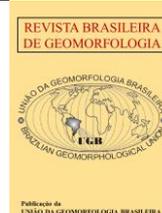




<https://rbgeomorfologia.org.br>
ISSN 2236-5664



Artigo de Pesquisa

Caracterização morfológica e sedimentar do sistema praia-barreira arenosa e os efeitos das ondas de tempestade no litoral de Jaconé-Saquarema (RJ), Sudeste do Brasil

Morphological and sedimentary characterization of the beach-sand barrier system and the effects of storm waves on the Jaconé-Saquarema coast (RJ), Southeast of Brazil

Valéria Cristina Silva Dutra ¹, André Luiz Carvalho da Silva ², Ana Beatriz Pinheiro ³, Sérgio Cadena de Vasconcelos ⁴, Silvio Roberto de Oliveira Filho ⁵

¹ Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia, São Gonçalo - RJ, Brasil.
cristina.valeria093@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8509-2714>

² Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia, São Gonçalo - RJ, Brasil.
andrelcsilvageouerj@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2912-7860>

³ Universidade Federal Fluminense, Departamento de Geologia e Geofísica Marinha, Niterói - RJ, Brasil.
ana_pinheiro@id.uff.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3314-1718>

⁴ Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia e Meio Ambiente, Rio de Janeiro - RJ, Brasil. sergio.cadena82@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3903-1130>

⁵ Universidade Federal Fluminense, Departamento de Geografia, Niterói - RJ, Brasil. silviooliveira@id.uff.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8923-285X>

Recebido: 02/02/2021; Aceito: 17/09/2021; Publicado: 06/04/2022

Resumo: Os eventos de tempestade têm sido mais frequentes e intensos nas últimas décadas, provocando a destruição de construções e inundações ao longo da costa brasileira. Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo a caracterização morfológica e sedimentar do sistema praia-barreira arenosa de Jaconé-Saquarema, assim como a identificação das áreas mais suscetíveis ao impacto das ondas de tempestade. A metodologia deste estudo contou com mapeamento da planície costeira; aquisição de 142 perfis topográficos; coleta de 78 amostras de sedimentos, para análise granulométrica e morfoscopia; e cálculo do volume emerso de sedimentos da praia. Os resultados mostram que a barreira holocênica apresenta uma altura entre 5,1 e 6,2 metros; a barreira pleistocênica, ligeiramente mais preservada, chega a alcançar 7,2 metros de altura, acima do nível médio do mar. A praia apresenta uma dinâmica elevada, resultado da intensa energia das ondas de tempestade e da interação destas com o costão no extremo oeste de Jaconé. Uma ligeira diminuição na energia é observada em direção a Saquarema, que apresentou as menores variações na largura e morfologia, reflexo da presença das rochas de praia de Jaconé, que interceptam parcialmente as ondas de tempestade neste trecho da costa. Os sedimentos que compõem o sistema praia-barreira são constituídos por areias quartzosas, moderadamente selecionadas, bem arredondadas a subangulares, com diminuição no tamanho dos grãos de oeste para leste, variando de areia muito grossa a média, respectivamente. No setor oeste, excepcionalmente, as rochas de praia atuam como uma barreira paralela à linha d'água permitindo a acumulação de areia fina e muito fina, mal selecionada, na praia, contrastando com a elevada dinâmica de ondas tão característica na área de estudo.

Palavras-chave: Planície costeira. Dinâmica praial. Sedimentologia. Jaconé-Saquarema.

Abstract: Storm surge events have been occurring more frequently and more intensively in recent decades, causing the destruction of buildings and the flooding of Brazilian coast. Therefore, this study aims to characterize the morphology and sedimentation of the Jaconé-Saquarema coastal plain and to point out the most susceptible areas of this coast to storm waves. The methodology of this study included mapping of the coastal plain; acquisition of 142 topographic profiles; collection of 78 sediment samples, for granulometric analysis and morphoscopy; and calculation of the emerged volume of sediments on the beach. The results show that the height of the Holocene barrier varies between 5.1 and 6.2 meters, and the Pleistocene barrier, which is slightly more preserved, reaches 7.2 meters in height, above average sea level. The beach shows high dynamics, resulting from the intense energy of the storm waves and their interaction with the rocky coast in the extreme west of Jaconé. A slight decrease in energy is observed towards Saquarema, which showed the smallest variations in width and morphology, reflecting the presence of beachrocks from Jaconé, which partially intercept the storm waves on this stretch of the coast. The sediments that constitute the coastal plain are composed of quartz sands, which are moderately sorted, from well-rounded to subangular, with a decrease in grain size from west to east, ranging from very coarse to medium sand, respectively. Exceptionally, in the western sector, the beachrocks act as a parallel barrier to the water line, enabling the accumulation of poorly sorted, fine and very fine sand, in the beach area, contrasting with the high wave dynamics characteristic of the study area.

Keywords: Coastal plain. Dynamic beach. Sedimentology. Jaconé-Saquarema.

1. Introdução

As planícies costeiras são áreas topograficamente baixas, com sedimentos depositados por processos fluviais, eólicos e costeiros, constantemente retrabalhados pela ação das ondas, correntes e marés (NICHOLS, 2009). A geomorfologia de algumas planícies litorâneas pode ser representada por sistemas de barreiras arenosas com a presença de lagoas em seu reverso, como pode ser observado em Maricá e Saquarema. As praias, constituídas por um depósito de sedimentos inconsolidados ao longo de uma costa (BIRD, 2008; DAVIS JR; FITZGERALD, 2004), podem ser subdivididas em três subambientes: pós-praia, frente de praia e face de praia (FRIEDMAN; SANDERS, 1978). A região do pós-praia (supramaré) é a porção seca e geralmente horizontal, onde somente durante a ocorrência de tempestades, água e sedimentos tendem a alcançar a parte superior da praia; durante a fase de reconstrução do perfil praial, após os eventos de tempestade, é comum a formação de bermas. A frente de praia (intermaré ou estirâncio) corresponde à área sujeita às oscilações diárias das marés e do espraiamento das ondas. A face de praia (submaré) é a parte submersa, que inclui a "zona de surf" e a área de arrebenção das ondas (BIRD, 2008; DAVIS JR; FITZGERALD, 2004).

Davis Jr (1985) e Bird (2008) consideram que as variações morfológicas ocorridas nos perfis de praia resultam das mudanças sazonais na energia das ondas incidentes. O aumento na frequência e energia das ondas de tempestade tende a promover um estreitamento da praia e a formação de escarpas íngremes. Essas ondas retiram sedimentos da parte emersa e os depositam na parte submersa da praia (KOMAR, 1976; FRIEDMAN; SANDERS, 1978; DAVIS JR; FITZGERALD, 2004; BIRD, 2008). Tais variações decorrem do comportamento dinâmico das praias (equilíbrio dinâmico) e não necessariamente indicam a ocorrência de um processo erosivo. A erosão de praias refere-se a um processo de remoção de sedimentos sem a sua posterior reposição, resultando em perda efetiva (BIRD, 2008). Esse déficit sedimentar pode estar associado às fortes tempestades, à elevação do nível do mar e às alterações humanas (DAVIS JR; FITZGERALD, 2004). Em praias arenosas, o mineral quartzo é quase sempre predominante na composição dos sedimentos, que podem ser provenientes do intemperismo e erosão do continente, da plataforma continental interna e do transporte pelas correntes litorâneas (FRIEDMAN; SANDERS, 1978; DAVIS JR, 1985). Para Tucker (2003), a textura dos sedimentos siliciclásticos é produzida por processos deposicionais e erosivos, e demanda o conhecimento do tamanho, do brilho, da superfície e da morfologia, que pode contribuir para o entendimento da origem dos materiais.

Os litorais em diversas partes do mundo vêm apresentando impactos associados à erosão e inundação, resultantes principalmente de intervenções antrópicas. O crescimento do turismo, a implantação de indústrias, residências e portos, e a poluição, somados a fatores de ordem natural, têm sido responsáveis por um grande número de problemas observados na zona costeira. A maior parte está relacionada à interação das obras de

engenharia com os processos naturais, que muitas vezes representam riscos para as próprias construções, através da ação das ondas de tempestade, que podem provocar inundações e erosão (DAVIS JR; FITZGERALD, 2004).

Em Jaconé e Saquarema (Figura 1), o elevado crescimento urbano da região causa preocupações aos pesquisadores e a sociedade em geral, devido ao caráter dinâmico deste litoral, que vem historicamente registrando problemas envolvendo danos em construções e inundações causadas pelas ondas de tempestade (MUEHE, 1979; IGNARRA, 1989; FONTENELLE; CORRÊA, 2010; MANSUR et al., 2011; LINS-DE-BARROS; KLUMB-OLIVEIRA; LIMA, 2018). Neste sentido, o presente estudo foi voltado para a caracterização morfológica e sedimentar do sistema praia-barreira arenosa de Jaconé e Saquarema (Figura 1), assim como, para a identificação dos trechos no arco praial mais suscetíveis aos efeitos das ondas de tempestade.

2. Área de Estudo

O arco praial de Jaconé-Saquarema (Figura 1), localizado nos municípios de Maricá (22°55'08''S e 42°49'08''O) e Saquarema (22°55'12''S e 42°30'36''O), no estado do Rio de Janeiro, possui 19 quilômetros de extensão, com orientação leste-oeste. Os litorais de Jaconé e Saquarema (Figura 1D, E) apresentam uma rica biodiversidade, mais facilmente observada em Jaconé, onde a quantidade de áreas sem construções é maior. É marcante a presença da vegetação de restinga nas áreas das barreiras, Mata Atlântica nos morros e na Serra de Jaconé (Figura 1D), além de diversas espécies de aves, mamíferos e répteis (BIAZZI; TONELLO, 2014). A atividade turística e o crescimento imobiliário são mais marcantes na parte central e leste do arco praial e vêm causando alterações nas feições da planície costeira. Uma importante iniciativa de preservação e valorização da biodiversidade e geodiversidade deste litoral foi realizada em 2010, por meio da proposta de criação do Geoparque Costões e Lagunas, que abrange desde Maricá até São Francisco de Itabapoana, no norte do estado (MANSUR et al., 2012).

A geomorfologia deste trecho do litoral é marcada pela presença de sistemas barreira-laguna formada em resposta às oscilações do nível do mar no Quaternário (TURCQ et al., 1999; SILVA et al., 2014b). As barreiras paralelas à linha de costa são separadas por pequenas lagunas atualmente colmatadas (Figura 1C). À retaguarda dessas barreiras está localizada a Lagoa de Jaconé (a oeste), conectada por um canal ao sistema lagunar de Saquarema (na parte centro-leste), constituído pelas lagunas de Mombaça, Jardim, Boqueirão e Fora (Figura 1C) (MUEHE, 1979; MANSUR et al., 2011). Essa geomorfologia se assemelha a áreas adjacentes, que compreendem os litorais do Rio de Janeiro, Niterói, Maricá e Araruama (TURCQ et al., 1999; SILVA et al., 2014c; FIGUEIREDO; ROCHA; FERNANDEZ, 2018).

