

DINÂMICA MORFOSEDIMENTAR DA PRAIA DO BALBINO - CASCAVEL/CEARÁ, BRASIL

Morphossedimentary Dynamics of Balbino Beach - Cascavel/Ceará, Brazil

Francisco Oricélio da Silva Brindeiro*
Jader Onofre de Moraes**

***Universidade Estadual do Ceará – UECE / Fortaleza, Ceará**
oriceliobrindeiro@gmail.com

****Universidade Estadual do Ceará – UECE / Fortaleza, Ceará**
jaderonofre@gmail.com

RESUMO

As praias são sistemas ambientais altamente dinâmicos e ao mesmo tempo sensíveis que sofrem transformações em várias escalas espaciais e temporais por fatores relacionados a dinâmica natural e outros relacionados a intervenções antrópicas na zona costeira. Na praia do Balbino, localizada no município de Cascavel, no litoral leste do Estado do Ceará, a erosão costeira se intensificou nos últimos anos, reduzindo a faixa de praia, destruindo barracas e outras estruturas costeiras, gerando prejuízos sociais e ambientais. Este trabalho teve como objetivo caracterizar os processos erosivos e deposicionais na área. Foram realizados perfis topográficos bimestrais no período de setembro/2016 a setembro/2017; coleta de sedimentos nos setores de pós-praia, estirâncio e antepraia e aquisição de dados hidrodinâmicos. Em laboratório foi realizada a análise granulométrica dos sedimentos. A atuação mais intensa dos ventos nos meses de setembro/2016 e setembro/2017, contribuíram para os registros mais altos de altura significativa, energia e velocidade do grupo de ondas, além dos maiores volumes de sedimentos transportados. Os perfis P1, P3 e P4 apresentaram um balanço sedimentar negativo, nos demais perfis (P2, P5, P6 E P7) o balanço foi positivo. As características sedimentares indicam uma praia composta predominantemente por areia média, de moderada a bem selecionada, mesocúrticas e aproximadamente simétricas. A erosão costeira verificada na área é relacionada a dinâmica costeira, principalmente aos períodos de ventos mais intensos e marés de maior amplitude, o impacto é mais significativo onde há presença de ocupações em setores de transpasse sedimentar como na faixa de praia e dunas frontais.

Palavras-chave: Erosão costeira. Linha de costa. Dinâmica litorânea.

ABSTRACT

The beaches are highly dynamic and sensitive environmental systems that undergo transformations at various spatial and temporal scales due to factors related to natural dynamics and others related to anthropic interventions in the coastal zone. On the Balbino beach, located in the municipality of Cascavel, on the east coast of the State of Ceará, coastal erosion has intensified in recent years, reducing the beach strip, destroying tents and other coastal structures, generating social and environmental damage. This work aimed to characterize the erosive and depositional processes in the area. Bimonthly topographic profiles were carried out from September / 2016 to September / 2017; sediment collection in the post-beach, styanium and pre-shore sectors and acquisition of hydrodynamic data. In the laboratory, the granulometric analysis of the sediments. The more intense performance of the winds in the months of September / 2016 and September / 2017, contributed to the higher records of significant height, energy and speed of the wave group, in addition to the greater volumes of sediments transported. The profiles P1, P3 and P4 showed a negative sedimentary balance, in the other profiles (P2, P5, P6 AND P7) the balance was positive. The sedimentary characteristics indicate a beach composed predominantly of medium sand, from moderate to well selected, mesocurtic and approximately symmetrical. The coastal erosion observed in the area is related to coastal dynamics, mainly to periods of more intense winds and tides of greater amplitude, the impact is more significant where there are occupations in sectors of sedimentary crossing as in the strip of beach and frontal dunes.

Keywords: Coastal erosion. Coastline. Coastal dynamics.

1. INTRODUÇÃO

As zonas costeiras se caracterizam por intensas interações de matéria e energia, onde a convergência de processos continentais, atmosféricos e marinhos, resultam na formação de ambientes altamente dinâmicos e que apresentam condições de equilíbrio muito sensíveis as formas de uso e ocupação antrópica (GRUBER; BARBOZA; NICOLODI, 2003; MUEHE, 2013). Atualmente a ocupação demográfica das áreas costeiras é superior a 60% da população mundial, fator que contribui para contínua degradação e destruição de seus ecossistemas (PACHECO, 2015).

No Brasil a maior parte das grandes metrópoles estão localizadas no litoral, reflexo da colonização iniciada no século XVI, onde nas regiões litorâneas se desenvolveram as primeiras vilas e que hoje constituem as principais cidades (MORAES, 2007). De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2010), aproximadamente 25% da população se concentram em municípios litorâneos, sendo a maior parte nas regiões metropolitanas.

A Zona Costeira do Estado do Ceará possui aproximadamente 573 km de extensão. As evoluções geológicas e paleoclimáticas caracterizadas por variações do nível do mar moldaram a atual paisagem da costa cearense, que produziu uma variedade de ambientes: campos de dunas, plataformas continentais internas, falésias, faixas de praia, dentre outros (MORAIS; FREIRE; PINHEIRO; SOUZA; CARVALHO; PESSOA; OLIVEIRA, 2006; CLAUDINO-SALES; PEULVAST, 2006). O valor dos recursos naturais e a beleza cênica das paisagens contribuíram para sua valorização e consequente ocupação.

No litoral do Estado do Ceará, as intervenções antrópicas foram intensificadas com o progressivo aumento de atividades econômicas que impulsionaram a urbanização de áreas que eram praticamente desabitadas. A falta de planejamento adequado sem a devida compreensão dos processos físicos modeladores acarretou inúmeros impactos, dentre eles, a erosão costeira, com o consequente recuo da linha de costa.

A erosão é consequência da remoção de material sedimentar e em praias arenosas é resultado da dinâmica natural de vários fatores físicos como as variações do nível do mar, energia das ondas e a disponibilidade e tipo de sedimentos (TOLDO JR; ALMEIDA; NICOLODI; MARTINS JR, 2005). A intensificação desse processo, principalmente em áreas urbanizadas, está diretamente ligada a intervenções antrópicas nos processos costeiros (MUEHE, 2006).

Atualmente, o deslocamento da linha de costa em virtude das intervenções antrópicas é um fenômeno que atinge praias do mundo todo (VAN RIJN, 2011). No Estado do Ceará o recuo da linha de costa pela existência de processos erosivos avançou devido as inúmeras intervenções que a zona costeira recebeu, principalmente para atender à crescente demanda turística e econômica (FARIAS; MAIA, 2010; MEDEIROS; PANTALENA; MIOLA; LIMA; SOARES, 2014; PAULA, 2015).

