

Padrão deposicional misto siliciclástico-carbonático na interação praia-duna: o caso da Praia do Preá, CE (NE-Brasil)

Mixed siliciclastic-carbonate depositional pattern in the beach-dune interaction: Preá beach, CE (NE-Brazil)

Antonio Rodrigues Ximenes Neto^{ab}, Matheus Silveira Pinheiro^{ac}, Yan Gurgel Vasconcelos^{ad},
Melvin Moura Leisner^{ae}, Davis Pereira de Paula^{af}

^aUniversidade Estadual do Ceará/ProPGeo/LGCO

^bximenes.neto@uece.br, ^cmatheus_spinheiro@hotmail.com, ^dyangurgelv@gmail.com, ^emelvin.moura@outlook.com,
^fdavis.paula@uece.br

Resumo

A interação morfosedimentar no sistema praia-duna apresenta importante papel para o balanço sedimentar costeiro, no entanto, o fornecimento carbonático do ambiente marinho-raso para o ambiente litorâneo é pouco compreendido. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi analisar a sedimentação de siliciclásticos e de bioclásticos ao longo da superfície interposta do sistema praia-duna num trecho da Praia do Preá, porção Noroeste do Estado do Ceará. Para isto, foram realizadas coletas superficiais de sedimentos na zona de estirâncio e na superfície de deflação eólica. Em complemento, também foram analisados os sedimentos aprisionados em armadilhas de transporte eólico, permitindo compreender o fluxo de transporte eólico de areias marinhas para formação dos campos de dunas parabólicas. Os resultados da análise sedimentar indicam que os principais componentes siliciclásticos foram o quartzo e a mica, enquanto nos materiais de natureza carbonática, houve o predomínio de algas calcárias, moluscos e foraminíferos. Foi verificada uma nítida tendência de granodecrescência, com melhoria no selecionamento e queda percentual dos bioclastos da zona de praia para o sistema eólico, sendo que os principais vetores de transporte são orientados predominantemente entre NNE e E através da hidrodinâmica e aerodinâmica. O fluxo eólico é responsável pelo selecionamento diferencial dos componentes bioclásticos e siliciclásticos, em que as algas calcárias apresentam uma grande contribuição no transporte na fração de areia fina. Este tipo de bioclasto é predominante no sistema eólico, enquanto os moluscos e foraminíferos, principalmente os primeiros, se concentram no sistema praiar. A compreensão do selecionamento diferencial entre bioclastos versus siliciclásticos é fundamental para o entendimento da dinâmica morfosedimentar entre os ambientes praiar e dunares em sistemas de natureza mista siliciclástica-carbonática.

Palavras-Chave: Superfície de Deflação Eólica; Algas Calcárias; Transporte Sedimentar Eólico.

Abstract

Beach-dune morphosedimentary interaction plays an important role in the coastal sedimentary budget, however, the carbonate supply from the shallow sea to the coastal environment is poorly understood. The aim of this work along the beach-dune system in a stretch of Praia do Preá, in the Northwest portion of the State of Ceará was to analyze the siliciclastics and bioclastics sedimentation. For this, superficial sediment collections were carried out in the foreshore zone and on the deflation surface. In addition, sediments trapped in wind transport traps were also analyzed, making it possible to understand the flow of wind transport from marine sands to form parabolic dune fields. The results of the sedimentary analysis indicate that the main siliciclastic components were quartz and mica, while in the carbonate materials, there was a predominance of calcareous algae, mollusks and foraminifera. There was a clear trend of grain size decrease, well sorting and drop of bioclastics from the beach area to the dune system. The main hydrodynamics and aerodynamics transport vectors were predominantly oriented between NNE and E. The wind flow is responsible for the differential selection of the bioclastic and siliciclastic components, in which the calcareous algae present a great contribution in the transport of fine sand. This type of bioclastic is predominant in the dune system, while mollusks and foraminifera, especially the first ones, are concentrated in the beach system. The differential selection between bioclastics versus siliciclastics is fundamental for understanding the morphosedimentary dynamics between the beach and dune environments in mixed siliciclastic-carbonate systems.

Keywords: Aeolian Deflation Surface; Calcareous Algae. Aeolian Sediment Transport.

1. Introdução

O modelo de interação praia-duna desenvolvido por Hesp (2012) para ambientes de micromaré, tem sido largamente aplicado em outros ambientes (Bauer *et al.*, 2012; Darke *et al.*, 2016), como é o caso dos sistemas de praia-duna subordinados ao regime de mesomaré. O modelo proposto indica que o máximo fluxo de transporte de sedimentos eólicos depende das características geomorfológicas e da evolução morfodinâmica das praias.

Em síntese, Hesp (2012) considerou os estágios morfodinâmicos e os agentes hidrodinâmicos e aerodinâmicos em seu modelo. Nesse caso, nas praias dissipativas (baixo gradiente topográfico, praias largas e elevado suprimento sedimentar) se formam os maiores campos de dunas e há o máximo transporte eólico de areias. Nas praias reflectivas (alto gradiente topográfico, praias estreitas e inclinadas e um baixo transporte de sedimentos pelas ondas) há um incipiente desenvolvimento do sistema praia-duna, refletindo no baixo desenvolvimento do campo de dunas. Por fim, nas praias intermediárias, o fluxo é variável e depende das condições locais de vento, maré e ondas.