A evolução da planície costeira neste trecho do litoral fluminense ocorreu a partir do afogamento de áreas topograficamente mais baixas durante evento transgressivo do mar, com concomitante formação das barreiras arenosas e lagunas, tornando a linha de costa mais retilínea (IRELAND, 1987; MUEHE, 1989; TURCQ et al., 1999; SILVA et al., 2014b). Diversas evidências reforçam o comportamento retrogradante da barreira mais externa no Holoceno, tais como: a existência de rochas de praia submersas (MUEHE; IGNARRA, 1987; SILVA et al., 2014a) e na zona de intermaré (MANSUR et al., 2011) paralelos à linha de costa; o desaparecimento de esporões lagunares na retaguarda da barreira externa e perfis erosivos na porção submarina da praia (MUEHE, 1984); o recuo da crista da restinga e o avanço dos depósitos de leques de transposição (SILVA et al., 2008b). As rochas de praia de Jaconé (Figura 2C) estão localizadas no setor oeste do arco praial, na zona de intermaré, estendendo-se por cerca de 1.100 metros. Mansur et al. (2011) indicaram idade de 8.198-7.827 anos cal A.P. para essas rochas; idade semelhante (8.572 anos cal A.P.) foi verificada em conchas extraídas das rochas de praia de Itaipuaçu no litoral oeste de Maricá, por Silva et al. (2014a). A ocorrência das rochas de praia no litoral do Rio de Janeiro é de grande importância para o entendimento da evolução da linha de costa no Holoceno, pois representa uma posição anterior mais baixa que a atual (MANSUR et al., 2011; SILVA et al., 2014a; MALTA et al., 2017).

O clima na área de estudo é tropical úmido (Aw, segundo classificação de Köppen e Geiger) e apresenta temperatura média anual de 24°C, chegando a atingir 40°C no verão; com precipitações em torno de 1.034 milímetros ao ano (CLIMATE-DATA.ORG). Os ventos predominam dos quadrantes leste e nordeste; quando da passagem de frentes frias, ventos mais fortes são predominantes do quadrante sudoeste (INEA, 2011). A amplitude da maré é inferior a 1,5 metro, classificada como de micro-maré (DHN, 2013). A incidência de ondas provenientes de sul e sudeste predomina sob condição de tempo bom; e ondas de tempestade, oriundas de sul e, principalmente, de sudoeste, aparecem associadas às frentes frias. As tempestades de maior magnitude, causadas por frentes frias ou ciclones extratropicais, podem atingir o limite interno da praia e formar escarpas de tempestade, ou mesmo

alcançar a porção superior e a retaguarda da barreira pelo processo de transposição de ondas, formando leques de transposição (SILVA et al., 2008b; LINS-DE-BARROS, 2017).

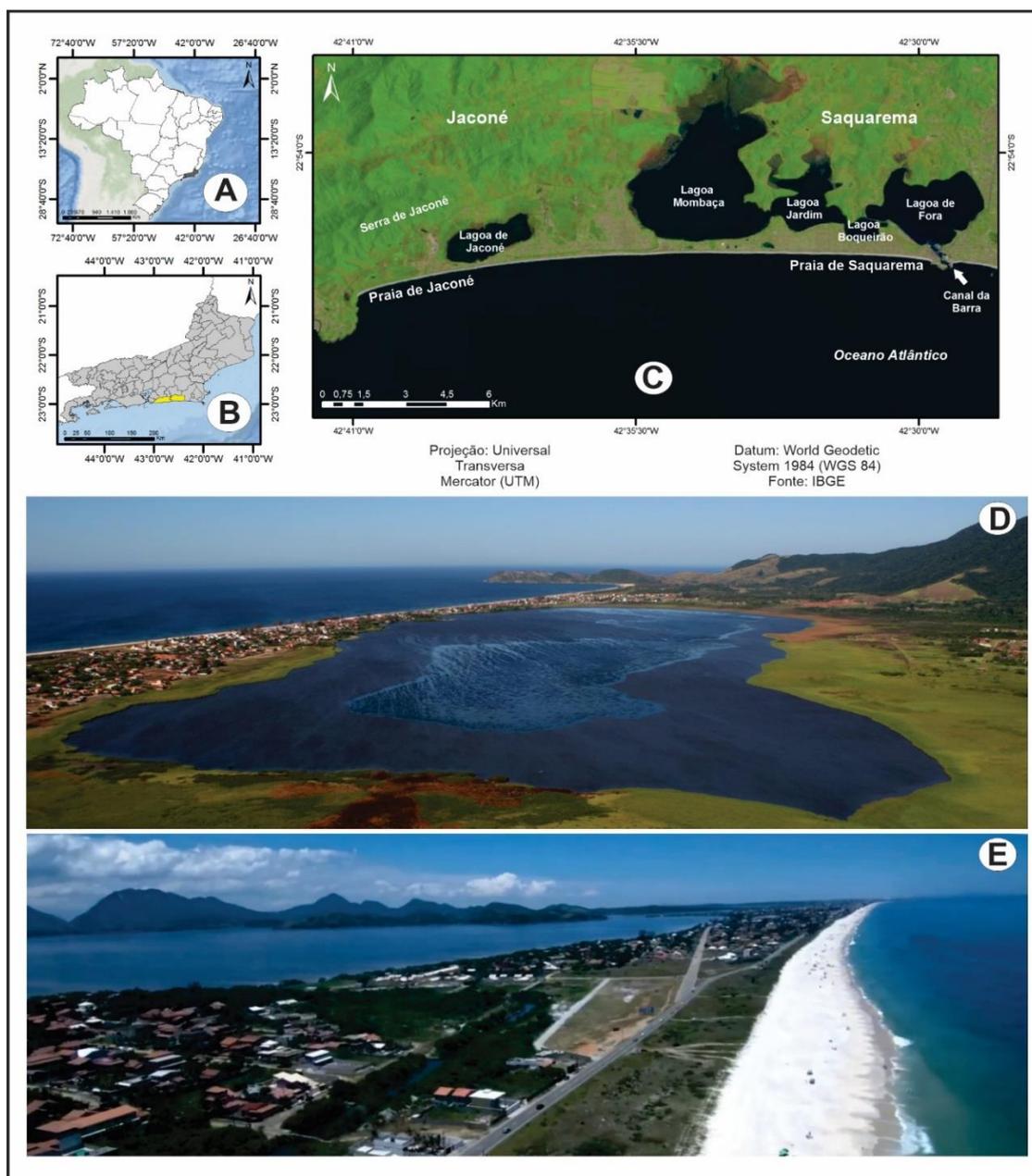


Figura 1. Localização da área de estudo (a, b, c), com destaque ao litoral de Jacoéné (d) e Saquarema (e). Fotos: D - <http://www.saquarema.rj.gov.br/>; E - Jeferson Silva (2018).

3. Materiais e Métodos

Foram realizados um total de 19 trabalhos de campo, sendo um para a caracterização da geomorfologia e sedimentação do sistema praia-barreira arenosa e 18 para o monitoramento sazonal da dinâmica morfológica e sedimentar do arco praial, por um período de 6 anos (2012 a 2018). Para tal, foram escolhidos nove locais equidistantes ao longo de 19 quilômetros de arco praial (Perfis 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9). Foram coletadas 78 amostras de sedimentos nas mesmas áreas dos perfis topográficos, em diferentes áreas nas barreiras e na praia (no pós-praia e frente de praia).

O mapeamento das principais feições geomorfológicas e das áreas urbanizadas foi realizado no programa ArcGis 9.1, tendo como referência o ortofotomosaico georreferenciado do IBGE referente ao Projeto RJ (2005) na escala 1:25.000, para o processo de vetorização manual e a criação de shapefiles para cada um dos ambientes

costeiros. A caracterização das morfologias do sistema praia-barreira arenosa foi realizada por meio da aquisição de quatro perfis topográficos perpendiculares ao litoral (P1, P2, P3 e P4), desde a praia até o reverso da barreira interna (sempre que possível), totalizando mais de 4 quilômetros de aquisição de dados. Para tal, utilizou-se um nível topográfico manual, com o auxílio de uma mira estadimétrica e trena. Os perfis foram georreferenciados com um GPS Garmin Etrex 30 e sistema de referência WGS 84.

Os 138 perfis topográficos de praia foram realizados pelo método proposto por Emery (1961), que consiste na realização de perfis transversais à linha de praia, alinhando-se 2 balizas graduadas perpendicularmente a linha d'água e obtendo-se a diferença vertical entre dois pontos, sendo a distância medida com o auxílio de uma trena. Este método, de baixo custo, é amplamente utilizado na aquisição de perfis topográficos e, conforme Muehe, Castro e Albino (2020), não apresenta diferenças significativas quando comparado a equipamentos de custo elevado, como Estação Total e GNSS-RTK (*Global Navigation Satellite System*). O início dos perfis corresponde ao limite interno da praia (escarpa de tempestade, vegetação ou estrutura de concreto de antigos quiosques), indo até o alcance médio das ondas. Durante os levantamentos foram ainda registradas algumas características das condições do mar, tais como: direção de incidência, tipo de arrebentação, altura e período médio das ondas (LAING, 1998). Os dados de topografia foram processados no programa *Grapher 7*, que registrou a morfologia dos ambientes costeiros. A sobreposição de perfis topográficos de praia permitiu identificar as áreas de maior ou menor dinâmica e os diferentes níveis de suscetibilidade de cada trecho aos eventos de tempestades (KOMAR, 1976).

A suscetibilidade foi determinada com base na variabilidade morfológica, largura e volume emerso de sedimentos da praia. A identificação do estágio morfodinâmico das praias foi realizada através do software Coastal MD, com base na classificação de Wright e Short (1984) (OLIVEIRA FILHO; FERNANDEZ, 2021). O cálculo do volume de sedimentos emerso da praia foi realizado a partir dos dados topográficos, como altimetria e distância horizontal, a partir do método descrito em Oliveira Filho, Santos e Fernandez (2020), utilizando o mesmo princípio elaborado por Birkemeier (1984).

Para determinar a granulometria e a morfoscopia, foram realizadas análises das amostras coletadas nas barreiras e nas praias. A análise granulométrica dos sedimentos foi feita com base no Sistema de Análise de Forma e Tamanho de Partícula com Processamento de Imagem Digital (CAMSIZER). Para tal, a amostra foi lavada para a remoção dos sais, passando em seguida pelo processo de secagem em estufa à 50° C. Com a amostra completamente seca, foi realizado o quarteamento até restar cerca de 25 gramas. Os resultados permitiram classificar os sedimentos de acordo com Wentworth (1922). A morfoscopia foi realizada na fração mais representativa presente em cada amostra analisada, através da caracterização de 100 grãos de quartzo, com observação da composição dos sedimentos. Para tal, foi utilizada uma lupa binocular com iluminação por reflexão, com o auxílio do programa *ToupView*.

4. Resultados

4.1. Geomorfologia do sistema praia-barreira arenosa de Jaconé-Saquarema

A geomorfologia do sistema praia-barreira arenosa de Jaconé-Saquarema é caracterizada por duas extensas barreiras arenosas, com lagoas a retaguarda e costões rochosos localizados nas extremidades do arco praias (Figura 1). Trata-se de uma área bastante modificada pela introdução de estruturas urbanas e construções sobre as barreiras e margem das lagoas (Figura 2). Essas alterações decorrentes da urbanização são também observadas nos litorais adjacentes à área de estudo, devido ao rápido crescimento urbano na região (SILVA; SILVA; SANTOS, 2008a; FIGUEIREDO; ROCHA; FERNANDEZ, 2018; SEABRA; ROCHA-LEÃO, 2019).