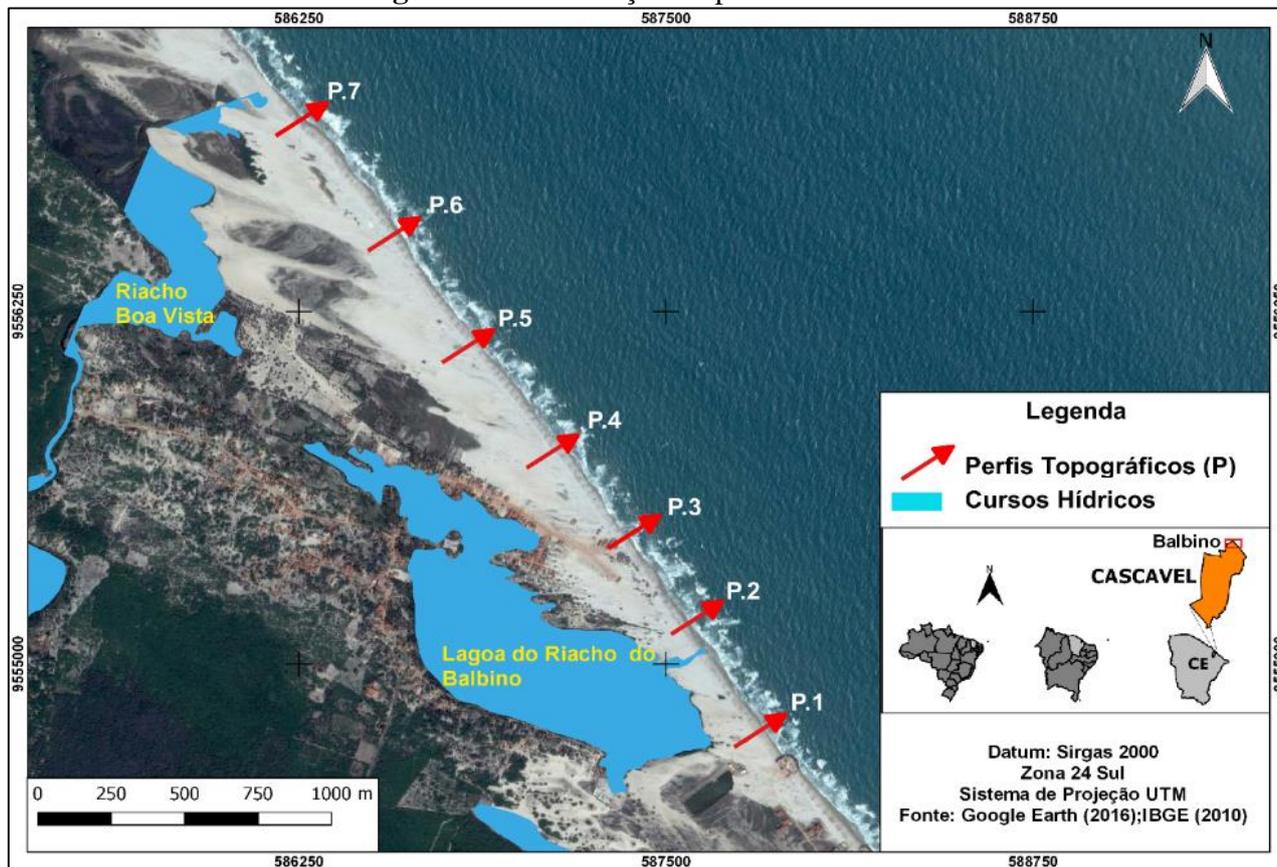
No município de Cascavel, localizado na Região Metropolitana de Fortaleza, no litoral leste cearense, o avanço dos processos erosivos nas praias de Caponga e Águas Belas danificaram diversas estruturas instaladas na orla do município como calçadas, vias de acesso, casas de veraneio e barracas de praia, além de trazer prejuízos econômicos para setores como o turismo, a pesca, o artesanato e o comércio (PINHEIRO, 2000; PINHEIRO; MORAIS; MEDEIROS, 2001; PINHEIRO; MEDEIROS; MORAIS, 2006; MEIRELES, 2008, ROCHA, 2008; LIMA, 2012).

Nos últimos anos a erosão costeira verificada passou a ser registrada em outras praias deste município, como na praia do Balbino, onde parte das barracas e residências dos moradores locais já foram destruídas. O presente estudo tem o intuito de entender os agentes costeiros que contribuem para a erosão verificada na área.

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A praia do Balbino localiza-se no município de Cascavel, no litoral leste da Região Metropolitana de Fortaleza, a 60 km da capital, no Estado do Ceará, Brasil. Esta praia possui aproximadamente 3 km de linha de costa e se encontra numa Área de Preservação Ambiental – APA (Figura 1).

Figura 1 – Localização da praia do Balbino



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Após a linha de preamar, observa-se uma seqüência de dunas frontais, formando cordões alongados. Mais a retaguarda encontra-se dunas fixas e semifixas colonizadas por uma vegetação arbórea-arbustiva. Na zona de estirâncio encontra-se um depósito de paleomangue, que de acordo com Meireles (2012), é um importante geoindicador de flutuação da linha de costa quando o nível do mar subiu há cerca de 3.600 anos assoreando depósitos de mangue situados em porções mais externas de desembocaduras fluviais desta região.

Assim como a maioria das praias do Ceará, a praia do Balbino é modificada por maré, apresentando uma característica morfodinâmica refletiva na maré alta, e com a presença de barras e correntes na maré baixa (PINHEIRO; MORAIS; MAIA, 2016).

Em relação a plataforma continental adjacente a Cascavel, Moura (2014) correlacionou dados batimétricos com dados sedimentológicos, e apontou o predomínio de material siliciclástico em setores próximos ao continente e de material bioclásticos nas proximidades da plataforma externa.

O clima da região é classificado como tropical quente semi-árido brando com uma média pluviométrica anual de 1337,3 (mm). A temperatura média é no entorno de 26° a 28° (°C), com um período chuvoso de janeiro a maio (FUNCEME, 2015). Esses tipos climáticos, com localização litorânea, recebem influências tanto das massas de ar advindas do oceano atlântico, como dos ventos alísios de leste e nordeste e das brisas marítimas e continentais, além da importante influência da

Zona de Convergência Intertropical-ZCIT, responsável pelos períodos secos e chuvosos (ZANELA, 2005).

O regime de maré é classificado como mesomaré (2-4m) de acordo com a classificação estabelecida por Davies (1964). Morais (1981) e Maia (1998) apontaram para o município de Fortaleza uma amplitude máxima 3,3 m. As ondas são 80% classificadas como *sea* com períodos situados entre 1 e 9s e 20% são do tipo *swell* com períodos superiores a 10s (CARVALHO; MAIA; DOMINGUEZ, 2007).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Levantamento topográfico e coleta de sedimentos superficiais

Para o entendimento dos processos erosivos, deposicionais e da variação da linha de costa, este trabalho contou primeiramente com trabalhos de campo bimestrais (entre setembro de 2016 e setembro de 2017), através da realização de perfis topográficos com sentido perpendicular a linha de costa, sempre na baixa mar, para visualizar o máximo de transformações sofridas na morfologia praial, obedecendo ao método da estadia (BIRKMEIER, 1981). Os equipamentos utilizados foram uma estação total modelo *topocon* e um prisma, contemplando os setores de pós-praia, estirâncio e antepraia.

Um total de sete perfis foram traçados (P1,P2,P3,P4,P5,P6 e P7), a distância de um perfil para outro foi de aproximadamente 500 m. As cotas iniciais de cada perfil foram estabelecidas nas proximidades de estruturas rígidas como árvores, cercas e residências. Os perfis foram referenciados ao zero hidrográfico (ZH) da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha – DHN. Estes dados topográficos foram posteriormente plotados em uma planilha que permitiu a geração de gráficos, medidas de largura da faixa de praia e volume transversal, este último é fundamental para determinar se um setor da praia sofre erosão ou deposição.

Em cada trabalho de campo foi realizada uma coleta de sedimentos superficiais (até 5 cm) nos três setores (pós-praia, estirâncio e antepraia), totalizando 147 amostras.