O estudo do sistema praia-duna é abordado em uma escala de análise incomum, pois trata-se de um sistema complexo com interações diversas, sujeitas a modificações que abrangem a escala de segundos a milênios, ou seja, um sistema de processo-resposta, que sofre influências diretas e indiretas das ações físico-naturais e antropogênicas (Walker *et al.*, 2017).

Na complexidade da compreensão dos mecanismos que regem os sistemas costeiros e marinhos, Short e Klein (2016) destacam que a maré tem papel tão importante como as ondas na distribuição dos sedimentos no sistema praia, especialmente em ambientes costeiros subordinados ao regime de mesomaré. A evolução recente das dunas reflete um controle de diferentes níveis e escalas, que vão desde a presença da cobertura vegetal, suprimento de sedimentos, regime dos ventos, dinâmica de ondas e marés, orientação da costa, aspectos hidroclimáticos e zona de arrebenção.

Sabatier *et al.* (2009) destacam que a morfologia da praia (berma, barras-calhas) e os níveis verticais de água atingidos durante eventos de tempestades são elementos importantes no suprimento sedimentar para o sistema de dunas. Este fornecimento sedimentar do sistema praial para o dunar ocorre basicamente em três ambientes sedimentares – siliciclástico, carbonático e/ou misto. De Falco *et al.* (2017) destacam que no caso das praias carbonáticas e mistas, a produção e o acúmulo de partículas carbonáticas nos ecossistemas costeiros *nearshore* contribui para o balanço sedimentar do sistema praia-duna, onde aproximadamente 28% de tudo que é transportado pelo sistema praia-duna são partículas carbonáticas. Já nas praias com predomínio de material siliciclástico, os principais componentes são comumente os grãos de quartzo e os minerais pesados (Nascimento Jr *et al.*, 2017; Vieira e Manso, 2017).

Pinheiro *et al.* (2016) enfatizaram que a costa do Estado do Ceará apresenta o predomínio de praias com estágio morfodinâmico modificado pela maré (48%) representados pelas ultradissipativas, terraço de baixa mar + reflectiva e terraço de baixa mar + barras e canais, além de praias com presença de substrato rochoso (38%).

As praias do Ceará apresentam grande contribuição da sedimentação siliciclástica, sendo que Morais *et al.* (2019a) apontam os rios, as dunas e a erosão de falésia como as principais fontes fornecedoras de material siliciclástico. No litoral do Ceará, algumas praias com predomínio de sedimentos siliciclásticos foram estudadas por Albuquerque *et al.* (2009) no caso da praia do Futuro, Paula *et al.* (2014) na praia do Icarai, Guerra *et al.* (2018) na praia de Parajuru, Brindeiro *et al.* (2018) na praia do Balbino. No caso das praias com abundância de sedimentos bioclásticos, podemos destacar os estudos desenvolvidos por Moura (2018) e Ximenes Neto *et al.* (2018) na praia da Ilha do Guajirú no Município de Itarema. Os autores identificaram um elevado percentual de bioclastos originados de grãos carbonáticos (CaCO₃), alcançando até valores superiores a 70%.

O objetivo deste trabalho foi analisar a relação bioclastos versus siliciclásticos no sistema praial e eólico da praia do Preá, CE (NE-Brasil), sendo que para evidenciar o *bypass* sedimentar entre a praia e as dunas foi comparado o padrão deposicional durante o transporte eólico através da pós-praia/superfície de deflação eólica, Figura 1. Destaca-se que a interação praia-duna a partir de ambientes de natureza mista (siliciclástica-carbonática) na costa semiárida brasileira é pouco compreendida.

1.1 Área de Estudo

A praia do Preá está localizada na costa noroeste do Ceará, no município de Cruz, a 245 km de distância da capital Fortaleza, o acesso rodoviário é realizado pela rodovia estadual CE-085. O litoral da vila do Preá se estende por aproximadamente 20 km em direção à praia de Jericoacoara (Figura 1).

As principais unidades geomorfológicas associadas à praia do Preá são dunas (fixadas, móveis, frontais e superfícies de deflação), lagoas interdunares, terraço marinho, planícies flúvio-marinha e lagunares, cordões litorâneos e tabuleiros pré-litorâneos (Santos *et al.* 2019). Além de afloramentos do embasamento cristalino entre o estirâncio e a antepraia.

A praia do Preá é caracterizada pelo estágio morfodinâmico terraço de baixa mar + reflectiva (Pinheiro *et al.*, 2016). Santos (2019) aponta que a velocidade média do vento nesta região é de 8 m/s e a direção predominante é variável pelo semestre, sendo que no primeiro semestre são provindos entre E-NE e E-SE e no segundo semestre são provindos de E-SE. Em relação ao clima de ondas, a autora analisando dados de ondas *offshore* a esta praia (40 m de profundidade) verificou uma altura média anual de 1,7 m, período médio anual de 7,5 s e direção da onda predominante variando semestralmente, sendo que no primeiro

semestre destaca as direções N-NE e E e no segundo

semestre as direções E.