A barreira externa, formada na última transgressão holocênica (TURCQ et al., 1999), apresenta uma morfologia bastante irregular. Possui uma altura em torno de 5,1 a 6,2 metros em relação ao nível médio do mar nos setores oeste e central da área de estudo (perfis das barreiras – Figura 3B a E). No setor leste da planície costeira (Figura 3A), a elevada concentração de construções e as modificações nas áreas das barreiras inviabilizaram a aquisição de dados de topografia, pois neste trecho as feições não conservam as características originais deste ambiente. A barreira holocênica apresenta uma largura variando entre 110 metros (perfil 1 – Figura 3B) e 150 metros (perfil 3 – Figura 3D), com relevo relativamente aplainado devido as alterações na morfologia em decorrência da construção de residências e estradas (Figura 2).



Figura 2. Áreas representativas dos litorais de Jaconé (a) e Saquarema (b); Rochas de praia na zona de intermaré em Jaconé (c); Praia e seus subambientes (d); Crista da barreira holocênica próximo a Av. Litorânea em Saquarema (e); Vegetação de restinga no setor oeste da planície costeira (f); Rebaixamento da barreira pleistocênica em decorrência do avanço da urbanização na planície costeira (g, h, i). Destaque para a imagem “i” onde é possível observar a redução na altura da barreira em função do aplainamento para a construção de ruas.

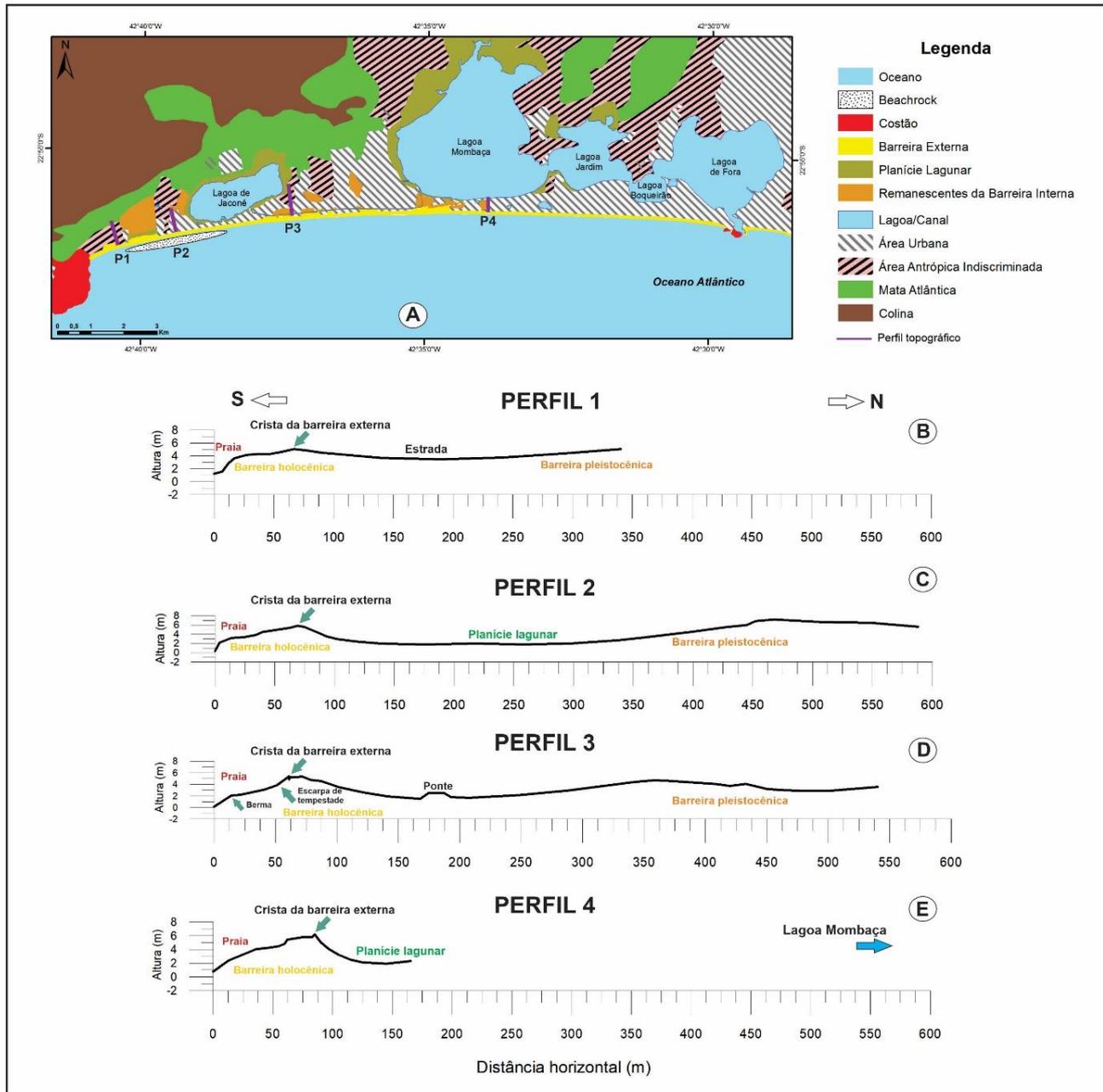


Figura 3. Mapeamento dos compartimentos morfológicos e usos (a) e perfis topográficos longos (b, c, d, e) realizados na planície costeira. Mapeamento realizado através do ortofotomosaico cedido pelo IBGE (2005).

Muehe (1979), também com base em perfis topográficos transversais à barreira holocênica, identificou uma altura de 6,6 metros em relação ao nível médio do mar; contrastando com a altura verificada neste estudo (5-6 metros). Essa diferença, de cerca de 1,3 m na altura desta barreira nos últimos 40 anos, é provavelmente resultado das intervenções feitas para viabilizar a expansão imobiliária na região. É importante ressaltar que a diminuição da altura dessas barreiras tende a tornar essas áreas mais suscetíveis a processos de transposição de ondas durante as tempestades de maior magnitude, o que tem ocorrido com frequência em Jaconé e Saquarema (LINS-DE-BARROS, 2017) e em Itaipuaçu (SILVA, SILVA, SANTOS, 2008a).

Uma escarpa de tempestade marca o limite interno da praia neste litoral (Figura 2D, 3D). Essa morfologia proeminente, que pode variar de poucos centímetros a 2-3 m de altura, representa a área de alcance máximo das ondas de tempestade formadas por ocasião das ressacas de maior magnitude (perfil 3 – Figura 3). Bermas são observadas no pós-praia e representam a fase de reconstrução da praia após as ressacas (SILVA; SILVA; SILVESTRE, 2017). Depósitos de leques de transposição aparecem na porção oeste da área de estudo, ao longo de 3 km e evidenciam processos de transposição da barreira por ondas de tempestades. No arco praial Jaconé-

Saquarema, esses depósitos nem sempre são evidentes, devido ao elevado número de construções sobre a barreira (Figura 2G, H), ao contrário dos leques de transposição observados em Itaipuaçu (SILVA et al., 2008b) e na APA de Maricá (SILVA et al., 2014c; SILVESTRE et al., 2015).

A planície lagunar corresponde a uma estreita depressão localizada entre as barreiras holocênica e pleistocênica (Figura 3C). Trata-se de morfologias com elevada suscetibilidade a alagamentos e onde predominam comunidades vegetais de restinga do tipo brejo herbáceo (ARAÚJO; HENRIQUES, 1984; SANTOS et al., 2017). Possui uma altura média de cerca de 1,5 metro em relação ao nível médio do mar, com uma largura máxima em torno de 150 metros. Tal como observado nas áreas das barreiras, a depressão lagunar tem sido bastante alterada pela ocupação e expansão imobiliária na região (Figura 2H).

A barreira interna ou pleistocênica (TURCQ et al., 1999) apresenta uma topografia mais suave em comparação com a barreira holocênica (Figura 3). A superfície dessa barreira se encontra em grande parte coberta por vias asfaltadas e não pavimentadas (Figura 2H), principalmente em direção a leste da área de estudo (Figura 3A). A altura da barreira pleistocênica varia de um setor para outro, entre o mínimo de 4,7 metros em relação ao nível médio do mar (perfil 3 – Figura 3D) e 7,2 metros (perfil 2 – Figura 3C) na porção oeste da área de estudo. A largura da barreira pleistocênica varia consideravelmente, sendo mais larga na área dos perfis 2 e 3, chegando a medir 300 metros, ou seja, mais que o dobro da largura observada na barreira holocênica neste mesmo trecho do litoral (Figura 3D, E). Diferenças expressivas na largura da barreira pleistocênica foram observadas também na APA de Maricá (SILVA et al., 2014b, c) e podem estar associadas a influência do embasamento cristalino por ocasião da formação desses ambientes. Nas proximidades do perfil 2, a barreira interna encontra-se localizada logo após uma depressão topográfica, atualmente colmatada, que desaparece na direção da barreira holocênica (Figuras 3B, C, D), indicativa de uma antiga planície lagunar. As áreas de crista das barreiras são as mais alteradas (aplainadas) para viabilizar a construção de casas de condomínio e estradas, por meio da remoção da cobertura vegetal e rebaixamento que pode chegar a cerca de 3 metros a partir da superfície deste ambiente, com base na altura observada em áreas adjacentes (Figura 2G).

4.2. Sedimentação do sistema praia-barreiras arenosas

As barreiras na planície costeira de Jaconé-Saquarema (Figura 4A) são constituídas por areias quartzosas, moderadamente bem selecionadas, predominando entre as frações muito grossa (37-55%) e grossa (11-49%), e cascalho (6-42%); areias média e fina não ultrapassam 5% do total do material analisado (Figura 4B). A morfologia dos grãos varia entre arredondado (10-42%) e subangular (26-64%) (Figura 5B a G). O brilho fosco observado nos grãos de quartzo aponta para a importância dos processos eólicos na remobilização dos sedimentos sobre as barreiras. Tais características são semelhantes ao que foi descrito por Muehe e Carvalho (1989) entre Itaipuaçu e Massambaba. Há uma diferença expressiva na cor das areias das barreiras: as areias da barreira holocênica apresentam cor amarelo claro, contrastando com as areias esbranquiçadas facilmente observadas nas áreas remanescentes da barreira pleistocênica. A coloração esbranquiçada das areias da barreira mais antiga é apontada por Lamego (1940) como sendo o resultado da ação da chuva sobre esses materiais, que tende a remover a fina camada de óxido de ferro presente nos grãos de quartzo.

A retenção de materiais provenientes dos sistemas fluviais pelas barreiras, como ressaltado por Muehe e Carvalho (1993), pode estar contribuindo com sedimentos menos retrabalhados, o que explica a ocorrência significativa de areias subangulares no litoral estudado. Por outro lado, a presença de areias arredondadas na praia aponta para a contribuição sedimentar marinha, onde a plataforma continental interna representa a mais importante fonte de materiais para este trecho do litoral (OLIVEIRA; MUEHE, 2013). No Holoceno tardio, as mudanças climáticas (MACARIO et al., 2018) e as oscilações do nível do mar (SILVA et al., 2014c) foram variáveis importantes na sedimentação de sistemas costeiros e contribuíram para o retrabalhamento dos materiais presentes na planície costeira estudada.