3.2. Aquisição de dados oceanográficos

Os dados relacionados a hidrodinâmica da praia do Balbino referentes a altura significativa, período e direção de ondas e direção e intensidade dos ventos foram adquiridos na plataforma de dados no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos-CPTEC que é vinculado ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE e estão baseados no modelo *wavewatch III* (versão 3.14) que foi desenvolvido pela *Marine Modeling and Analysis Branch* (MMAB) da *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP).

3.3. Análises de Laboratório e integração dos dados

Após coletadas, as amostras sedimentares foram levadas ao Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica-LGCO da Universidade Estadual do Ceará – UECE onde foram realizadas análises granulométricas. Depois desta etapa, os dados foram inseridos no Sistema de Análise Granulométrica – SAG, com o auxílio deste software foram obtidos parâmetros estatísticos referentes ao diâmetro médio, grau de seleção, curtose e assimetria, segundo as equações de Folk e Ward (1957). A granulometria é um ferramenta importante para caracterizar os ambientes de sedimentação, podendo determinar a origem do material e o tipo de transporte. Em relação ao ambiente praial (BASCON, 1951 apud OLIVEIRA; SILVA; BARRETO; VALENÇA; MANSO, 2013), aponta que o tamanho do grão influencia na declividade da praia, quanto menor o grão, menor é a declividade.

Os dados relacionados a altura, período e direção das ondas adquiridos através do modelo *wavewatch III* (versão 3.14), foram utilizados para determinar os seguintes parâmetros que serão apresentados a seguir com as suas respectivas fórmulas.

A **velocidade da corrente longitudinal**, medida a uma distância média entre a zona de arrebentação e a praia, é função da altura e obliquidade de incidência das ondas na zona de arrebentação, sendo expressa, segundo (Longuet – Higgins, 1970 *apud* Muehe, 1996) através da fórmula (1):

$$\overline{V}_1 = 1,19 (gH_b)^{0,5} \text{ sen}\alpha_b \text{ cos}\alpha_b \quad (1)$$

Onde **g** é a aceleração da gravidade (9,81m/s²), **H_b** é a altura da onda na zona de arrebentação e **α_b** é o ângulo de incidência das ondas.

A estimativa do volume de sedimentos transportado é obtida conhecendo inicialmente a energia de ondas (E) e a celeridade (C). A equação (2) é utilizada para obter a **energia de ondas**:

$$E = 1/8 (p g H_b^2) \quad (2)$$

Onde **p** corresponde a densidade da água do mar (1032 kg/m³).

A **celeridade é a velocidade do trem de ondas (C_n)**, Muehe (1996) aponta a equação (3) para obter o seu valor:

$$C_n: \sqrt{g(2H_b)} \quad (3)$$

Dessa maneira, o **volume de sedimentos transportados (Q_s)** pode ser obtido através da equação (4) (KOMAR, 1983 *apud* MUEHE, 1996):

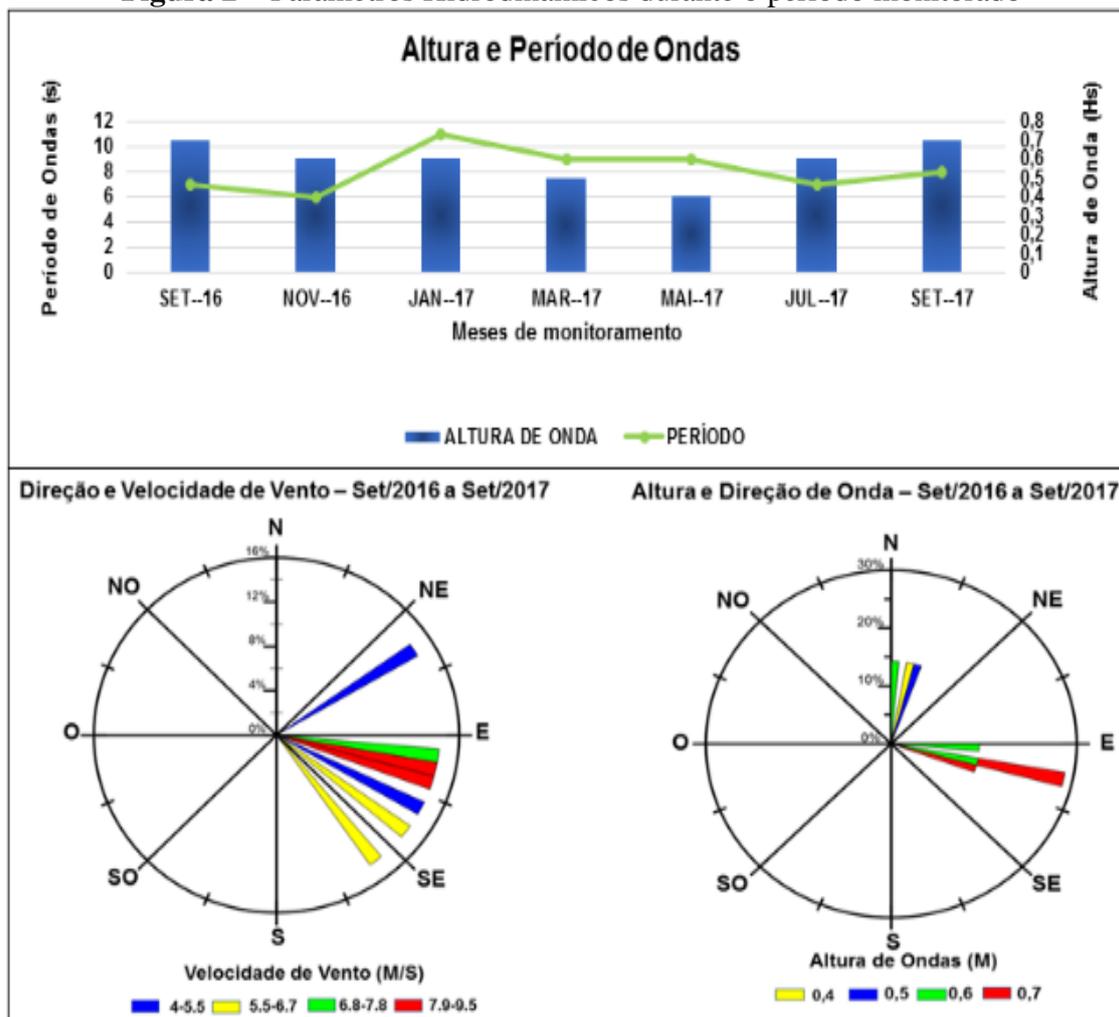
$$Q_s = 3,4 (E C_n)_b \text{ sen}\alpha_b \text{ cos}\alpha_b \quad (4)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas praias arenosas, a ação hidrodinâmica de correntes, ondas e marés que deposita e transporta o material sedimentar, provoca alterações na morfologia, que por sua vez, também passam a afetar estes processos (WRITH E SHORT, 1984; MASSELINK; KRONN, 2009). Desta forma, o entendimento da atuação destes agentes é de suma importância para a compreensão das modificações sofridas por este sistema.

Na praia do Balbino, as ondas mais altas foram registradas nos meses de setembro/2016 e setembro/2017, influenciadas pela ação de ventos mais fortes deste período que chegaram a atingir mais de 9 m/s, provenientes do quadrante SE-ESSE (Figura 2). As menores alturas de onda ocorreram em março (0,5 m) e maio (0,4 m), oriundas do quadrante N-NE. Em janeiro ocorreu a entrada de ondas *swell*, com períodos superiores a 10s, provenientes do quadrante N. Os demais registros apresentaram ondas do tipo *sea*, com períodos de no máximo 9s. Os dados abaixo sumarizam, a atuação desses agentes durante o período monitorado.