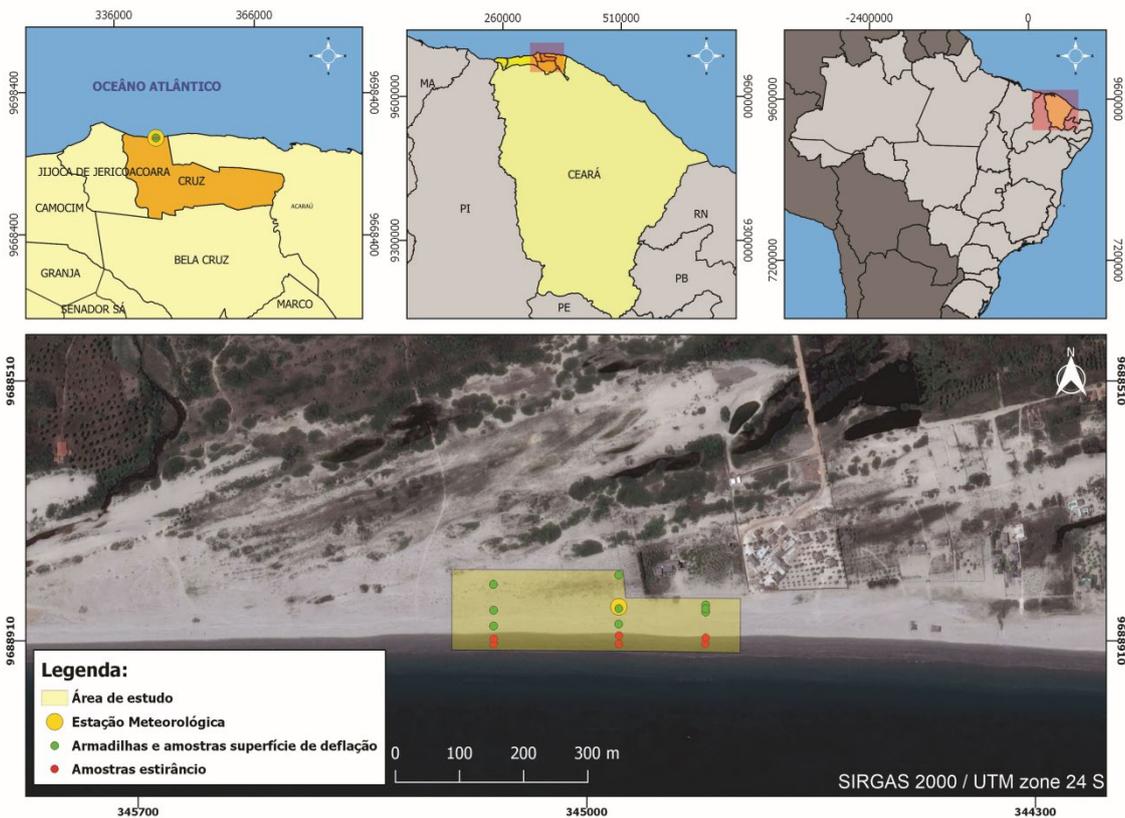


Figura 1: Mapa de Localização da praia do Preá e os respectivos pontos de coletas.

2. Materiais e Métodos

2.1. Coleta de Dados

As coletas em campo foram realizadas entre os meses de setembro e dezembro de 2019, a escolha destes meses se deve ao período do ano em que a intensidade do vento é maior (consequentemente maior *bypass* praia-dunas). A malha amostral foi organizada conforme os subambientes adjacentes a linha de costa, a partir disto foram escolhidos 6 pontos na região de estrâncio (3 próximo da berma e 3 próximos da baixamar) e 9 pontos da superfície de deflação eólica (setor acima da linha de preamar até a base dos campos de dunas parabólicas, destes, dois eram na transição estrâncio – pós-praia), (Figura 1). Nestes 15 pontos foram realizadas coletas sedimentares superficiais nos quatro meses analisados, totalizando 60 amostras.

No intuito de compreender o transpasse sedimentar via agente eólico foram instaladas 9 armadilhas sedimentares (adaptadas de Leatherman, 1978; Maia, 1998; Malta e Amaral, 2013; Rocha, 2017) nos mesmos pontos da coleta superficial na superfície de deflação. As armadilhas de PVC apresentavam 10 cm de diâmetro, 120 cm de comprimento, uma abertura frontal com 7 cm na horizontal e 50 cm na vertical e uma abertura traseira (revestida com uma malha de 0,063 mm) com 8 cm na horizontal e 100 cm na vertical. Elas eram inseridas em 20 cm no solo (até ficar no nível da superfície) de modo que a abertura frontal ficasse orientada conforme os ventos predominantes. Os

experimentos foram realizados durante os quatro campos, ocorrendo sempre durante o dia em um intervalo de 10 horas (iniciando-se às 07h00 e encerrando-se às 17h00). Destaca-se que o intuito foi apenas a coleta do sedimento transportado pelo vento para análise de sua composição.