Os sedimentos das praias de Jaconé e Saquarema são formados majoritariamente por areia muito grossa (47-87%), bem selecionada, no extremo oeste; e areia grossa (49-81%) a média (55-76%) de melhor selecionamento no setor leste; evidenciando uma ligeira diminuição no tamanho dos grãos nesta direção (Figura 4C; Tabela 1), como já ressaltado por Muehe (1979). A morfologia dos grãos varia entre angular (34%) e subangular (31-83%) no pós-praia, e bem arredondado (31-52%) e subarredondado (50%) na frente de praia. Esses materiais são compostos basicamente por areias quartzosas, com presença em menor quantidade de feldspato, minerais pesados, conchas e fragmentos de conchas (Figura 5H a Y; Tabela 1). Fragmentos de rochas de praia e cascalhos de diversos tamanhos

aparecem principalmente no setor oeste da praia de Jaconé (áreas do perfil 1 e 2), conforme Mansur et al. (2011), devido à presença das rochas de praia neste setor do arco praial.

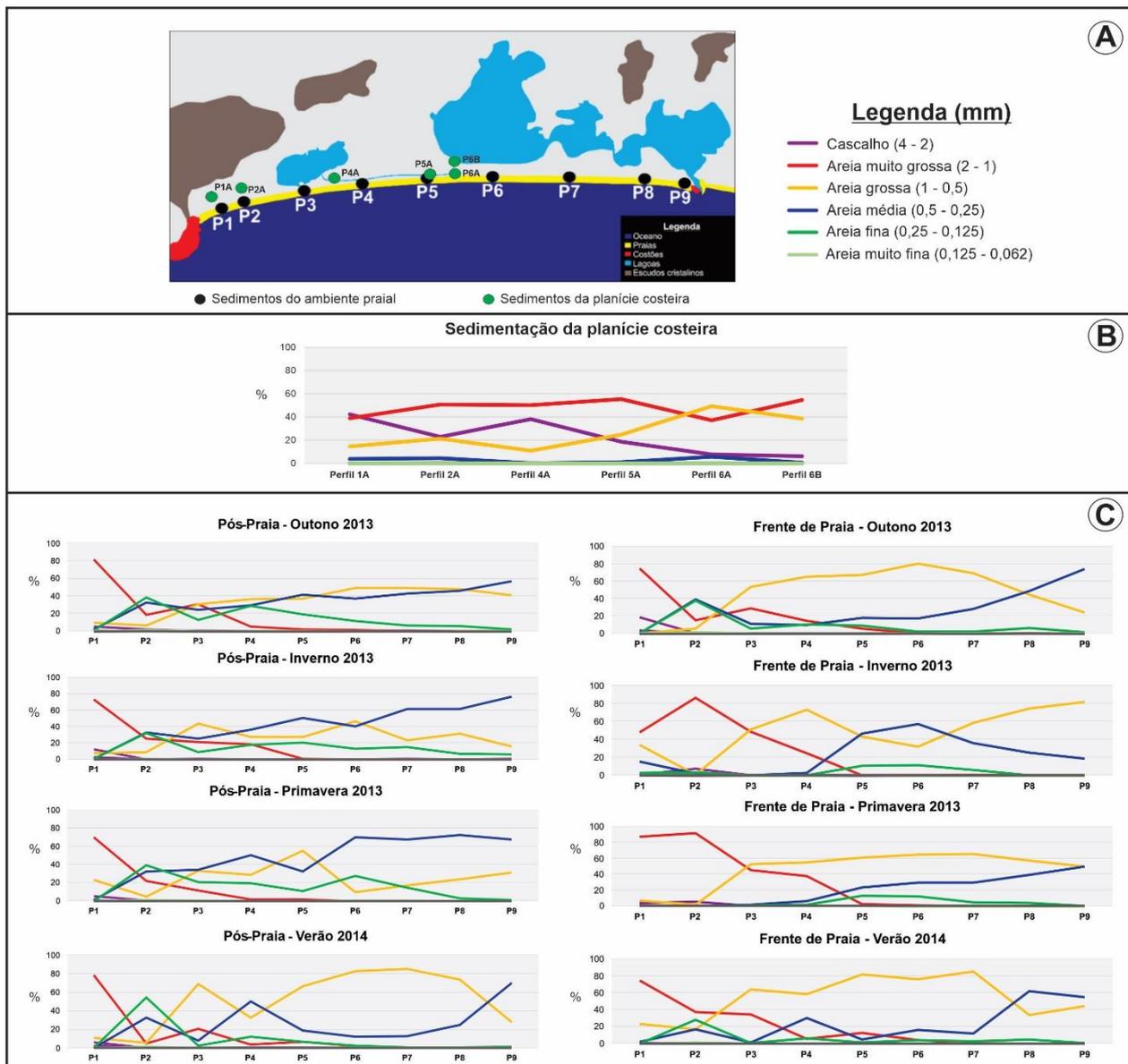


Figura 4. Localização dos pontos de coleta (a); Granulometria dos sedimentos das barreiras (b) e das praias de Jaconé-Saquarema (c), nas estações de outono, inverno e primavera de 2013, e verão de 2014.

O padrão de distribuição granulométrica no arco praial Jaconé-Saquarema é semelhante ao que foi observado por Silva, Silva e Santos (2008a), Silva et al. (2014c) e Silva et al. (2015) entre Itaipuaçu e Ponta Negra, onde predominam areias muito grossa com presença de cascalhos no extremo oeste, seguida de areia grossa a média nas demais áreas. Esse mesmo padrão se repete em diferentes trechos entre Niterói e Araruama, conforme Oliveira e Muehe (2013); e entre o Recreio dos Bandeirantes e a Barra da Tijuca, que também apresenta areias muito grossas no extremo oeste, grossa a média nas demais áreas (SOUSA; CASTRO, 2011). Esse padrão de distribuição dos sedimentos ao longo de um mesmo arco praial ocorre devido à relação entre os tamanhos dos grãos disponíveis e o nível de energia cinética das ondas (MUEHE, 1979). No estado do Rio de Janeiro, desde a Região da Baixada Litorânea de Jacarepaguá até Cabo Frio, isso ocorre como resultado da relação entre a orientação da linha de costa (basicamente leste-oeste), a incidência de ondas de maior energia (principalmente de sudoeste) e a interação destas com os costões nos extremos do arco praial. Deve-se considerar também a influência da morfologia do fundo, que contribui para a convergência de ondas, ocasionadas pela refração, nas áreas adjacentes aos afloramentos de rocha (SILVA; SILVA; SANTOS, 2008a).

Na área do perfil 2 (setor oeste) foram encontradas areias quartzosas fina (38-55%) a média (32-33%) e mal selecionadas no pós-praia (Figuras 4C e 5J), o que contrasta com o padrão verificado na frente de praia (areia muito grossa, com 37-92%) e nas demais áreas no arco praial (Figuras 4C e 5). Essa diferença é atribuída a presença do afloramento das rochas de praia na zona de intermaré, que protege parcialmente a região do pós-praia da intensa energia das ondas incidentes, permitindo o acúmulo de areias mais finas nessa área; ao mesmo tempo, que intensifica a ação das ondas que se chocam com os blocos de rocha na frente de praia. Apesar de funcionar na maior parte do tempo como uma barreira paralela à praia, essas rochas não impedem a troca de materiais entre a porção submersa e emersa da praia. A influência do afloramento de rochas de praia na sedimentação da praia, como verificado no perfil 2, também foi observada na praia do Porto das Dunas (CE), onde essas rochas tem contribuído para a interceptação da energia das ondas neste local e para o acúmulo de areia média e fina no pós-praia (MARINO; FREIRE; HORN FILHO, 2013).



Figura 5. Morfoscopia (b-y) das areias quartzosas (q) de praia (pós-praia e frente de praia). Observou-se também nas fotos: conchas (c), feldspato (f) e minerais pesados (mp).

A morfologia das areias encontradas no arco praial, predominantemente arredondadas e com textura brilhosa, aponta para a proveniência marinha, ou seja, é o resultado da atuação direta da energia das ondas (TUCKER, 2003). Devido à ausência de grandes rios desaguando na área de estudo e adjacências, os sedimentos da praia são oriundos em grande parte da plataforma continental interna, conforme ressaltado por Muehe (1989). As barreiras arenosas funcionam como obstáculos que impedem a chegada de sedimentos provenientes dos rios, neste arco praial (MUEHE; CARVALHO, 1993).

A distribuição dos sedimentos ao longo do arco praial através da corrente de deriva litorânea, ao que tudo indica, ocorre preferencialmente em direção a oeste e sob condição de tempo bom, com ondas provenientes de sudeste. A ausência de ilhas ou obstáculos ao longo dos 19 quilômetros de litoral favorece o transporte de areias paralelamente à praia, que diminui no setor oeste (perfis 1 e 2) devido à presença das rochas de praia, como ressaltado também por Fontenelle e Corrêa (2010). Esse mesmo padrão foi detectado por Muehe e Corrêa (1989) na praia da Massambaba, a leste da área de estudo. No entanto, durante a ocorrência de ondulações de sudoeste, a corrente de deriva litorânea tende a se deslocar para leste, acumulando sedimentos nessa direção, com destaque para o perfil 9, que registrou a maior largura (Figura 6I).

A presença das rochas de praia é um dos principais fatores que torna a dinâmica sedimentar tão singular neste arco praial. Os dados aqui apresentados sugerem a contribuição das rochas de praia de Jacané na acumulação de areias a retaguarda dessas formações rochosas, dificultando a atuação da corrente de deriva litorânea para oeste e, conseqüentemente, no transporte de sedimentos para o perfil 1 (sempre mais estreito). Em Itaipuaçu, a oeste da área de estudo, a influência das rochas de praia na troca de sedimentos entre a porção emersa e submersa da praia foi estudada por Muehe e Ignarra (1987). No entanto, a localização dos mesmos (na zona submarina) e a ausência de areias finas no pós-praia dificultam a comparação entre esses dois trechos costeiros.

4.3. Dinâmica e comportamento do arco praial de Jaconé-Squarema durante 6 anos

A altura das ondas na arrebentação varia bastante ao longo de todo o arco praial, podendo atingir 4 metros ou mais sob condição de tempestade, como observado em agosto de 2017 (Figura 6; Tabela 1). A forma de arrebentação do tipo mergulhante (plunging) predomina durante as ressacas, seguido pela progressiva (spilling), com poucos registros do tipo ascendente (surging) (Tabela 1), apesar da elevada declividade da região submarina (LAING, 1998). As ondas incidem quase sempre dos quadrantes sudeste e sul sob condição de tempo bom, com período médio entre 10 e 11 segundos. Durante a ocorrência de tempestades, a direção de incidência das ondas é de sudoeste e sul, com maiores variações no período médio, entre 9 e 15 segundos (Tabela 1). Excepcionalmente, podem ocorrer tempestades com ondas incidindo de sudeste, como ocorrido na ressaca de 2017 (Tabela 1). As condições de mar descritas para a área de estudo se assemelham às áreas vizinhas, nos litorais de Maricá (SILVA; SILVA; SANTOS, 2008a) e de Niterói (ECCARD; SILVA; SILVESTRE, 2017). A corrente de deriva litorânea é mais atuante no trecho do arco praial entre os perfis 3 e 9, e parece deslocar-se preferencialmente em direção a oeste em resposta a incidência de ondas de sudeste na maior parte do tempo (Tabela 1), contribuindo para o transporte de sedimentos nessa direção.

