

MONITORAMENTO DE MUDANÇAS MORFOLÓGICAS EM PRAIAS ARENOSAS: O CASO DE ITAIPUAÇU, MARICÁ – RJ

Isabela Fortes de Azevedo¹; Jacyra Veloso²; Josefa Varela Guerra¹; João Marcello de Ribeiro Camargo³.

¹Departamento de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524 sl. 4015-E
CEP 20550-900 – Maracanã- R. de Janeiro – RJ - Tel: +55 21 2587-7976; e-mail: belafortes@yahoo.com.br

²IEMA-Vitória-ES

³Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Oceanografia-UFPE

RESUMO

Entre 20/04 e 05/12 de 1994 foram levantados 41 perfis de praia, em 6 pontos ao longo da praia de Itaipuaçu, Maricá (RJ). Os sedimentos são constituídos por areias quartzosas grossas a muito grossas, que decrescem em tamanho médio de oeste para leste. Foram observados cúspides de praia ao longo de toda a área de estudo. Os dois perfis a oeste da praia (P1 e P2) apresentaram as maiores variações morfológicas. Os dois perfis centrais (P3 e P4) mostraram-se mais estáveis, com um envelope menor que os demais perfis. Os perfis a leste (P5 e P6) apresentaram variações morfológicas semelhantes às dos perfis centrais, embora entre os dias 01 a 29/07 o perfil 5 tenha sofrido um evento erosivo de magnitude não observada nos demais perfis. Concomitantemente, os perfis centrais adjacentes (P3 e P4) sofreram forte acreção, sugerindo uma remoção de sedimentos de leste para oeste. Entretanto, há evidências de que o transporte de sedimentos ocorra predominantemente no sentido transversal à praia, como sugerido pelo modo como o perfil P5 se reconstituiu. O transporte lateral de sedimentos ocorreria apenas em curtos períodos de tempo, quando da chegada de ondulações que geram correntes litorâneas de alta velocidade.

ABSTRACT

Between April 20 and December 5, 1994, 41 beach profile surveys were conducted at 6 locations along Itaipuaçu Beach, Maricá (RJ). Sediments are coarse to very coarse quartzose sands, gradually fining up eastwards. Beach cusps were observed over the whole study area. The largest variation in beach morphology was observed in the 2 westernmost profiles (P1 and P2). The central profiles (P3 and P4) were the most stable, with a smaller envelope than all the other profiles. Eastern profiles behaved similarly to the central profiles, although sometime between July 1 and July 29 profile 5 underwent an erosive event not matched by any other profile. Simultaneously, the nearby central profiles (P3 and P4) were conspicuously accreted, suggesting westward sediment transport. Nonetheless, there is evidence that sediment transport is mainly a cross-shore process, as hinted by the way profile P5 recovered. Lateral transport of sediment will possibly occur only during short periods of time when strong longshore currents are generated by the breaking waves.

Palavras-Chave: morfologia de praias, perfil de praia, Itaipuaçu.

1. INTRODUÇÃO

Praias arenosas são ambientes costeiros sujeitos à ação modeladora das ondas, correntes litorâneas e ventos. Essas mudanças morfológicas serão mais ou menos marcantes de acordo com a intensidade dos processos físicos a que estão sujeitas, assim como dependerão de parâmetros relacionados aos sedimentos que as constituem, principalmente o diâmetro médio e o grau de selecionamento. As mudanças morfológicas de praias arenosas podem ser estudadas a partir de ao menos dois pontos de vista: levantamentos periódicos de perfis de praia e observações, ao longo dos arcos praias, da evolução de feições como bancos arenosos e cúspides de praia. Larson *et al.* (1988) identificaram dois tipos básicos de resposta dos perfis de praia às mudanças das características das ondas: perfil “de berma” e perfil “de bancos”. O primeiro é característico de períodos construtivos, enquanto o segundo é típico de períodos em que o perfil de praia é erodido e a areia é armazenada na antepraia sob a forma de bancos arenosos. Assumindo-se que o volume total de areia seja conservado, sempre que a berma for destruída a areia será transferida para bancos arenosos situados na antepraia. Desta maneira, embora as mudanças subaéreas do perfil de praia representem apenas uma fração das mudanças volumétricas que ocorrem ao longo da face da praia e an-

tepraia, elas indicam tanto a magnitude das variações volumétricas como a disponibilidade de areia do sistema praias como um todo (Morton *et al.*, 1995).

Por outro lado, a presença de cúspides de praia é o resultado da combinação de processos complexos cuja interação e relevância ainda não são totalmente compreendidas. Ao revisar a literatura publicada nos 50 anos precedentes, Coco *et al.* (1999) constataram que, sob determinadas condições, a presença de cúspides de praia seria prevista pelas duas hipóteses atualmente mais aceitas: a que relaciona o espaçamento dos cúspides de praia ao comprimento de onda das *edge waves* e a teoria da auto-organização, em que o espaçamento entre os cúspides é uma função do comprimento do espraiamento das ondas.

Os objetivos deste trabalho são monitorar as mudanças morfológicas da porção emersa da praia de Itaipuaçu, Maricá – RJ através do levantamento periódico de perfis topográficos transversais, e relacioná-las a parâmetros oceanográficos, meteorológicos e sedimentológicos.