A velocidade média das correntes superficiais calculadas para todo o período monitorado foi de 1,18cm/s, com uma direção predominante de NE. Os valores de velocidade foram mais acentuados no segundo semestre, com novembro apresentando 1,51 cm/s, setembro de 2016 2,13 cm/s e setembro de 2017 2,13 cm/s. Isso se deve a maior intensidade dos ventos neste período do ano para as praias da região.

Figura 2 – Parâmetros Hidrodinâmicos durante o período monitorado

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Os valores de energia da onda apresentaram uma média de 418,83 J/m^2 . Nos meses de setembro de 2016 e de 2017, ocorreram os maiores valores de energia, equivalentes a 621,89 J/m^2 cada. Os menores valores foram para os meses de maio (114,23 J/m^2) e março (317,29 J/m^2) (Tabela 1). A variação na taxa de energia de ondas em um ciclo anual reflete em alterações morfológicas no sistema praiar, que vai se adequando a cada condição energética das ondas incidentes.

Tabela 1 – Energia de ondas

Data	Altura Significativa (Hb)	E (J/m^2)
29/09/2016	0,7	621,89 J/m^2
12/11/2016	0,6	456,90 J/m^2
12/01/2017	0,6	456,90 J/m^2
29/03/2017	0,5	317,29 J/m^2
26/05/2017	0,4	203,07 J/m^2
22/07/2017	0,6	456,90 J/m^2
21/09/2017	0,7	621,29 J/m^2

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Em relação a velocidade do grupo de ondas, o período analisado obteve uma média de 3,28 m/s. Os meses de setembro de 2016 e de 2017 apresentaram as maiores velocidades, com 3,71 m/s

cada. O menor registro foi em maio com 2,80 m/s. O mês de janeiro também apresentou um valor significativo com 3,43 m/s, associado a incidência de ondas *swell* (Tabela 2).

Tabela 2 – Velocidade do grupo de ondas

Data	Altura Significativa (Hb)	Cn (m/s)
29/09/2016	0,7	3,71
12/11/2016	0,6	3,43
12/01/2017	0,6	3,43
29/03/2017	0,5	3,13
26/05/2017	0,4	2,80
22/07/2017	0,6	3,43
21/09/2017	0,7	3,71

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Sobre o volume de sedimentos transportados, as maiores taxas foram verificadas nos meses de setembro de 2016 com 2911,63 m³/dia e setembro de 2017 com uma quantidade de 2721,66 m³/dia. O principal indicativo para explicar esse aumento no volume de sedimentos transportados é a maior intensidade dos ventos nesta época do ano, que em conjunto com ondas mais energéticas acarretam uma maior remoção de sedimentos.

Tabela 3 – Volume de sedimentos transportados

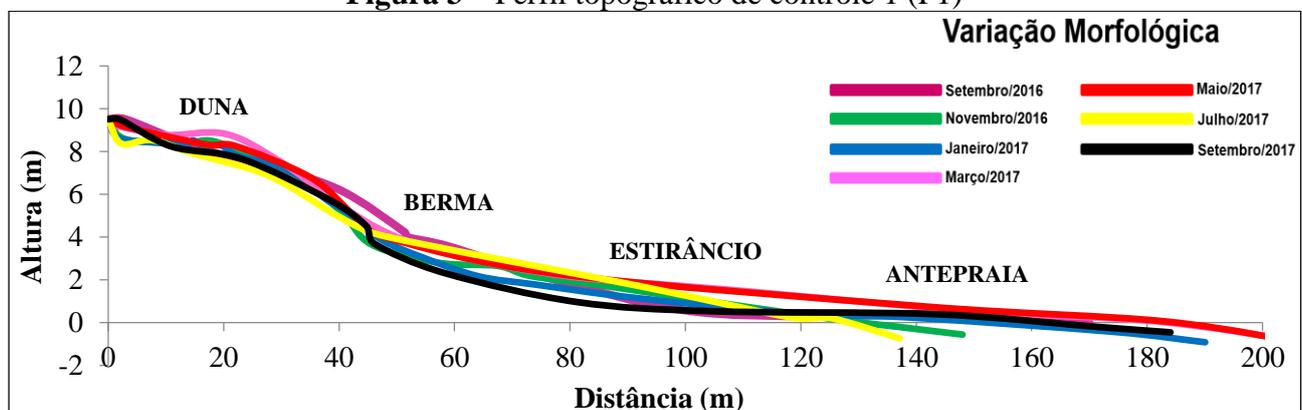
Data	Altura Significativa (Hb)	Qs (m ³ /dia)
29/09/2016	0,7	2911,63
12/11/2016	0,6	1917,03
12/01/2017	0,6	278,57
29/03/2017	0,5	1173,58
26/05/2017	0,4	568,44
22/07/2017	0,6	1851,26
21/09/2017	0,7	2721,66

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

4.1. Perfis topográficos

O perfil de controle (P1) localiza-se em uma área com inúmeras ocupações sobre dunas, no seu lado direito, algumas residências estão situadas na faixa de praia e dificultam o transpasse natural de sedimentos longitudinalmente e transversalmente. A altitude deste perfil foi de 9,514 m acima do nível do mar e com uma largura média de 143,2 m (Figura 3).

Figura 3 – Perfil topográfico de controle 1 (P1)



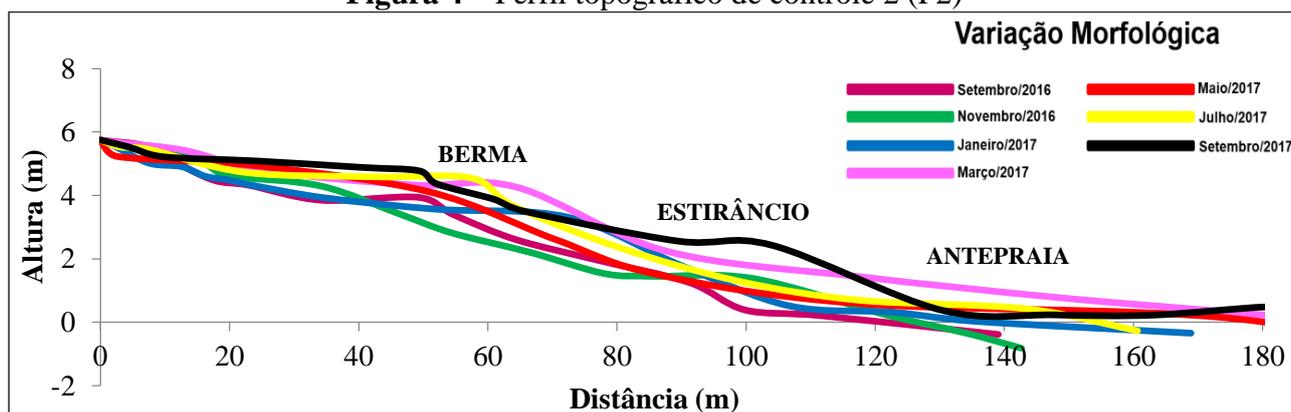
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Este perfil apresentou uma tendência erosiva em quase todos os meses monitorados, com um balanço negativo final de $-91,19\text{m}^3$. O maior ganho de sedimentos foi registrado de janeiro/2017 a março/2017 com um total de $360,15\text{ m}^3$, os maiores déficits foram de setembro/2016 a novembro/2016 com $-101,01\text{ m}^3$ e de maio/2016 a julho/017 com $-259,15\text{ m}^3$. A alternância de períodos de emagrecimento e engorda refletiram em alterações morfológicas no perfil, principalmente no estirâncio superior.