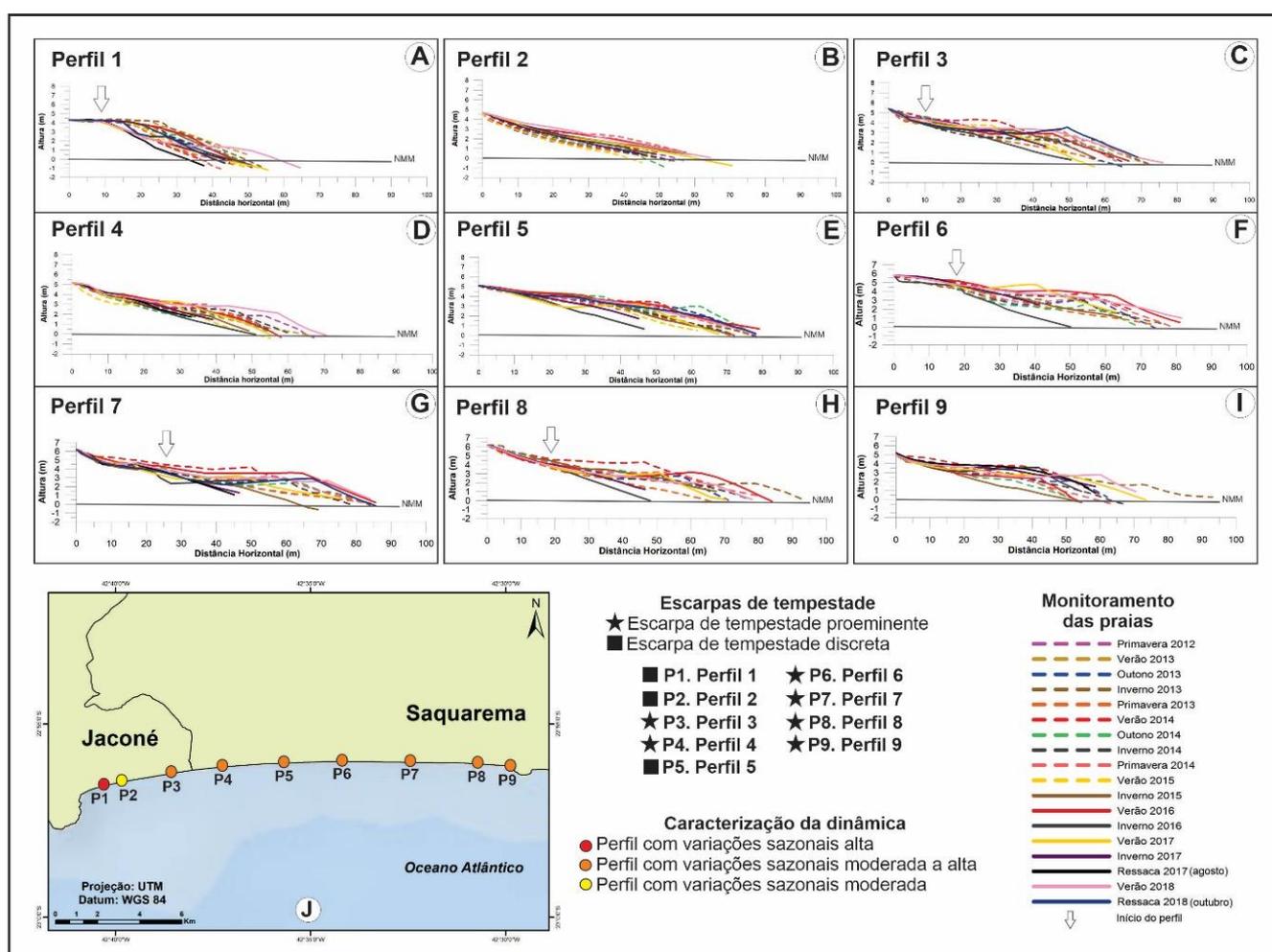


Figura 6. Perfis topográficos de praia sobrepostos (a-i) e caracterização da dinâmica do arco praial Jaconé-Squarema (j).

O extremo oeste do arco praial (perfil 1 – Figura 6J), apresentou um estágio morfodinâmico refletivo, e exibiu as maiores variações na morfologia e na largura da praia no período entre 2012 e 2018, com a mínima de 31,5 e máxima de 55,5 metros (Tabela 1). Com largura média da faixa de areia emersa de apenas 41,5 metros, este é o trecho mais estreito ao longo de todo arco praial (Figura 6A; Tabela 1). O perfil da praia, com altura média de 4,5 metros em relação ao nível médio do mar, apresenta bermas, geralmente estreitas, horizontais e/ou eventualmente inclinadas para o continente. Cúspides de praia rítmicos são comumente observados na zona de intermaré, que apresenta declividade média de 5,3° (Tabela 1). Apesar de mais evidentes na área do perfil 1, as cúspides de praia

são encontradas ao longo de todo o arco praial de Jaconé-Squarema. Essas feições, muito comuns em praias, são formadas por ondas de borda (*edge waves*) associadas ao espraiamento e refluxo das ondas, combinado ao efeito de correntes de retorno (GUZA; INMAN, 1975).

O setor oeste (perfil 2 – Figura 6J), tipicamente refletivo, exibiu menores variações na morfologia, quando comparado as demais áreas (Figura 6B; Tabela 1). A largura média da praia foi de 53,9 metros até a linha d'água, com a mínima de 45 metros e a máxima de 70,5 metros. Este trecho do arco praial apresentou perfis aplainados, com altura média de 4 metros e apenas 3° de inclinação em direção ao mar (Figura 6B; Tabela 1). O comportamento moderado neste trecho, com variações mais discretas no pós-praia (Figura 6B, J), é causado pela presença das rochas de praia de Jaconé que dissipam parcialmente as ondas de alta energia. O aumento na largura da praia (mais evidente no verão) comumente está associado com a incorporação de sedimentos oriundos da região submersa; neste caso, também pode ser o resultado do acúmulo de areias trazidas pela corrente de deriva litorânea, barradas pelas rochas de praia localizadas em meio à zona de intermaré. A diminuição na largura da praia durante as ressacas ocorridas, em particular em 2017 (DHN, 2018), provavelmente foi influenciada pela presença destes blocos de rochas que, ao mesmo tempo em que protegem a região do pós-praia, também acentuam a reflexão das ondas incidentes (LAING, 1998), aumentando a capacidade de remobilização sedimentar na porção submersa da praia. As rochas de praia apresentam-se parcialmente expostas nos períodos de calmaria, como observado na primavera de 2014 e verão de 2016 (Figura 6B); sendo, portanto, mais facilmente observadas durante a ocorrência de eventos de tempestades (Figura 2C), quando a remoção de areias permite uma maior exposição desses blocos de rocha. Comportamento semelhante foi observado na praia de Sirinhaém (PE), onde as rochas de praia funcionam como uma proteção natural e os perfis topográficos são mais suaves e de menor declividade (MANSO et al., 2001).

Entre os perfis 3 e 9, o arco praial de Jaconé-Squarema apresentou uma morfodinâmica variando entre refletiva e intermediária, e exibiu uma largura média entre 50 e 70 metros até a linha d'água ao longo de 6 anos de monitoramento (Figura 6; Tabela 1). Como resultado de uma dinâmica fortemente marcada por rápidas mudanças nas condições de mar, a largura da praia oscilou entre a mínima de 22,5 metros no perfil 6 (inverno 2017 – Figura 6F) e a máxima de 93 metros no perfil 9 (inverno de 2013 – Figura 6I). O arco praial Jaconé-Squarema apresentou altimetria média entre 4 e 5 metros em relação ao nível médio do mar, e declividade variando entre 4° e 9°, com ligeiro aumento em direção a leste (Tabela 1).

A escarpa no limite interno da praia mede entre 1 e 2 metros de altura e tem sido constantemente alcançada por ondas durante a ocorrência de tempestades (Figura 2D). Bermas são comumente observadas neste trecho e em quantidades que podem variar entre 1 e 2 (Figuras 2D; 6), resultantes da rápida reconstrução dos perfis após eventos de tempestade. A variabilidade dos perfis topográficos de praia nas demais áreas (perfis 3 a 9) foi expressiva e é considerada como resultante de uma dinâmica que se alterna entre moderada a alta (Figura 6C a J).

A presença do costão no extremo leste do arco praial em Squarema (Figura 1) representa uma barreira geológica, bloqueando o deslocamento contínuo de areias para outras praias localizadas à leste da área de estudo. Neste sentido, o perfil 9 (Figura 6I) tende a concentrar essas areias, transportadas no momento em que a corrente de deriva litorânea tende a atuar com mais eficácia, impulsionada pela incidência de ondas de sudoeste, com maior energia. No extremo oeste (perfil 1 – Figura 6A), os costões parecem contribuir para a convergência da energia das ondas neste setor da praia. O mesmo foi verificado no extremo oeste da praia de Itaipuaçu por Muehe (1979) e Silva, Silva e Santos (2008a), onde a elevada variabilidade morfológica dos perfis topográficos de praia próximo ao costão foi atribuída à convergência da energia das ondas nessa área devido a influência das formações rochosas. Afastando-se dessas áreas, a variabilidade dos perfis topográficos tende a diminuir, como constatado por Silva, Silva e Santos (2008a).

Entre os anos de 2012 e 2015, as variações morfológicas e na largura foram mais discretas quando comparado ao período entre 2016 e 2018, que registrou diferenças mais acentuadas entre verão e inverno (Figura 6A a I). Nesse período (2016-2018), a área de estudo foi atingida por um total de 65 ressacas (DHN, 2018). A de maior intensidade ocorreu no mês de agosto de 2017 e foi formada pela influência combinada de um ciclone extratropical e anticiclone de origem polar, que resultou na incidência de ondas de sudeste de até 5 metros de altura (CLIMATEMPO, 2017). Essas ondas causaram um rápido estreitamento dos perfis de praia (Figura 6A a I), com uma recuperação 3 a 5 dias após os eventos de ressaca. Essas mudanças evidenciam a suscetibilidade deste litoral à incidência de ondas de tempestade. A quase total ausência de ressacas expressivas entre os anos de 2012 e 2015 pode ter sido causada pela influência do El Niño. Segundo Fernandez e Muehe (2006) e Pereira e Klumb-Oliveira (2015), o El Niño, conhecido

pelo aquecimento das águas superficiais do Oceano Pacífico, tende diminuir a chegada de frentes frias na Região Sudeste do Brasil, alterando a frequência dos eventos de ressaca, mais recorrentes no outono e inverno.

Apesar da elevada variabilidade dos perfis topográficos, o arco praial Jaconé-Saquarema se apresenta, ao que tudo indica, em equilíbrio dinâmico com as condições de nível do mar atual. Os resultados obtidos a partir do cálculo do volume de sedimentos emersos da praia também apontam para este comportamento (Figura 7). A relação entre ganho e perda de sedimentos, entre os anos de 2012 e 2018 (Figura 7), parece indicar a mesma tendência de estabilidade sugerida pelos perfis topográficos de praia (Figura 6). A perda de sedimentos nos meses de inverno segue um padrão de rápida recuperação do pacote sedimentar, com destaque para o inverno de 2016 no perfil 6 (centro do arco praial) que, sob condição de mar agitado, apresentou uma perda de 167 m³/m, cerca de 52% dos sedimentos da parte emersa da praia neste setor (Figura 7G). Essa perda é seguida por uma recuperação de 117 m³/m (77%) no monitoramento subsequente. O mesmo comportamento foi observado no verão de 2018 no perfil 7 (centro-leste do arco praial), onde a praia obteve um ganho de 114 m³/m, ou seja, 69% dos sedimentos perdidos anteriormente foram recuperados no inverno e na ressaca monitorada em 2017 (Figura 7H).

