JC01776>
- Soares, R. S. Novas proposições metodológicas para o Calcímetro de Bernard e caracterização dos sedimentos marinhos do Espírito Santo. Fortaleza, 2017. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais). Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2017.
- Sousa, D. C.; Jardim De Sa. E. F.; Antunes, A. F. Deformação neógena e suas implicações na estruturação dos campos de petróleo na região de Icapuí-Ponta Grossa (CE), Bacia Potiguar emersa. Revista Brasileira de Geociências, v. 38, n. 2, 97-110, 2008.
- Sousa, M.O.L; Bezerra, F.H.R.; Castro, D.L.; Damascena, R. V.C.; Vieira, M.M.; Legrand, J. M. Reativação Cenozoica do Sistema de Falhas de Afonso Bezerra, Bacia Potiguar. Geosciences = Geociências, v. 30, n. 1, 77-93, 2011.
- Suguio, K. Introdução à Sedimentologia. São Paulo, SP: Edgard Blücher Ltda. / EDUSP, 1973, 317p.
- Vital H., Silveira M., Amaro V.E. Carta sedimentológica da plataforma continental brasileira - área Guamaré a Macau (NE Brasil), utilizando integração de dados geológicos e sensoriamento remoto. Revista Brasileira de Geofísica, v. 23, n. 3, 233-241, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2005000300003>
- Ximenes Neto, A. R, Morais J. O, Ciarlini, C. Modern and relict sedimentary systems of the semi-arid continental shelf in NE Brazil. Journal of South American Earth Sciences, v. 84, 56–68, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.03.004>
- Ximenes Neto, A. R. Indicadores geológico-geomorfológicos de variação do nível relativo do mar em sistemas de natureza mista (siliciclástico-carbonático): costa do ceará, ne brasil. 2020. 330 f. Tese (Doutorado em 2020) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2020.