As características sedimentológicas para este perfil foram de uma pós-praia com areia fina, moderadamente selecionada, mesocúrtica e aproximadamente simétrica. A zona de estirâncio apresentou areia média, moderadamente selecionada, leptocúrtica e aproximadamente simétrica. Na antepraia ocorreu o predomínio de areia fina, moderadamente selecionada, leptocúrtica e assimetria negativa.

O perfil (P2) está localizado entre o início das barracas de praia e a margem esquerda do riacho do Balbino, que possui sua nascente a poucos quilômetros da área (Figura 4). Apesar de ser um curso hídrico de pequeno porte, o baixo curso desse riacho atravessa os campos de dunas da região e acaba contribuindo, principalmente nos meses de precipitação mais elevada, com o aporte sedimentar que abastece a faixa de praia da área, além das constantes trocas sedimentares na desembocadura que foram verificadas nos trabalhos de campo nos períodos de subida e descida da maré.

Figura 4 – Perfil topográfico de controle 2 (P2)

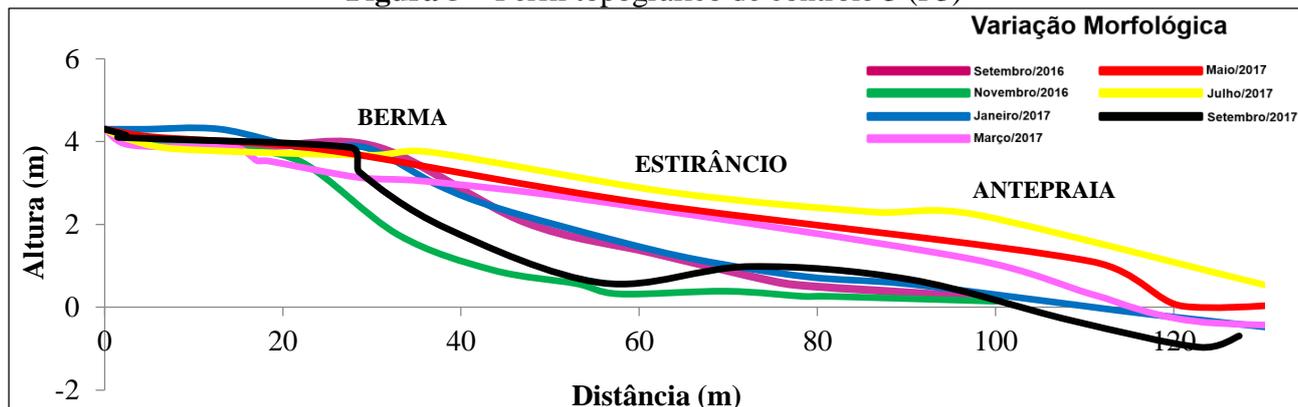


Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A largura média deste perfil foi de 135,9 m, para uma altitude de 5,749 m. O balanço transversal apontou que houve um acréscimo de $147,41\text{ m}^3$, o maior ganho sedimentar foi verificado de janeiro/2017 a março/2017 com $450,91\text{ m}^3$, seguido por uma queda significativa no mês de maio/2017 ($-240,43\text{m}^3$), e um constante período de acréscimo em julho/2017 ($277,02\text{ m}^3$) e setembro/2017 ($197,41\text{m}^3$). A extensa pós-praia, os campos de dunas e a vazão fluvial do riacho, contribuem para um estoque sedimentar significativo e a consequente proteção da praia.

Sedimentologicamente, o P2 apresenta na pós-praia areia de granulometria média, bem selecionada, leptocúrtica e aproximadamente simétrica. O estirâncio é apresentado por areia média, moderadamente selecionada, leptocúrtica e aproximadamente simétrica. Na antepraia predominou areia fina, moderadamente selecionada, leptocúrtica de assimetria positiva.

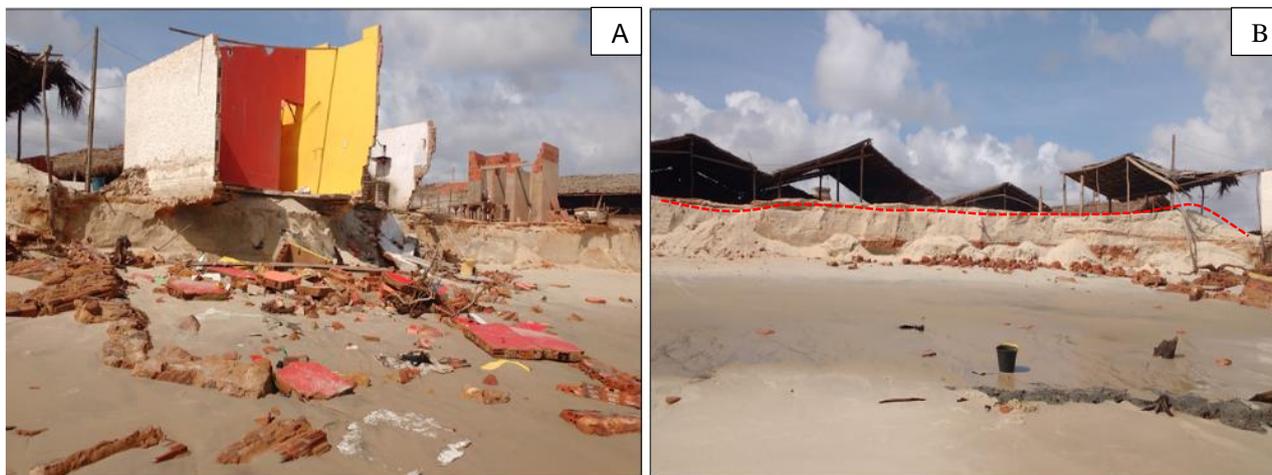
O perfil de controle 3 localiza-se no setor mais ocupado da área, onde as dunas frontais foram substituídas por barracas de praia e residências de moradores (Figura 5).

Figura 5 – Perfil topográfico de controle 3 (P3)

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A largura média perfil foi de 101,05 e uma altitude de 4,298 m. O balanço negativo foi de -439,92 m³. De setembro/2016 a novembro/2016 um déficit sedimentar de -205,89 m³ foi suficiente para formar escarpas com mais de 1m de altura, destruindo a zona de berma e recuando a linha de costa, desmoronando praticamente todas as barracas e residências mais próximas da faixa de praia (Figura 6 – A e B).

Esse intenso processo erosivo teve como causa a maior amplitude de maré de novembro/2016 (3,3 m) que favoreceu uma ação mais destrutiva das ondas. O rebaixamento do estirâncio superior exumou partes de material argiloso e troncos de vegetação de mangue. No estirâncio inferior foi verificado a presença de uma barra arenosa longitudinal, denotando a migração do material.

Figura 6 – destruição de barracas e residências (A) e pós-praia escarpada (B)

Fonte: autor (2016).