Na década de 1970, Muehe (1979) retratou pela primeira vez o comportamento dinâmico da praia de Jaconé, e chamou a atenção para a presença de bermas e escarpas bem desenvolvidas e para a declividade acentuada da mesma, em resposta a energia das ondas. Fontenelle e Corrêa (2010), com base em perfis topográficos dos anos de 2008 a 2010, destacam que a largura média da praia variou entre 62-78 metros; ligeiramente superior ao verificado entre 2012 e 2018, quando a largura média apresentada correspondeu a 50-70 metros nas mesmas áreas (perfis 5, 6 e 7 – Figuras 6E, F, G). Essa ligeira redução na largura média da praia na última década (entre 2008 e 2018) é discreta e pode ser resultado da elevada dinâmica em resposta às variáveis oceanográficas combinadas com as características meteorológicas atuantes neste trecho costeiro. A integração dos dados recentes (2012 a 2018) com estudos anteriores, realizados na década de 1970 (MUEHE, 1979, 1984; IGNARRA, 1989) e nos anos de 2008-2010 (FONTENELLE; CORRÊA, 2010), apontam para uma elevada dinâmica deste arco praial, porém, sugestiva de uma condição de estabilidade para este sistema costeiro. Segundo Bird (2008), a estabilidade está condicionada à entrada de sedimentos suficientes para equilibrar as perdas episódicas, que ocorrem nos momentos de maior energia. A maior frequência de ondas construtivas de sul e, principalmente, de sudeste neste litoral contribuem de forma rápida para a reconstrução do perfil praial, como também ressaltado por Muehe e Corrêa (1989), o que parece não ocorrer com a área do perfil 1 (Figuras 6A e 7B), considerado o mais suscetível.

O arco praial de Jaconé-Saquarema apresenta elevada dinâmica, como observado nos seus 19 quilômetros de extensão. Essa dinâmica é: (1) mais alta no extremo oeste (área do perfil 1), possivelmente devido a influência do costão de Ponta Negra; (2) moderada na porção oeste (perfil 2), em razão da presença de rochas de praia que protegem este setor do litoral; e (3) moderada a alta nas demais áreas em direção a leste (perfis 3 a 9). O extremo oeste (perfil 1), mais estreito (Figura 6A) e com reduzido estoque de sedimentos (Figura 7B), é o mais suscetível à incidência de ondas que convergem para o costão de Ponta Negra.

A presença das rochas de praia na zona de intermaré (perfil 2) é responsável pelas menores variações dos perfis topográficos de praia em comparação aos demais locais monitorados (Figura 6B, J). Apesar da proteção exercida pelas rochas de praia de Jaconé neste trecho, que dissipam parcialmente as ondas de tempestade, as ondas de tempo bom têm capacidade de remobilizar sedimentos da porção submarina, transportando-os para a parte emersa e soterrando boa parte dos blocos de rocha. Nas demais áreas, onde a dinâmica é considerada moderada a alta (perfis 3 a 9), a variabilidade na morfologia e largura da praia é intensa e reflete a ação das ondas de tempestades ao longo de toda a extensão da praia (Figura 6C a J).

Tabela 1. Características das praias monitoradas em Jaconé-Saquarema.

Perfil	Localização	Setor	Condições de mar				Morfologia			Sedimentologia					Estágio morfodinâmico Wright e Short (1984)
	Latitude/ Longitude		H (m) ¹	T (s) ²	Direção	Arrebentação ³	Altura (m)	Largura (m)	Inclinação	Fração predominante	Classificação Wentworth (1922)	Composição ⁴	Morfoscopia	Grau de selecionamento ⁵	
Perfil 1	22°56'33.60"S 42°40'16.92"O	Extremo oeste	0,44 – 4,50	7,25 – 15,11	S-SE	M/P/A	4,5	31,5 – 55,5	5,3°	Areia muito grossa	Areia cascalhosa	Q/F/FC	Arredondado e bem arredondado	BS	Refletivo
Perfil 2	22°56'26.39"S 42°39'43.90"O	Oeste	0,53 – 2,98	8,93 – 13,70	S	M/P	4	45 – 70,5	2°	Areia muito grossa a fina	Areia	Q/F/FC	Angular e bem arredondado	MS/MOS	Refletivo
Perfil 3	22°56'13.53"S 42°38'33.25"O	Oeste	0,29 – 2,65	8,85 – 13,74	S-SE	M/P	4,4	34,5 – 66	4°	Areia grossa a muito grossa	Areia	Q/F/FC	Subarredondado e bem arredondado	MBS	Refletivo
Perfil 4	22°56'4.14"S 42°37'14.58"O	Centro-oeste	0,44 – 4,50	8,79 – 14,25	S-SE	M/P	4,2	37,5 - 70,5	8°	Areia grossa a média	Areia	Q/F/FC	Subangular e bem arredondado	MBS	Intermediário
Perfil 5	22°55'58.48"S 42°35'40.95"O	Meio do arco praial	0,51 – 2,51	8,98 – 14,25	S-SE	M/P	4,5	45 – 79,5	4°	Areia grossa a média	Areia	Q/F/FC	Arredondado e bem arredondado	MBS	Refletivo
Perfil 6	22°55'56.8"S 42°34'11.6"O	Meio do arco praial	0,51 – 2,95	8,82 – 13,78	S-SE	M/P	5,3	22,5 - 67,5	4°	Areia grossa a média	Areia	Q/F	Subangular e arredondado	MBS	Intermediário
Perfil 7	22°55'57.8"S 42°32'26.0"O	Centro-leste	0,51 – 4,50	7,79 – 13,00	S-SE	M/P	5	25,5 – 78	7°	Areia grossa a média	Areia	Q/F	Subangular e subarredondado	MBS	Intermediário
Perfil 8	22°55'59.8"S 42°30'42.5"O	Leste	0,42 – 2,96	8,73 – 12,97	S-SE	M/P	4,7	27 – 72	8°	Areia grossa a média	Areia	Q/MP	Subangular e arredondado	MBS	Intermediário
Perfil 9	22°56'3.50"S 42°29'51.47"O	Extremo leste	0,49 – 4,50	8,55 – 13,54	S	M/P	4	52 – 93	9°	Areia média a grossa	Areia	Q	Subangular	MBS	Intermediário

- 0 Legenda: ¹Altura da onda na zona de arrebentação (em metros); ² Período da onda (em segundos), ambos observados durante os monitoramentos de campo; ³ Forma de arrebentação predominante observada durante os monitoramentos de campo: M – Mergulhante; P – Progressiva; A – Ascendente. ⁴ Composição dos sedimentos das praias: Q – Quartzo; F – Feldspato; MP – Mineral pesado; FC – Fragmento de concha; ⁵ Grau de selecionamento: BS – Bem selecionado; MBS – Moderadamente bem selecionado; MOS – Moderadamente selecionado; MS – Mal selecionado.

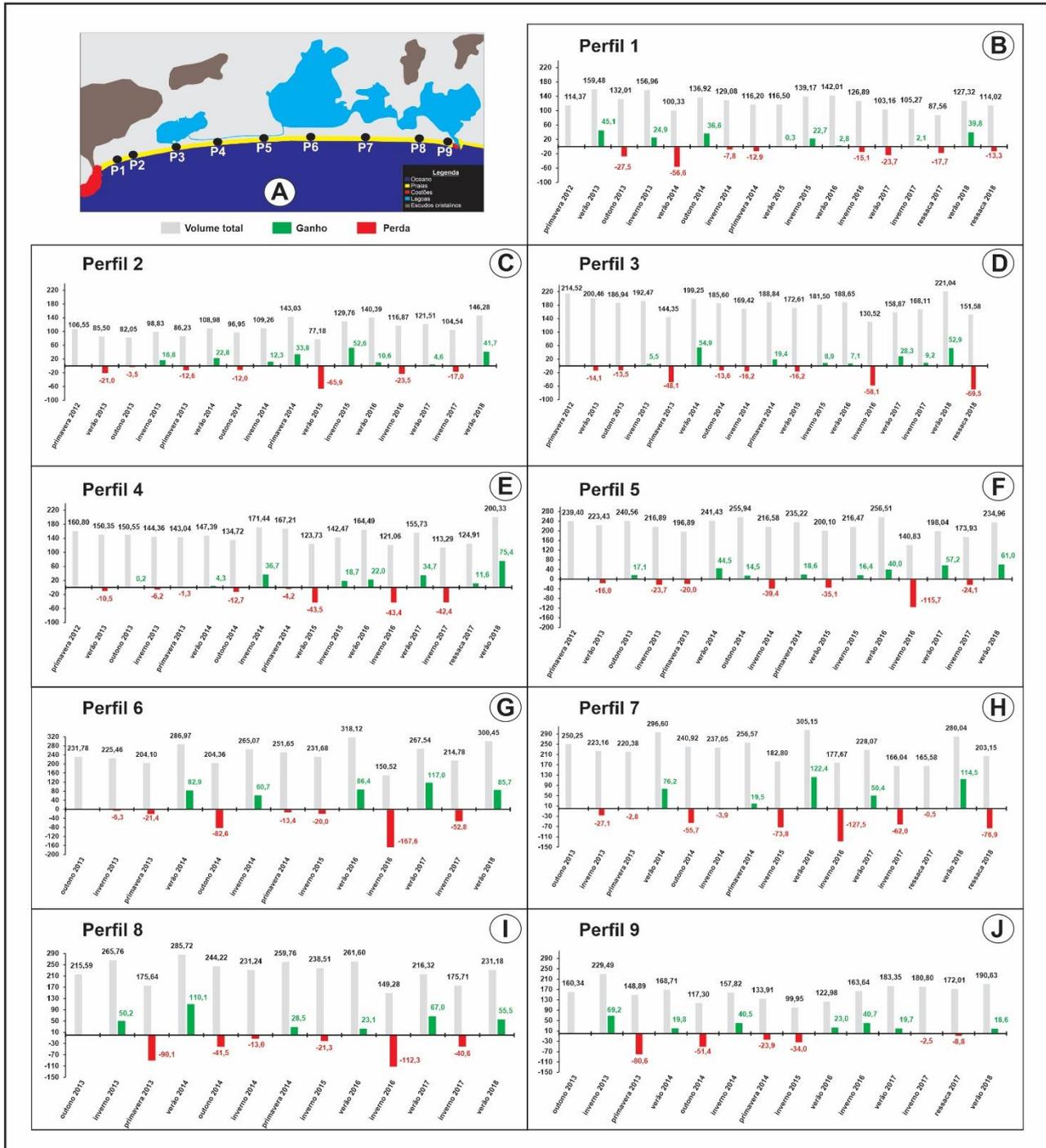


Figura 7. Volume emerso dos sedimentos (em m³/m) do arco praial de Jaconé-Saquarema (b-j).

O litoral de Jaconé-Saquarema possui uma vulnerabilidade moderada a elevada ao fenômeno de transposição de ondas (LINS-DE-BARROS, 2017), com inúmeros registros de alagamentos, inundações e ressacas nas últimas décadas. Nos 6 anos de monitoramento, a transposição de ondas foi observada em diferentes locais no arco praial. Eventos de tempestades intensas tem se tornado cada vez mais frequentes nos últimos 20 anos, e têm causado diversos prejuízos para a população residente no litoral (WEBSTER, 2005; LINS-DE-BARROS, 2018), principalmente para aquelas que ocupam áreas indevidas na planície costeira.