Uma estação meteorológica da marca Nexus foi fixada durante o período referente à coleta dos sedimentos nas armadilhas. Esta estação era composta por termômetro, anemômetro, pluviômetro e higrômetro. Para complementar estas informações foi analisado o posto pluviométrico da localidade a partir dos dados disponibilizados pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

2.2. Análise dos Dados

Em laboratório, os dados sedimentares foram processados conforme metodologia para análise granulométrica sugerida por Suguio (1973) através do peneiramento mecânico, posteriormente os dados foram processados no *software* Sigran para se obter a frequência simples, mediana, curtose, assimetria e grau de seleção (estes parâmetros estatísticos são baseados em Folk e Ward, 1957). A composição dos grãos contidos nos sedimentos foi quantificada através do auxílio de uma lupa binocular. Desta forma, foram quantificados em uma placa de acrílico de 5x5 cm os tipos de grãos bioclastos e siliciclásticos por fração PHI (-2 a 4). Além disto, foi realizada uma compilação de dados referentes à altura e direção de ondas, velocidade

e direção dos ventos através do modelo *Wavewatch* III (plataforma *surf guru*) e os dados de maré obtidos através da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). Estas informações são referentes aos meses de setembro a dezembro de 2019.

3. Resultados

3.1. Aspectos Meteo-oceanográficos

Na estação meteorológica instalada em campo observou-se que a temperatura média foi de $\sim 31,05^{\circ}\text{C}$, com umidade do ar variando de $\sim 20\%$ a 70% (durante os experimentos). De acordo com os registros pluviométricos da FUNCEME, para o período dos experimentos o total de chuvas foi de $0,0\text{ mm}$.

Com relação ao comportamento dos ventos registrado

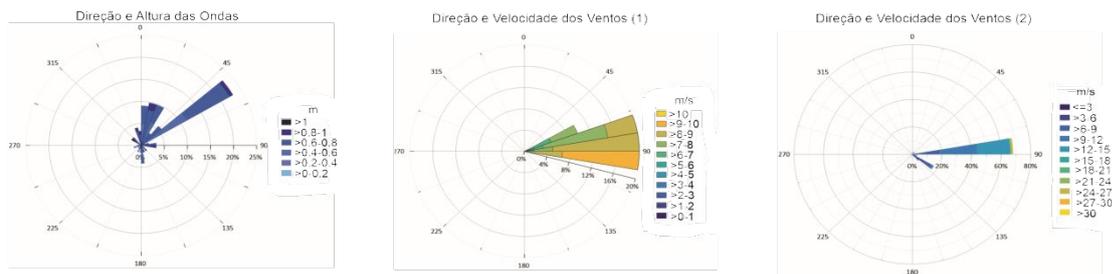


Figura 2: Gráficos de Direção x Altura de Ondas (*wavewatch* III) e Direção x Velocidade dos Ventos (1 e 2). Sendo que o 1 se refere aos dados contínuos mensais (setembro a dezembro) do modelo *wavewatch* III e o 2 se refere aos dados obtidos em campo durante os monitoramentos ($\sim 10\text{h/campo}$). Notar associação entre as direções predominantes do vento e a orientação da migração das dunas parabólicas (para W-SW) na ortofoto (SEMACE).

Analisando a relação altura versus direção das ondas foi verificada a predominância no período estudado dos vetores NE e N-NE, em relação às alturas das ondas foi verificada uma média de $0,65\text{ m}$ (Figura 2). Com relação à maré, destaca-se que a amplitude máxima observada foi de $3,2\text{ m}$ durante preamar de sizígia. Na Figura 2 é possível verificar a orientação de migração dos campos de dunas parabólicas para W-SW.

3.2. Granulometria e Parâmetros Estatísticos

Os ambientes estudados foram o praia e o eólico. Ressalta-se que neste foi analisado a sua superfície de deflação e a carga sedimentar que é transportada pelos ventos.

3.2.1 Sistema Praia

O sistema praia foi setorizado em dois subambientes – estrâncio superior e inferior. Nestes foi evidenciado o predomínio de frações grossas (areia grossa a cascalho)

em campo, foi constatado que a velocidade média foi de $9,37\text{ m/s}$, com valores mínimos registrados no mês de dezembro/2020 ($7,46\text{ m/s}$) e máximos no mês de outubro/2020 ($11,17\text{ m/s}$). A direção predominante dos ventos foi E, secundariamente SE (Figura 2).

Já com relação aos dados de vento do modelo *wavewatch* III (período contínuo nos meses de setembro a dezembro) foi evidenciado a predominância dos ventos provindos do quadrante E (principalmente E-NE e E), onde as velocidades predominantes foram entre $7\text{--}9\text{ m/s}$ (Figura 2). Ressalta-se que a maior diversidade de orientação/velocidade dos ventos no modelo *wavewatch* do que na estação de campo ocorreu devido à maior série contínua de dados (diário).

com média de $61,4\%$. A curtose foi predominantemente muito platicúrtica/platicúrtica ($54,1\%$) e muito leptocúrtica ($29,2\%$). Na assimetria houve uma predominância de muito positiva a positiva ($54,2\%$). O grau de seleção apresentou predomínio de pobremente selecionado ($62,5\%$) (Figura 3).