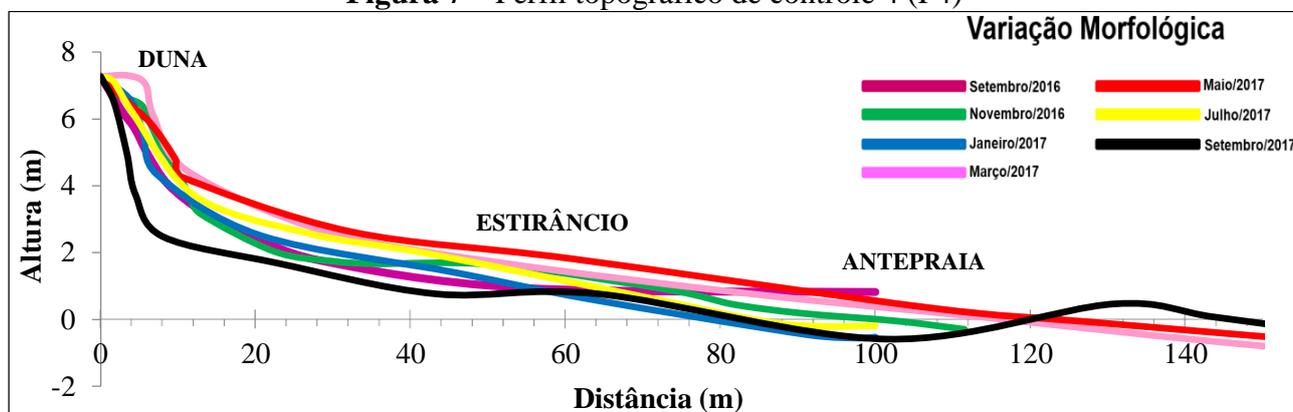
Neste perfil os sedimentos encontrados na pós-praia se caracterizaram por areia média, bem selecionada, leptocústica e aproximadamente simétrica. No estirâncio ocorreu a predominância de areia média, bem selecionada, leptocúrtica e aproximadamente simétrica. A antepraia apresentou areia média, moderadamente selecionada, mesocúrtica e aproximadamente simétrica.

O perfil 4 é situado após a área com barracas de praia, sua altitude é de 7,268 m e se inicia em uma duna frontal parcialmente coberta por vegetação rasteira, o que lhe confere um aspecto íngreme em seus primeiros metros (Figura 7). A largura média deste perfil foi de 90,86 m.

O período de janeiro/2017 a março/2017 foi o que mais contribuiu para um aporte sedimentar positivo, totalizando 227,03 m³. Entretanto, a sequência de retirada de julho/2017 a setembro/2017

com $-272,92 \text{ m}^3$ contribuiu para a cota negativa final de $-28,55 \text{ m}^3$. A erosão foi marcada pela presença de uma escarpa nas dunas frontais, e pelo afloramento de paleomangue no estirâncio.

Figura 7 – Perfil topográfico de controle 4 (P4)



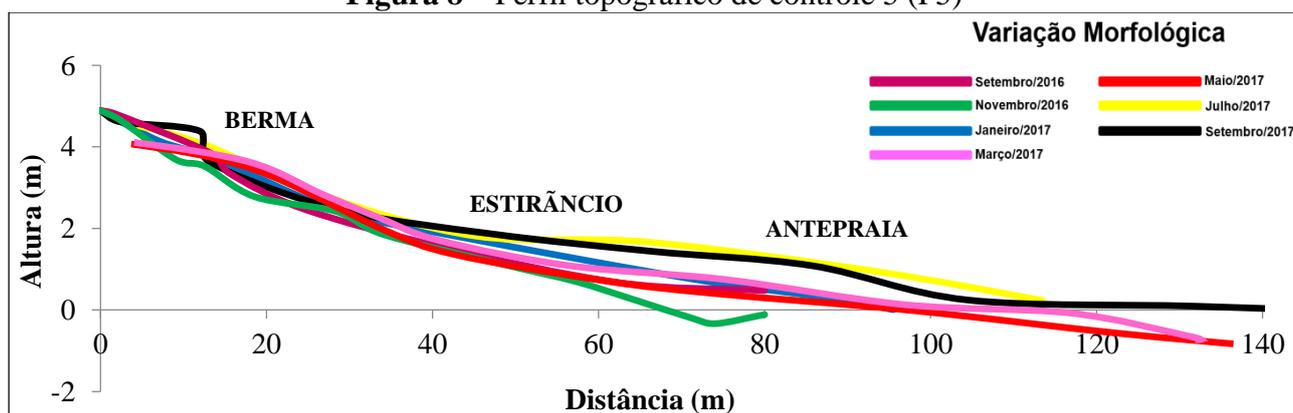
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Em relação a sedimentologia, a zona de pós-praia apresentou areia média, bem selecionada, mesocúrtica e aproximadamente simétrica. O estirâncio constituiu-se de areia fina, bem selecionada, leptocúrtica e aproximadamente simétrica. Na antepraia, as amostras foram de areia média, moderadamente selecionada, mesocúrtica e aproximadamente simétrica.

O perfil 5 está situado próximo a uma duna recoberta por vegetação de pequeno porte, a uma altitude de $4,890 \text{ m}$ e uma largura que variou de 80 a 150 m (Figura 8). No balanço sedimentar do perfil 5 ocorreu um acréscimo de $29,71 \text{ m}^3$. No período de setembro/2016 a novembro/2016 ocorreu uma perda de sedimentos de $-87,17 \text{ m}^3$, e uma recuperação de janeiro/2017 a março/2017 com $85,99 \text{ m}^3$. De julho/2017 a setembro de 2017 verificou-se o deslocamento de sedimentos do estirâncio superior e da pós-praia em direção a antepraia.

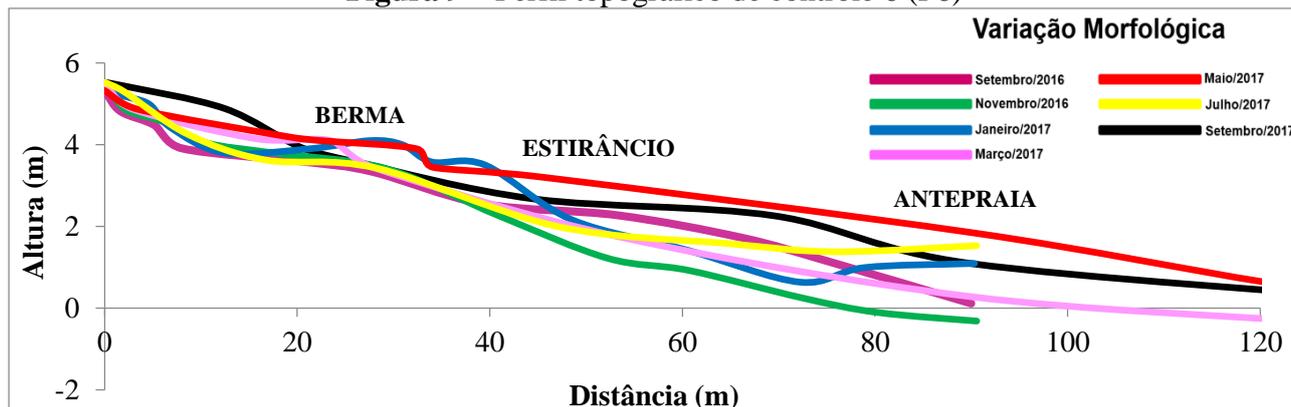
Em relação aos aspectos sedimentares, este perfil apresentou uma pós-praia e estirâncio composto por areia média, bem selecionada, mesocúrtica e aproximadamente simétrica. Na antepraia predominou areia média, moderadamente selecionada, platicúrtica e aproximadamente simétrica.