Tratando-se de um litoral com elevada dinâmica, os problemas existentes (LINS-DE-BARROS et al., 2018) decorrem, em grande parte, da elevada suscetibilidade deste à incidência de ondas de tempestades. Os eventos de tempestade de alta magnitude tendem a causar danos às obras de engenharia construídas próximo a praia, como já ocorreu com alguns quiosques, muros, casas e em diversos trechos pavimentados (Figura 8A). A transposição

de ondas neste arco praial é recorrente durante eventos de alta magnitude, principalmente se coincidente com a ocorrência de maré alta de sizígia, quando água e sedimentos transpõem a barreira, bem como na sua face voltada para o continente, formando os depósitos de leques de transposição (Figura 8B; C; D). Essas feições costeiras apontam para a necessidade de se evitar construir nas áreas mais dinâmicas e junto ao limite interno da praia, algo bastante comum em diversos litorais, reflexo da falta de planejamento da ocupação na zona costeira, como ressalta Nicolodi e Petermann (2010).



Figura 8. Destruição da Avenida Litorânea (a); Transposição de ondas (*overwash*) sobre a barreira arenosa (b, c, d). Fotos: (a) André Silva, 2001; (b) Fala Jaconé, 2011; (c) Tania Garabini, 2016; (d) Adventures – trilhas e viagens.

5. Conclusões

Na planície costeira de Jaconé-Saquarema, a barreira holocênica possui uma morfologia bastante irregular comparada a barreira pleistocênica, que apresenta uma morfologia mais suave e mais larga. A barreira pleistocênica, com cerca de 5 a 7 metros de altura em relação ao nível médio do mar, é ligeiramente mais elevada que a barreira holocênica (5-6 metros). A comparação com estudos anteriores mostra uma redução média de 1,5 metros na altura da barreira pleistocênica, influenciada pelas intervenções de natureza antropogênica, como estradas de terra ou asfaltadas e um número cada vez maior de residências. O intenso crescimento urbano sobre as áreas das barreiras e junto ao limite interno da praia é o principal fator de alteração da paisagem neste litoral e tem se intensificado nos últimos anos em Jaconé.

A sobreposição dos perfis topográficos permitiu observar a variabilidade na largura e na morfologia de cada setor da praia; da mesma forma, a análise espacial integrada dos nove setores monitorados ao longo dos 19 km de arco praial tornou possível o entendimento do comportamento do litoral estudado no decorrer de 6 anos e a identificação das áreas mais suscetíveis às ondas de tempestade, com destaque para o extremo oeste pela largura reduzida. O arco praial de Jaconé e Saquarema apresenta características distintas quanto a sua largura, que variou entre 31,5 metros (perfil 1) e 93 metros (perfil 9); e morfologia, com formas aplainadas e irregulares. Isso ocorre devido a fatores como: (1) a alternância na energia das ondas incidentes; (2) a ação das correntes de deriva litorânea

e de retorno, transportando sedimentos paralela e perpendicularmente à linha de costa, respectivamente; (3) a influência dos costões rochosos nas extremidades do arco praial; (4) a presença das rochas de praia, atuando como uma barreira no setor oeste do arco praial.

O arco praial Jaconé-Saquarema apresenta uma elevada dinâmica, com intensa energia das ondas de tempestade e a interação destas com o costão e as rochas de praia no setor oeste de Jaconé, verificando-se ligeira diminuição na energia em direção a Saquarema, no extremo leste. As variações morfológicas mais discretas entre os anos de 2012 e 2015 refletem um período de maior calmaria e com menos ressacas, possivelmente pela influência do El Niño. As diferenças mais acentuadas entre os anos de 2016 e 2018 resultam de um aumento significativo no número de ressacas. Os dados de perfis de praia e os resultados obtidos a partir do cálculo do estoque de sedimentos mostram uma boa capacidade de recuperação da praia após os eventos de ressaca, e apontam para a estabilidade deste ambiente no intervalo de 6 anos.

Os sedimentos do sistema praia-barreira arenosa são constituídos predominantemente por areias quartzosas, moderadamente selecionadas, com a morfologia dos grãos predominando entre arredondados e bem arredondados. No ambiente praial, os sedimentos apresentaram diminuição no tamanho dos grãos de oeste para leste, variando de areia muito grossa a média, respectivamente. O acúmulo de areias finas a retaguarda das rochas de praia de Jaconé reflete a diminuição da energia das ondas incidentes neste setor e mostra a importância dessas rochas na proteção do litoral. Os grãos de quartzo predominantemente arredondados e com brilho vítreo evidenciam um maior tempo de retrabalhamento destes no ambiente e em meio aquoso. Tais características são comuns em sedimentos de praia onde a contribuição marinha é predominante.

A elevada dinâmica deste litoral aliada à existência de rochas de praia em Jaconé, considerado um patrimônio geológico e histórico, reforça a importância de se adotar medidas de gerenciamento costeiro que sejam capazes de garantir o equilíbrio e a preservação desta área, de valor inestimável. A destruição de estruturas urbanas ao longo do litoral, em decorrência de eventos de tempestade de grande magnitude, é algo recorrente na área de estudo. O comportamento dinâmico, aliado as mudanças ambientais em curso, que ocasionam problemas no litoral de Jaconé-Saquarema devem ser cuidadosamente analisadas.

Contribuições dos Autores: Concepção, V. C. S. Dutra e A. L. C. Silva; metodologia, A. L. C. Silva; S. C. Vasconcelos; S. R. Oliveira Filho; software, V. C. S. Dutra; A. L. C. Silva; A. B. Pinheiro; S. R. Oliveira Filho; validação, V. C. S. Dutra e A. L. C. Silva; análise formal, V. C. S. Dutra e A. L. C. Silva; pesquisa, V. C. S. Dutra; A. L. C. Silva; A. B. Pinheiro; recursos, A. L. C. Silva; preparação de dados, V. C. S. Dutra e A. L. C. Silva; escrita do artigo, V. C. S. Dutra e A. L. C. Silva; revisão, V. C. S. Dutra; A. L. C. Silva; A. B. Pinheiro; S. C. Vasconcelos; S. R. Oliveira Filho; supervisão, V. C. S. Dutra e A. L. C. Silva; aquisição de financiamento, A. L. C. Silva. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Financiamento: Esta pesquisa foi financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado à primeira autora.

Agradecimentos: Agradecemos aos estudantes do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO - FFP/UERJ) e funcionários que deram apoio a essa pesquisa. Agradecemos também aos Laboratório de Sedimentologia (UFF) e Laboratório de Dinâmicas da Natureza (FFP/UERJ), por ter cedido seus espaços para análises diversas. Agradecimento especial à professora Maria Augusta Martins da Silva, pela revisão e suas contribuições neste artigo. O mesmo se estende aos revisores da RBG, pelo excelente trabalho realizado.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referências

1. ARAÚJO, D. S. D., HENRIQUES, R. P. B. Análise florística das restingas do estado do Rio de Janeiro. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (org.) **Restingas: Origem, Estrutura e Processos**. Niterói: CEUFF, 1984. p. 47-60.
2. BIAZZI, F. M.; TONELLO, D. **Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) Terminal de Ponta Negra (TPN)**. São Paulo: ARCADISlogis, 2014. 88 p.
3. BIRKEMEIER, W. A. **A user's guide to ISRP: The interactive survey reduction program**. In: Instruction Report CERC-84-1, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station. Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, 1984. 118 p.

4. BIRD, E. C. F. **Coastal Geomorphology: An Introduction**. 2ª Ed. Chichester: Other Iley Editorial Offices, 2008. 411p.
5. CLIMATE-DATA.ORG. **Clima Maricá (Brasil)**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-de-janeiro/marica-3999/>
6. CLIMATEMPO. **Raro anticiclone polar passa pelo Atlântico Sul**. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/videos/video/fDedTbO71-w>
7. DAVIS JR. R. A. Beach and Nearshore Zone. In: **Coastal Sedimentary Environments**. New York: Springer-Verlag, 1985. p. 379-444.
8. DAVIS JR. R. A.; FITZGERALD, D. M. **Beaches and Coasts**. United Kingdom: Blackwell Publishing, 2004. 419p.
9. DHN. **Tábua das marés para o Porto do Rio de Janeiro - Ilha Fiscal**. 2013. Disponível em: <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/>
10. DHN. **Serviço Meteorológico Marinho – Avisos de Mau Tempo**. 2018. Disponível em: <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/avisos/avisos.htm>
11. ECCARD, L. R.; SILVA, A. L. C.; SILVESTRE, C. P. Variações morfológicas nas praias oceânicas de Niterói (RJ, Brasil) em resposta a incidência de ondas de tempestades. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 1, p. 41-55, 2017. DOI: 10.5935/1984-2295.20170011
12. EMERY, K. O. A Simple Method of Measuring Beach Profiles. **Limnology and Oceanography**, v. 6, p. 90-93, 1961. Disponível em: <https://doi.org/10.4319/lo.1961.6.1.0090>
13. FERNANDEZ, G. B.; MUEHE, D. Algumas considerações sobre o efeito do fenômeno El Niño sobre feições costeiras ao longo da costa brasileira. **GEOgraphia**, v. 8, n. 15, p. 115-128, 2006. DOI: 10.22409/GEOgraphia2006.v8i15.a13513
14. FIGUEIREDO, M. S.; ROCHA, T. B.; FERNANDEZ, G. B. Geomorfologia e arquitetura deposicional interna da barreira costeira holocênica da Massambaba, litoral do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 3, p. 447-464, 2018. DOI: 10.20502/rbg.v19i3.1374
15. FONTENELLE, T. H.; CORRÊA, W. B. Gerenciamento e Morfodinâmica Costeira do Arco Praial de Jaconé-Squarema, Estado do Rio de Janeiro. In: XVI Encontro Nacional dos Geógrafos, 2010, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: AGB. 2010. p. 1-12. ISBN: 978-85-99907-02-3.
16. FRIEDMAN, G. M.; SANDERS, J. E. **Principles of Sedimentology**. New York: John Wiley & Sons, 1978. 792p.
17. GUZA, R. T.; INMAN, D. L. Edge waves and beach cusps. **Journal of Geophysical Research Atmospheres**, v. 80, n. 21, p. 2997-3012, 1975. DOI: 10.1029/JC080i021p02997
18. IGNARRA, S. M. N. **Os arenitos de praia de Itaipuaçu e Jaconé – RJ: origem, idade, distribuição e influência no fluxo de sedimentos**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 1989. 60p.
19. INEA. **Elaboração de projeto executivo e construção da obra de fixação da barra franca de Squarema**. Rio de Janeiro: INEA, 2011. 49p.
20. IRELAND, S. The Holocene sedimentary history of the coastal lagoons of Rio de Janeiro State, Brazil. In: TOOLEY, M.; SHENNAM, I. (eds.). **Sea Level Changes**. Oxford: Brazil Blackwell Ltd, 1987. p. 25-66.
21. KOMAR, P. D. **Beach Processes and Sedimentation**. New Jersey: Prentice-Hall Inc., 1976. 429p.
22. LAMEGO, A. R. **Restingas na costa do Brasil**. Divisão de Geologia e Mineralogia (DNPM), Boletim n. 96, 1940, 92p.
23. LAING, A. K. **Guide to Wave Analysis and Forecasting**. 2ª Ed. Geneva: World Meteorological Organization, 1998. 159p.
24. LINS-DE-BARROS, F. M. Integrated coastal vulnerability assessment: A methodology for coastal cities management integrating socioeconomic, physical and environmental dimensions - Case study of Região dos Lagos, Rio de Janeiro, Brazil. **Ocean & Coastal Management**, n. 149, p. 1-11, 2017. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2017.09.007
25. LINS-DE-BARROS, F. M.; KLUMB-OLIVEIRA, L.; LIMA, R. F. Avaliação histórica da ocorrência de ressacas marinhas e danos associados entre os anos de 1979 e 2013 no litoral do estado do Rio de Janeiro (Brasil). **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 18, n. 2, p. 85-102, 2018. DOI: 10.5894/rgci-n146
26. MACARIO, K. D. ALVES, E. Q.; BELÉM, A. L.; AGUILERA, O.; BERTUCCI, T.; TENÓRIO, M. C.; OLIVEIRA, F. M.; CHANCA, I. S.; CARVALHO, C.; SOUZA, R.; SCHEEL-YBERT, R.; NASCIMENTO, G. S.; DIAS, F.; CAON, J. The marine reservoir effect on the coast of Rio de Janeiro: Deriving δr values from fish otoliths and mollusk shells. **Radiocarbon**, v. 60, Issue 4 (2nd Radiocarbon in the Environment Conference Debrecen), p. 1-18, 2018. DOI: 10.1017/RDC.2018.23
27. MALTA, J. V.; ALENCAR, J. W.; OLIVEIRA, C. A.; COUTO, C. Rochas de praia “beachrocks” da Ilha de Cabo Frio – Litoral do Estado do Rio de Janeiro - Sudeste Brasileiro: Gênese e Geocronologia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 2, p. 397-409, 2017. DOI: 10.20502/rbg.v18i2.909
28. MANSO, V. A. V.; TOLDO JR. E. E.; MEDEIROS, C.; ALMEIDA, L. E. S. B. Perfil Praial de Equilíbrio da Praia de Serinhaém, Pernambuco. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 45-49, 2001. DOI: 10.20502/rbg.v2i1.7
29. MANSUR, K. L.; RAMOS, R. R. C.; GODOY, J. M. O.; NASCIMENTO, V. M. R. Beachrock de Jaconé, Maricá e Squarema - RJ: importância para a história da ciência e para o conhecimento geológico. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 41, n. 2, p. 290-303, 2011. DOI: 10.25249/0375-7536.2011412290303