3.2.2 Superfície de Deflação Eólica

O subambiente logo acima da linha de preamar de sizígia até o início do desenvolvimento de grandes campos de dunas foi nomeado de Superfície de Deflação Eólica. Nele é verificada a relativa equivalência entre finos (areia média a muito fina) e grossos com $51,1\%$ e $48,9\%$, respectivamente. A fração areia grossa ($35,9\%$) foi a mais abundante. A curtose foi eminentemente platicúrtica ($58,3\%$). A assimetria foi predominantemente positiva a muito positiva ($80,5\%$). Já o grau de seleção variou de moderadamente a pobremente selecionado (50% cada) (Figura 3).

3.2.3 Transporte Eólico

Em relação à carga sedimentar eólica (entre o solo até 50 cm acima) transportada entre a praia e os campos de dunas foi verificada a predominância de areia fina a média (75,8%). As amostras apresentaram um nítido

padrão em relação à curtose, assimetria e seleção, sendo representados respectivamente por muito platocúrtica (100%), aproximadamente simétrica (100%) e moderadamente selecionada (87,8%) (Figura 3).

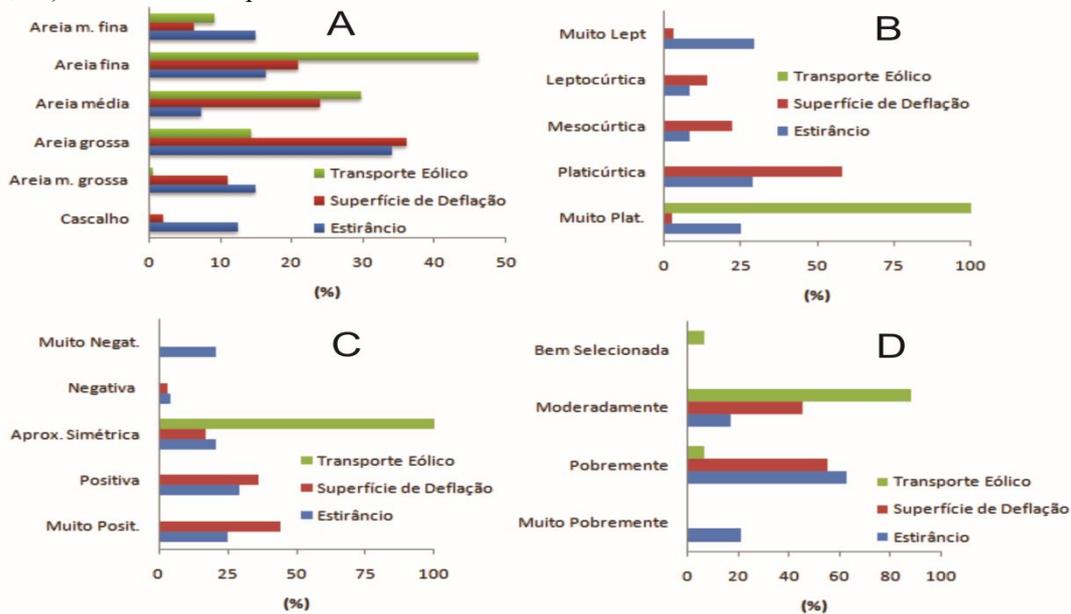


Figura 3: Padrão Granulométrico (A), Curtose (B), Assimetria (C) e Selecionamento (D) do sistema praia-duna.

3.3. Composição Sedimentar

Dois grupos de sedimentos foram identificados – os siliciclásticos e os carbonáticos. O primeiro é associado principalmente aos grãos de quartzo e mica. Já o segundo é associado aos moluscos (gastropodes e bivalves), algas calcárias vermelhas (geniculadas e não-geniculadas) e foraminíferos. Os componentes de origem siliciclásticos são predominantes (70,7%) tanto no sistema praial como no eólico. No entanto, a proporção bioclastos versus siliciclásticos é variável por ambiente. Desta forma, evidencia-se que no sistema praial os componentes de origem bioclásticos têm maior presença do que no eólico. No estirância superior é evidenciado as maiores porcentagens de bioclastos – 35,3%, seguido pelo estirância inferior – 32,6%. No sistema eólico, a superfície de deflação apresenta 25,7% de bioclastos e as armadilhas 23,1% de bioclastos (Figura 4).