Figura 8 – Perfil topográfico de controle 5 (P5)



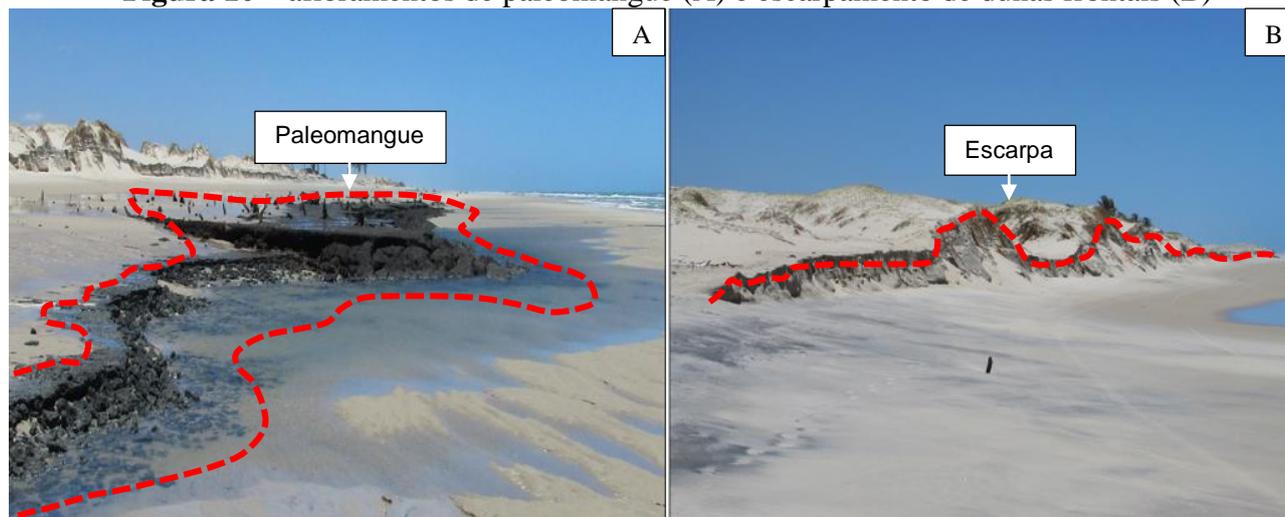
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O perfil 6 é semelhante ao perfil anterior, localizado em uma área sem interferências antrópicas, cercada por dunas móveis ou parcialmente vegetadas, sua altitude é de $5,325 \text{ m}$ e média de largura de $92,3 \text{ m}$ (Figura 9).

Figura 9 – Perfil topográfico de controle 6 (P6)

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O balanço sedimentar foi positivo, um total de 41,72 m³. O período de maior acreção foi de março/2017 a maio/2017 com 197,4 m³, ocorrendo neste período a formação de bermas. O maior registro de perda foi de setembro/2016 a novembro/2016 com -103,97 m³, deixando um afloramento argiloso de paleomangue de quase 1m acima da superfície do estirâncio e o escarpamento das dunas frontais (Figura 10 – A e B).

Figura 10 – afloramentos de paleomangue (A) e escarpamento de dunas frontais (B)

Fonte: autor (2016).

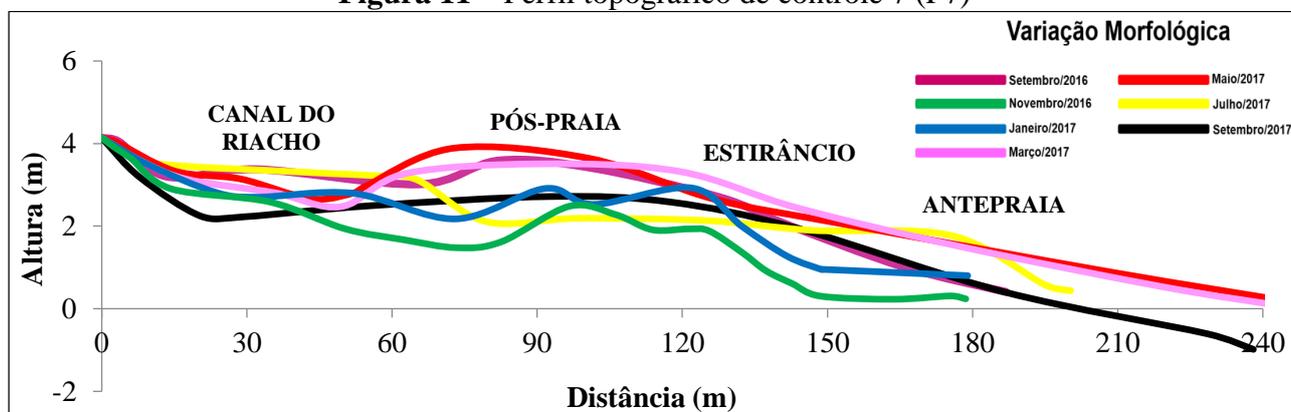
A zona de pós-praia é formada por areia média, bem selecionada, leptocúrtica e aproximadamente simétrica. O estirâncio apresentou areia média, bem selecionada, mesocúrtica e aproximadamente simétrica. Na antepraia constatou-se a presença de areia média, moderadamente selecionada, mesocúrtica e assimetria negativa.

O perfil 7, localiza-se na margem direita da foz do riacho do Batoque, fator que condiciona uma grande mobilidade na medida em que ocorre deslocamentos no canal do rio, principalmente nos meses de maior precipitação e nas subidas de marés de sizígia que adentram de forma mais impactante o canal deste curso hídrico (Figura 11).

A largura média deste perfil foi de 187,02 m, a maior entre os perfis monitorados. A altitude foi de 4,137. O balanço sedimentar se mostrou positivo com 35,86 m³. A maior retirada de sedimentos foi de setembro/2016 a novembro/2016 com -348,09 m³ e os meses de maior incremento sedimentar foram de janeiro/2017 a março/2017 com 371,32 m³. Entre julho/2017 e setembro/2017, verificou-

se a presença de dunas adentrando o canal, contribuindo para uma engorda do perfil no estirâncio, através da formação de barras arenosas.

Figura 11 – Perfil topográfico de controle 7 (P7)



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A pós-praia apresentou a predominância de areia média, bem selecionada, mesocúrtica e com assimetria negativa. No estirâncio ocorreu o domínio de areia média, moderadamente selecionada, leptocúrtica e aproximadamente simétrica. A antepraia caracterizou-se por areia grossa, moderadamente selecionada, leptocúrtica e com assimetria negativa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As alterações morfológicas da praia do Balbino estão relacionadas a variação no clima de ondas local. Os meses de setembro/2016 e setembro/2017, apresentaram os registros mais altos de altura significativa, energia e velocidade do grupo de ondas, além dos maiores volumes de sedimentos transportados. Neste período a atuação dos ventos foi mais intensa, potencializando a ação hidrodinâmica.

Os perfis P1, P3 e P4 localizam-se em setores que apresentam ocupações mais significativas em áreas de aporte sedimentar como faixa de praia e dunas frontais. Este fator tornou estes pontos mais susceptíveis a ação dos ventos, ondas e marés de sizígia, resultando em um balanço sedimentar negativo. No perfil P3 o impacto desses agentes contribuiu para destruição das barracas de praia dos moradores locais.

Nos demais perfis o balanço sedimentar foi positivo. O equilíbrio sedimentar dos perfis P2 e P7 é influenciado pelo aporte fluvial dos riachos do Balbino e Boa Vista, que é mais intenso nos meses de maior precipitação, além da constante troca sedimentar na foz desses cursos hídricos, durante os períodos de subida e descida da maré. Os perfis P5 e P6, localizam-se entre dunas preservadas que são fontes de sedimentos para alimentação da praia, ratificando a importância de conservar estes ambientes.