30. MANSUR, K.; GUEDES, E.; ALVES, M. G.; NASCIMENTO, V.; PRESSI, L. F.; COSTA JR., N.; PESSANHA, A.; NASCIMENTO, L. H.; VASCONCELOS, G. Geoparque Costões e Lagunas do Estado do Rio de Janeiro. RJ. In: SCHOBENHAUS, C.; SILVA, C. R. **Geoparques do Brasil: propostas**. Rio de Janeiro: CPRM, 2012. p. 689-745.
31. MARINO, M. T. R. D.; FREIRE, G. S. S.; HORN FILHO, N. O. Variações granulométricas ao longo da costa da região metropolitana de Fortaleza, Ceará, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 13, n. 3, p. 267-282, 2013. DOI: 10.5894/rgci411
32. MUEHE, D. Sedimentology and topography of a high energy coastal environment between Rio de Janeiro and Cabo Frio - Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 51, n. 3, p. 473-481, 1979. ISSN: 0001-3765.
33. MUEHE, D. Evidências de recuo dos cordões litorâneos em direção ao continente no litoral do Rio de Janeiro. In: LACERDA, L. D., ARAÚJO, D. S. D. DE., CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. Simpósio sobre Restingas Brasileiras, 1984. **Anais...** Niterói: CEUFF. 1984. p. 75-80.
34. MUEHE, D.; IGNARRA, S. O Arenito de Praia de Itaipuaçu e sua influência no fluxo de sedimentos. In: LAMEGO, A. R. (ed.). I Simpósio de Geologia Regional RJ-ES, 1987. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia. 1987. p. 57-62.
35. MUEHE, D. Distribuição e caracterização dos sedimentos arenosos da plataforma continental interna entre Niterói e Ponta Negra, RJ. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 19, n. 1, p. 25-36, 1989.
36. MUEHE, D.; CORRÊA, C. H. T. Dinâmica de praia e transporte de sedimentos na restinga de Massambaba. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 19, n. 3, p. 387-392, 1989.
37. MUEHE, D.; CARVALHO, V. G. DE. Geomorfologia, cobertura sedimentar e transporte dos sedimentos na plataforma continental interna entre a Ponta de Saquarema e Cabo Frio (RJ). **Boletim do Instituto Oceanográfico (online)**, v. 41, n. 1-2, p. 01-12, 1993. DOI: 10.1590/S0373-55241993000100001
38. MUEHE, D.; CASTRO, L. C.; ALBINO, J. Nota Técnica – Perfis de praia: deve o método das balizas de Emery ser abandonado? **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 1, p. 209-215, 2020. DOI: 10.20502/rbg.v21i1.1725
39. NICOLÓDI, J. L.; PETERMANN, R. M. Mudanças climáticas e a vulnerabilidade da zona costeira do Brasil: Aspectos ambientais, sociais e tecnológicos. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 10, n. 2, p.151-177, 2010. DOI: 10.5894/rgci206
40. NICHOLS, G. Clastic coasts and estuaries. In: *Sedimentology and Stratigraphy*. Second Edition. Chichester: John Wiley & Sons, 2009. p. 199-214.
41. OLIVEIRA FILHO, S. R.; SANTOS, R. A.; FERNANDEZ, G. B. Erosão e recuperação de praias refletivas de alta energia impactadas por ondas de tempestade geradas por ciclone tropical. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 2, p. 289-312, 2020. DOI: 10.20502/rbg.v21i2.1455
42. OLIVEIRA FILHO, S. R.; FERNANDEZ, G. B. Nota Técnica - Coastal MD: programa de cálculo de parâmetros adimensionais para classificação morfodinâmica de praias arenosas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 22, n. 3, 2021. DOI: 10.20502/rbg.v22i3.1971
43. OLIVEIRA, J. F. DE; MUEHE, D. Identificação das áreas de sedimentos compatíveis na plataforma continental interna para recuperação de praias entre as cidades de Niterói e Macaé - Rio de Janeiro, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v.13, n.1, p. 89-99, 2013. DOI: 10.5894/rgci362
44. PEREIRA, N. E. S.; KLUMB-OLIVEIRA, L. A. Analysis of the influence of ENSO phenomena on wave climate on the central coastal zone of Rio de Janeiro (Brazil). **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 15, n.3, p. 353-370, 2015. DOI: 10.5894/rgci570
45. SANTOS, C. P.; COE, H. H. G.; RAMOS, Y. B. M.; SOUSA, L. O. F.; SILVA, A. L. C.; FREIRE, D. G.; SILVESTRE, C. P. Caracterização das comunidades vegetais na restinga de Maricá, Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil. **Revista Tamoios**, v. 13, n. 1, p. 121-135, 2017. DOI: 10.12957/tamoios.2017.26120
46. SEABRA, V. S.; ROCHA-LEÃO, O. M. Razões para as enchentes e inundações no Residencial Carlos Marighella: uma análise multitemática da bacia do Rio do Vigário, em Maricá-RJ. **Revista da ANPEGE**, v. 15, n. 26, p. 114-137, 2019. DOI: 105418/RA2019.1526.0005
47. SILVA, A. L. C.; SILVA, M. A. M.; SANTOS, C. L. Comportamento morfológico e sedimentar da praia de Itaipuaçu (Maricá, RJ) nas últimas três décadas. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 38, n. 1, p. 89-99, 2008a. DOI: 10.25249/0375-7536.20083818797
48. SILVA, A. L. C.; SILVA, M. A. M.; SANTOS, C. L.; RIBEIRO, G. B.; SANTOS, R. A.; VASCONCELOS, S. C. Retrogradação da Barreira Arenosa e Formação de Leques de Arrombamento na Praia de Itaipuaçu (Oeste de Maricá, RJ). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 9, n. 2, p. 75-82, 2008b. DOI: 10.20502/rbg.v9i2.110
49. SILVA, A. L. C.; SILVA, M. A. M.; SOUZA, R. S.; PINTO, M. L. V. The role of beachrocks on the evolution of the Holocene barrier systems in Rio de Janeiro, southeastern Brazil. **Journal of Coastal Research**, Special Issue, n. 70, p. 170-175, 2014a. DOI: 10.2112/SI70-029.1
50. SILVA, A. L. C.; SILVA, M. A. M.; GAMBOA, L. A. P.; RODRIGUES, A. R. Sedimentary architecture and depositional evolution of the Quaternary coastal plain of Maricá, Rio de Janeiro, Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 44, p. 191-206, 2014b. DOI: 10.5327/Z2317-4889201400020002

51. SILVA, A. L. C.; SILVA, M. A. M.; GRALATO, J. C. A.; SILVESTRE, C. P. Caracterização Geomorfológica e Sedimentar da Planície Costeira de Maricá (Rio de Janeiro). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 2, p. 231-249, 2014c. DOI: 10.20502/rbg.v15i2.470
52. SILVA, T. S.; SILVA, A. L. C.; PINTO, V. C. S.; PINHEIRO, A. B. Morfologia e sedimentologia das praias da Barra de Maricá, Guaratiba, Cordeirinho e Ponta Negra no litoral oriental de Maricá, RJ. In: XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada - Territórios Brasileiros: Dinâmicas, Potencialidades e Vulnerabilidades, 1, 2015. **Anais...** Teresina: UFPI. 2015. p. 1728-1734. ISSN: 2236-5311.
53. SILVA, A. L. C.; SILVA, M. A. M.; SILVESTRE, C. P. Formação de escarpas de tempestade e seu reconhecimento no registro geológico: planície costeira de Maricá (Rio de Janeiro, Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 4, p. 841-852, 2017. DOI: 10.20502/rbg.v18i4.1265
54. SILVESTRE, C. P.; SILVA, A. L. C.; SILVA, M. A. M.; RODRIGUES, A. R. Investigation of the internal structure and evolution of the Holocene barrier of Maricá (Rio de Janeiro). **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 33, n. 3, p. 1-15, 2015. DOI: 10.22564/rbgf.v33i3.747.
55. SOUSA, R. S.; CASTRO, J. W. A. Erosão costeira no arco praias Barra da Tijuca-Recreio dos Bandeirantes, Zona Oeste do Rio de Janeiro: Identificação de áreas de retrogradação e progradação da linha de costa. In: XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA, 2007, Armação dos Búzios. **Anais...** Armação dos Búzios: ABEQUA. 2007. p. 1-7. ISSN: 2318-0986.
56. TUCKER, M. E. **Sedimentary rocks in the field**. 3ª Ed. Chichester: Wiley, 2003. 288p.
57. TURCQ, B.; MARTIN, L.; FLEXOR, J. M.; SUGUIO, K.; PIERRE, C.; TASAYACO-ORTEGA, L. Origin and Evolution of the Quaternary Coastal Plain between Guaratiba and Cabo Frio, State of Rio de Janeiro, Brazil. In: KNOPPERS B.; BIDONE E. D.; ABRAO J. J. (eds.) **Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon Systems**. Série Geoquímica Ambiental, v. 6, p. 25-46, 1999.
58. WEBSTER, P. J.; HOLLAND, G. J.; CURRY, J. A.; CHANG, H. R. Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment. **Science**, v. 309, n. 5742, p. 1844-1846, 2005. DOI: 10.1126/science.1116448
59. WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **The Journal of Geology**, v. 30, n. 5, p. 377-392, 1922.
60. WRIGHT, L. D.; SHORT, A. D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis. **Marine Geology**, v. 56, n. 1-4, p. 93-118, 1984. DOI: 10.1016/0025-3227(84)90008-2



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.