Ressalta-se que por fração granulométrica a relação siliciclástico versus bioclástico apresenta mais diversidade, sendo que no estirância inferior a fração areia média apresenta mais bioclastos (80,4%), no estirância superior as frações cascalho e areia média apresentam mais bioclastos (54,5% e 51,6%, respectivamente), além da fração areia muito grossa que apresenta equivalência entre siliciclásticos e bioclásticos. Em relação às frações granulométricas no sistema eólico, apenas nas armadilhas eólicas, foi possível identificar a predominância de uma fração de bioclastos, o que ocorreu em areia fina (64%) (Figura 4). Destaca-se que no sistema praial toda a diversidade

de bioclastos e os siliciclásticos estavam presentes. No entanto, no sistema eólico houve um decréscimo de tipos de grãos, com destaque para a presença dos grãos de quartzo (siliciclástico) e as algas calcárias (bioclastos).

4. Discussão

Destaca-se a granodecrescência, melhor selecionamento e queda da presença de bioclastos entre o sistema praial e o sistema eólico ativo. Evidencia-se que a superfície de deflação eólica, principalmente, no setor proximal ao estirância apresenta características mescladas entre o transporte eólico e a hidrodinâmica, pois este setor pode receber influência de processos de *overwash* durante eventos de alta energia. Ressalta-se que os principais vetores de *bypass* eólico são paralelos (~E) e oblíquos (~E-NE) a linha de costa, já em relação ao *bypass* hidrodinâmico se destacam os vetores perpendiculares a oblíquos (N a NE) a linha de costa. Desta forma, ressalta-se a importância dos agentes hidrodinâmicos (ondas e marés) e aerodinâmicos na redistribuição sedimentar. Sendo assim, evidencia-se a importância do transporte eólico e de processos de *overwash* para a formação de um nítido sistema deposicional misto siliciclástico-carbonático.

Flemming (2017) destaca o importante papel desempenhado pelo grau de seleção, em que à medida que o selecionamento melhora há um atraso progressivamente crescente do componente bioclástico em relação ao componente siliciclástico. Sendo que, as frações bioclásticas se movem mais próximas do leito (solo) do que os siliciclásticos devido ao maior arrasto

experimentado pelas partículas com baixo fator de forma, como consequência, o desenvolvimento na fase de leito de sedimentos bioclásticos se afasta

significativamente daquele dos sedimentos siliciclásticos.

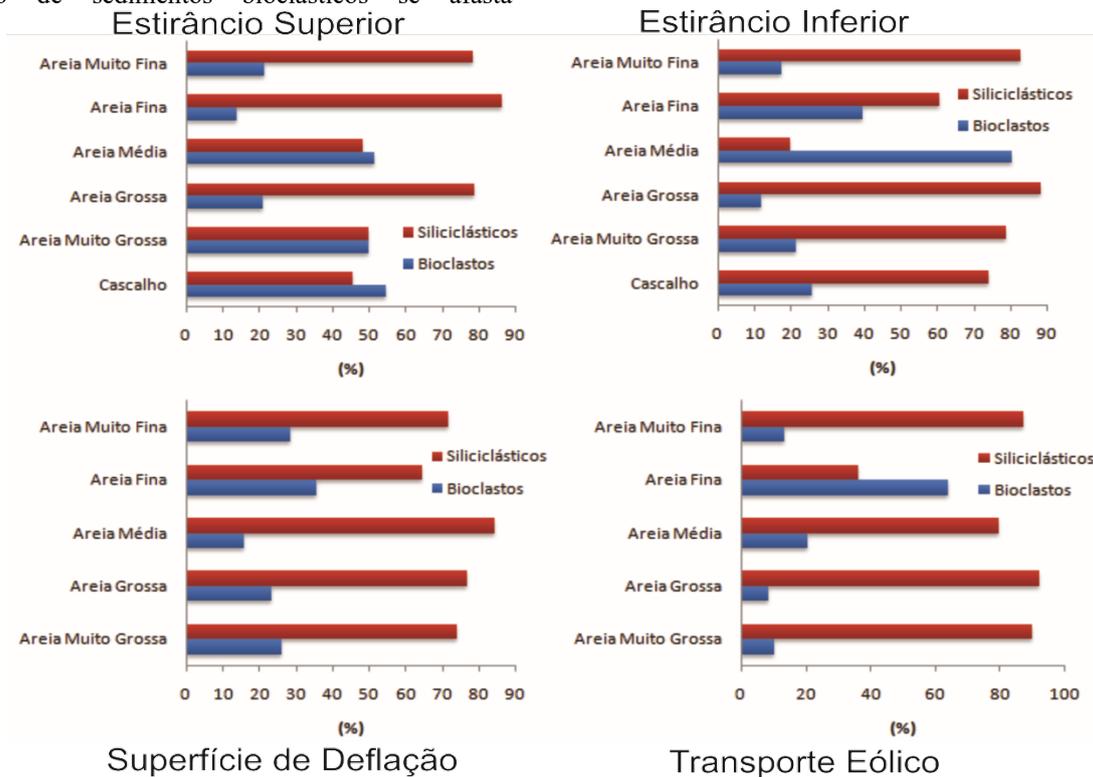


Figura 4: Relação Bioclastos versus Siliciclásticos entre os ambientes e por fração granulométrica.