Em relação a sedimentologia, a maioria das amostras apresentaram um diâmetro médio classificado como areia média, sendo moderadamente a bem selecionadas, aproximadamente simétricas e com valores de curtose predominando entre mesocúrticos e leptocúrticos. Isso indica uma forte atuação da ação das ondas e dos ventos que removem os sedimentos mais finos e condicionam para área uma dinâmica de transporte de intermediária a intensa.

REFERÊNCIAS

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. **Arq. Cienc. Mar.**, v. 40, p. 43-51, 2007.

CLAUDINO-SALES, V. C.; PEULVAST, J. P. Geomorfologia da zona costeira do estado do Ceará, Nordeste do Brasil. *In*: SILVA, J. B.; DANTAS, E. W. C.; ZANELLA, M. E.; MEIRELES, A. J. A. (org.). **Litoral e Sertão: natureza e sociedade no nordeste brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, p. 349-366, 2006.

DAVIES, J. L. A morphogenic approach to world shorelines. *Zeit. f. Geomorph.*, n. 8, p. 27-142, 1964.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 27, n. 1, p. 3-26, 1957.

FARIAS, G. G. F.; MAIA, L. P. Uso de técnicas de Geoprocessamento para a análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do Estado do Ceará, Brasil. **Revista de Gestão Integrada da Zona Costeira**, v. 10, n. 4, p. 521-544, 2010.

FUNCEME - FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. [Site institucional]. Disponível em: www.funceme.br. Acesso em: 18 out. 2015.

GRUBER, N. L. S.; BARBOZA, E. G.; NICOLODI, J. L. Geografia dos sistemas costeiros e oceanográficos: subsídios para gestão integrada da zona costeira. **Gravel**, n. 1, p. 81-89, 2003.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais / Coordenação de Geografia. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/biblioteca/visualizacao/livros/liv94254.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2016.

LIMA, R. S. de. **Vulnerabilidade da linha de costa a eventos de alta energia na Praia da Caponga - Cascavel, Ceará**. 2012. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

MAIA, L. P. **Procesos costeros y balance sedimentario a lo largo de Fortaleza (NE-Brasil): implicaciones para una gestión adecuada de la zona rural**. 1998. 281f. Tese (Doutorado em Ciencias del Mar) – Facultat de Geologia, Universidad de Barcelona, Barcelona, 1998.

MASSELINK; A. K. Morphology and morphodynamics of sandy beaches. Oxford: 2009. *In*: ISLA, F. I.; IRIBARNE, O. (Ed.). **Coastal Zones and Estuaries**. Oxford: Eolss Publishers Co., 2009. p. 221-245.

MEDEIROS, E. C. S.; PANTALENA, A. F.; MIOLA, B.; LIMA, R. S.; SOARES, M. O. Percepção Ambiental da Erosão Costeira em uma Praia no Litoral do Nordeste do Brasil (Praia da Taíba, CE). **Revista de Gestão Costeira Integrada/Journal of Integrated Coastal Zone Management**, Fortaleza, v. 14, n. 3, p. 471-482, jun., 2014.

MEIRELES, A. J. A. Impactos ambientais decorrentes da ocupação de áreas reguladoras do aporte de areia: a planície costeira da Caponga, município de Cascavel, litoral leste cearense. **Confinos** [Online], n. 2. 2008.

MEIRELES, A. J. A. **Geomorfologia costeira: funções ambientais e sociais**. Fortaleza: Edições UFC, 2012.

MORAES, A. C. R. **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro**. São Paulo: Annablume, 2007.

MORAIS, J. O. Evolução Sedimentar da Enseada do Mucuripe. **Arq Cienc Mar**, n. 21, p. 20-32, 1981.

MORAIS, J. O.; FREIRE, G. S. S.; PINHEIRO, L.; SOUZA, M. J. N.; CARVALHO, A. M.; PESSOA, P. R.; OLIVEIRA, S. H. M. Ceará. *In*: MUEHE, D. (Org.). **Erosão e progradação no litoral brasileiro**. Brasília, DF: MMA, 2006.

MOURA, F. J. M. **Aspectos sedimentares e potencialidades da plataforma continental do Ceará, entre Cascavel e Beberibe**, 2014. 129 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Fortaleza, 2014.

MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. *In*: Cunha, S. B.; Guerra, A.J.T. (Org.). **Geomorfologia: Exercícios. Técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1996. p.191-238.

MUEHE, D. (Org.). **Erosão e progradação no litoral brasileiro**. Brasília: MMA, 2006.

MUEHE, D. **Erosão costeira, mudança do clima e vulnerabilidade**. *In*: GUERRA, A. J. T; JORGE, M. C. O. (org.). Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

OLIVEIRA, P. F. P; SILVA, H. A; BARRETO, E. P; VALENÇA, L. M. M; MANSO, V. A. V. Variação longitudinal de sedimentos de praia e sua relação com a inclinação da face de praia e a morfodinâmica, município de Paulista – PE. **Estudos geológicos**, v. 23, 2013.

PACHECO, A. A resposta à erosão: medidas e técnicas para estimar balanços sedimentares em zonas costeiras. *In*: PAULA, D. P.; DIAS, J. A. (Org). **Ressacas do Mar/Temporais e Gestão Costeira**. Fortaleza: Editora Premium, 2015. p. 123-135.

PINHEIRO, L. S. **Compatibilização dos processos erosivos com o uso e ocupação da praia da Caponga - Ceará**. 2000. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2000.

PINHEIRO, L. S.; MORAIS J. O.; MEDEIROS C. Mudanças da linha de praia e feições morfológicas em Cascavel - Ceará. **Arq Cienc Mar**, n. 34, p. 117-130, 2001.

PINHEIRO, L. S.; MEDEIROS, C.; MORAIS, J. O. Erosive Processes Monitoring Linked to the Estuarine Evolution Systems Nearby Águas Belas, Cascavel, Ceará, Brazil. **Journal of Coastal Research**, Itajaí, v. 39, n. 1, p. 1403-1406, 2006.

PINHEIRO, L. S; MORAIS, J. O; MAIA, L. P. The Beaches of Ceará. *In: SHORT, A. D; KLEIN, A. H. F. (Ed.). **Brazilian Beach Systems**. Gewerbestrasse: Springer. 2016.*

PAULA, D. P. Erosão costeira e estruturas de proteção no litoral da região metropolitana de Fortaleza (Ceará, Brasil): um contributo para artificialização do litoral. **Revista eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 9, n. 1, p. 73-86, 2015.

ROCHA, G. C. **Impactos socioambientais do processo de erosão costeira**: subsídios ao planejamento e gestão na Praia da Caponga - Cascavel- CE. 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, 2008.

TOLDO JR, E. E; ALMEIDA, L. E. S. B.; NICOLODI, J. L.; MARTINS, L. R. Retração e progradação da zona costeira do Rio Grande do Sul. **Gravel**, n. 3, p. 31-38, 2005.

VAN RIJN, L. C. Coastal erosion and control. **Ocean & Coastal Management**, n. 54, p. 867- 887, 2011.

WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D. Morphodynamic Variability of Surf Zones and Beaches: a Synthesis. **Marine Geology, Elsevier Science Publishers**, Amsterdam, v. 56, p. 93-118, 1984.

Data de submissão: 18.03.2018

Data de aceite: 15.04.2020

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.