Na praia do Preá a maior presença na fração areia fina das armadilhas eólicas dos grãos bioclastos (predominantemente algas calcárias) em relação ao quartzo se deve à baixa densidade do material carbonático em relação ao siliciclástico, o que favorece dependendo da intensidade do vento acúmulos diferenciados de tipos de sedimentos no sistema eólico. Evidencia-se que o agente eólico apresenta um importante papel através do transporte em suspensão e carga de fundo no retrabalhamento de bioclastos em direção ao continente. Este processo de seleção composicional pelo agente eólico de siliciclásticos e bioclásticos é importante, pois contribui para a compreensão da formação de campos de eolianitos. [Carvalho et al. \(2008\)](#) destaca a ocorrência de eolianitos em todo litoral setentrional do Nordeste, sendo bastante comuns entre Pecém e Acaraú.

Destaca-se que os componentes bioclásticos identificados no Preá apresentam similaridades com os identificados por [Ximenes Neto et al. \(2018\)](#) na planície costeira de Itarema. Neste trabalho, os autores observaram que as fácies sedimentares da plataforma rasa adjacente (<10 m) apresenta as mesmas classes de bioclastos identificados na costa, alterando apenas as proporções bioclastos versus siliciclásticos. Desta forma, acredita-se que a fonte dos bioclastos para o sistema praia-duna no Preá é a plataforma rasa adjacente, pois [Morais et al. \(2019b\)](#) aponta a presença de sedimentação mista para esta plataforma rasa.

Destaca-se que a compreensão desta produção carbonática no setor submerso raso é importante para entender o balanço sedimentar da praia, pois estes sedimentos são fornecidos pela parte *offshore*. Na baía de San Giovanni no Mediterrâneo a produção carbonática é de 132.000/307.000 t/século, sendo que 28% deste valor são transportados para o sistema praia-duna, aonde a taxa deposicional moderna de bioclastos na praia-duna é de 46.000±5.000 t/século, o que representa ~1,2% da massa sedimentar do sistema praia-duna ([De Falco et al., 2017](#)). Desta forma, evidencia-se a importância de compreender a taxa de produção carbonática no setor marinho raso e o quanto é transportado para o sistema praia-duna. Na plataforma rasa do Ceará, destacam-se os trabalhos de [Carneiro e Morais \(2016\)](#) e [Lima \(2019\)](#) que quantificaram produção carbonática a partir de taxas de crescimento de algas calcárias (773.500 t/ano e 99,36 ± 3,45 g.m-2/ano, respectivamente). No entanto, ainda não se compreende a questão do transporte *offshore-onshore*.

5. Conclusão

O sistema praia-duna do Preá (NE-Brasil) apresenta características deposicionais típicas de sistemas misto siliciclástico-carbonático, aonde os vetores hidrodinâmicos e aerodinâmicos atuam na dispersão-retrabalhamento de componentes bioclásticos e siliciclásticos. O *bypass* praia-duna propicia um seleção diferenciado, tanto no tamanho como na composição, fazendo com que os ambientes próximos

da linha de costa sejam mais ricos em carbonáticos e apresente grãos maiores do que o sistema eólico. Destaca-se que as algas calcárias são os principais componentes bioclásticos que entram no sistema eólico para formar dunas. O fornecimento de sedimentos bioclásticos para a planície costeira é associada ao ambiente marinho raso, no entanto, ainda não se conhece a taxa moderna de contribuição carbonática versus transporte plataforma - costa.

6. Referências

- Albuquerque M.G., Calliari L.J., Corrêa I.C.S., Pinheiro L.S. 2009. Morphodynamic of Futuro Beach, Fortaleza-CE: a synthesis of two years of study. *Quaternary and Environmental Geosciences* 49-57.
- Bauer B.O., Davidson-Arnott R.G.D., Walker I.J., Hesp P.A., Ollerhead, J. 2012. Wind direction and complex sediment transport response across a beach-dune system. *Earth, Surf, Process and Landforms* 37: 1661–1677.
- Brindeiro F.O.S. 2018. Erosão costeira e variabilidade da linha de costa da Praia do Balbino, Cascavel – Ceará. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Estadual do Ceará. 120p.
- Carneiro P.B.M., Morais J.O. 2016. Carbonate sediment production in the equatorial continental shelf of South America: quantifying Halimeda incrassata (Chlorophyta) contributions. *J. S. Am. Earth Sci.* 72: 1-9.
- Carvalho A.M., Claudino-Sales V., Maia L.P., Castro J.W.A. 2008. Eolianitos de Flecheiras/Mundaú, Costa Noroeste do Estado do Ceará, Brasil - Registro ímpar de um paleo-sistema eólico costeiro. In: Winge M., Schobbenhaus C., Souza C.R.G., Fernandes A.C.S., Berbert-Born M., Queiroz E.T. (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*, 1-12.
- Darke I.B., Walker I.J., Hesp P.A. 2016. Beach-dune sediment budgets and dune morphodynamics following coastal dune restoration, Wickaninish Dunes, Canada. *Earth, Surf, Process and Landforms*. 41:1370–1385.
- De Falco G., Molianoroli E., Conforti A., Simeone S., Tonielli R. 2017. Biogenic sediments from coastal ecosystems to beach-dune systems: implications for the adaptation of mixed and carbonate beaches to future sea level rise. *Biogeosciences*. 14:3191–3205.
- Flemming B.W. 2017. Particle shape-controlled sorting and transport behaviour of mixed siliciclastic/bioclastic sediments in a mesotidal lagoon, South Africa. *Geo-Marine Letters*. 37:397–410.
- Folk R.L., Ward W.C. 1957. Brazas River bar: a study in the significance of grain size parameters. *J. Sediment. Petrol.* 27:3-26.
- Guerra R.G.P. 2018. Erosão de praia associada à evolução de esporão arenoso em Parajuru, Beberibe, Ceará. Tese de Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais - Universidade Federal do Ceará. 210p.
- Hesp P.A. 2012. Surfzone-beach-dune interactions. *Jubilee Conference Proceedings, NCK-Days*, 35-40.
- Leatherman S.P. 1978. A new aeolian sand trap design. *Sedimentology*, 25: 303-306.
- Lima J.P. 2019. Taxa de crescimento e produção de CaCO₃ de rodolitos na costa semiárida brasileira. Dissertação de mestrado em ciências marinhas e tropicais. Instituto de Ciências do Mar, UFC. 35p.
- Maia L.P. 1998. Proceso costeros y balance sedimentario a lo largo de fortaleza (ne-brasil): implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral. Tese de doutorado. Universidade de Barcelona. 269p.
- Malta J.V., Amaral R.F. 2013. Sediment Flow Experiment in a segment of Jenipabú Coastal Dunes, East Coast of Rio Grande do Norte, Brazil. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*. 13:61-78.
- Morais J.O., Pinheiro L.S., Pessoa P.R.S., Freire G.S., Carvalho A. M., Guerra R.G.P., Barros, E. L., Moura, F. J. M. 2019a. Ceará. Panorama da Erosão Costeira no Brasil. 1:261-288.
- Morais J.O., Ximenes Neto A.R., Pessoa P.R.S., Pinheiro L.S., 2019b. Northeast Brazil. *Geo-Marine Letters*, 40, 835-842. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00367-019-00587-x>. Acessado em 20 de Março de 2020.
- Moura F.J.M. 2018. Dinâmica de Barreiras Costeiras na Costa Semiárida Brasileira: O Caso do Litoral de Acaraú e Itarema – Ceará. Tese de Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais - Universidade Federal do Ceará. 266p.
- Nascimento Júnior D.R., Tossi L.N.C., Oliveira V.F., Lucena B.B. 2017. Morphodynamics, transport and provenance of the recent beach-foredune system between Itarema and Camocim, West Coast of Ceará State (Brazil). *Quaternary and Environmental Geosciences*. 08:24-45.
- Pinheiro L.S., Morais J.O., Maia L.P. 2016. The Beaches of Ceará. In: Short A.D., Klein A.H.F. (2016). *Brazilian Beach Systems*. Springer, 175-199.
- Paula D.P., Farrapeira Neto C.A., Souza M.A.L., Dias J.M.A. 2014. Alterações morfológicas na praia do Icarai (Caucaia, Ceará) após a construção de um dissipador de energia para controle da erosão costeira. *Revista Geonorte*. 10:12-16.
- Rocha M.N. 2017. Dinâmica dos depósitos eólicos de bypass na planície costeira de Paracuru, Brasil: subsídio para ações de contenção e manejo. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Estadual do Ceará. 147p.
- Sabatier F., Anthony E.J., Héquette A., Suanes S., Musereau J., Ruz M.H., Regnaud H. 2009. Morphodynamics of beach/dune systems: examples from the coast of France. *Géomorphologie: relief, processus, environnement*. 15:3-22.
- Santos A.B. 2019. Variabilidade morfosedimentar anual da praia do Preá, Cruz - Ceará. Monografia de Graduação em Geografia. Universidade Estadual do Ceará. 97p.
- Short A.D., Klein A.H.F. 2016. *Brazilian Beach Systems*. 624p.
- Suguio K. 1973. Introdução à sedimentologia. 317p.
- Vieira L.R.S., Manso C.L.C. 2017. Textural and compositional variations in beach sands along south Alagoas coast, Brazil. *Journal of Integrated Coastal Zone Management* 17: 139-149.
- Walker I.J., Davidson-Arnott R.G.D., Bauer B.O., Hesp P.A., Delgado-Fernandez I., Ollerhead J., Smyth T.A.G. 2017. Scale-dependent perspectives on the geomorphology and evolution of beach dune systems. *Earth-Science Reviews*. 171:220–253.
- Ximenes Neto A.R., Morais J.O., Pessoa P.R.S., Pinheiro L.S. 2018. Interação Sedimentar Plataforma Interna-Costa em um Sistema Depositional Misto Carbonático-Siliciclástico, Costa Oeste do Ceará. *Anais do I Simpósio Brasileiro de Geologia e Geofísica Marinha*, 125-126.

Recebido 28 de abril de 2020
Aceito 02 de março de 2021