2. ÁREA DE ESTUDO

A praia de Itaipuaçu, Maricá – RJ localiza-se a leste da baía de Guanabara, apresenta orientação E-W e tem aproximadamente 10 km de extensão (Fig. 1); limita-se a oeste com a Ponta Itacoatiara e a leste com a praia de

Guaratiba, da qual é separada por um amplo cuspide arenoso. Este, segundo Muehe e Corrêa (1989), se prolonga na porção submarina, sendo formado pelo acúmulo de sedimentos à retaguarda das ilhas Maricás. Tal configuração torna a praia de Itaipuaçu exposta a fortes ventos de S e SW, associados a frentes frias observadas no período de inverno a cada 4–5 dias (Muehe, 1979). Itaipuaçu caracteriza-se por areias quartzosas grossas a muito grossas, bem a muito bem arredondadas, bem selecionadas e pela presença de seixos bem arredondados no pós-praia (Muehe *et al.*, 1977; Santos & Silva, 2000). Segundo Muehe *et al.* (1977) a granulometria mediana das areias de todas as unidades geomorfológicas analisadas apresenta uma gradativa diminuição de oeste para leste, refletindo a tendência observada ao longo da isóbata de 20 m. Na região submarina adjacente à extremidade oeste da praia de Itaipuaçu, foi mapeado, por Muehe e Ignarra (1987), um afloramento de arenito de praia (*beach rock*) a uma profundidade média de 3.5–5 m. A presença desta feição, quase contínua ao longo de 2.5 km, pode estar ligada à maior granulometria deste setor da praia. O arenito serviria como uma barreira ao retorno das frações mais finas retiradas da praia durante eventos extremos de tempestade (Muehe & Ignarra, 1987).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Entre Abril e Dezembro de 1994 foram realizados um total de 41 perfis de praia, segundo a metodologia de Emery (1961), em 6 pontos ao longo do arco praiial (Fig. 1). Cada perfil estendeu-se de uma referência local (p.ex., uma construção) ao ponto de máximo recuo das ondas. Ao mesmo tempo, foram observados e/ou estimados alguns parâmetros como direção, altura e período das ondas na zona de arrebentação; direção do vento; comprimento de cúspides de praia; presença de bancos arenosos e ocorrência de transposição (*overwash*). Nas campanhas de Abril e Maio foram coletadas amostras superficiais de sedimentos que foram peneiradas a intervalos de 0.5Φ e estatisticamente classificadas de acordo com Folk e Ward (1957).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Parâmetros oceanográficos

A praia de Itaipuaçu está exposta a ondulações provenientes de SE em condições de “tempo bom” e de ondas de S–SW associadas à entrada de frentes frias. O clima de onda observado na região bem como as suas características fisiográficas geram padrões morfológicos e sedimentológicos diferenciados, tornando determinadas porções da praia mais expostas à ação modeladora de um ou outro tipo de ondulação. A estimativa visual da altura das ondas na zona de arrebentação resultou em valores entre 30–40 cm na campanha de 05/12/94, e entre 1.5–3 m na campanha de 20/04/94. Observou-se o predomínio de ondas do tipo mergulhante (*plunging*), ascendente (*surging*) e em menor grau, frontal (*collapsing*). Em algumas campanhas foram observados ao menos 2 tipos de ondas na zona de arrebentação. Esta complexidade dificultou a estimativa de seu período, principalmente quando da ocorrência de ondas ascendentes em que a arrebentação propriamente

dita não ocorre. Ao se aproximarem da costa, as ondas de SE sofrem refração e difração devido à presença das ilhas Maricás, o que possivelmente explica o aumento da declividade do perfil 5, mostrado pelo arqueamento da batimétrica de 20 metros em direção à linha de costa (Fig. 1). É possível especular que os perfis 3 e 4 encontram-se protegidos da ação das ondas de SE pelas ilhas Maricás e que a presença de promontórios na porção oeste da praia proteja os perfis 1 e 2 das ondulações de SW. As ilhas Maricás ofereceriam proteção ao perfil 6 quando da entrada de ondas do quadrante Sul.

4.2. Parâmetros sedimentológicos

O diâmetro médio situou-se entre areias grossas e muito grossas, variando de moderadamente bem selecionadas a bem selecionadas. A tendência de diminuição do diâmetro médio dos sedimentos de oeste para leste já havia sido relatada por Muehe *et al.* (1977) e Santos & Silva (2000).

Quando da presença de duas gerações de bermas, os sedimentos da berma superior são sempre um pouco mais finos do que os da berma inferior. Sob condições de ondas de SE, normalmente associadas a condições de “tempo bom”, as ilhas Maricás gerariam uma zona de sombra para os perfis 3 a 6. Neste caso, os sedimentos mais finos (areias médias e grossas) teriam condições de permanecer depositadas nesta região de condições hidrodinâmicas mais “brandas”.

4.3. Perfis de praia

A análise dos envelopes dos perfis de praia revelou respostas variáveis às mudanças no padrão de circulação costeira. A porção oeste da praia de Itaipuaçu sofreu variações morfológicas de maior magnitude principalmente ao longo do perfil 1 (Fig. 2a), região que se encontra sob influência dos arenitos de praia mapeados por Muehe e Ignarra (1987). A porção central da praia é morfológica-mente mais estável, notadamente ao longo dos perfis 3 (Fig. 2b) e 4. No extremo leste da praia, os perfis 5 (Fig. 2c) e 6 apresentaram variações morfológicas moderadas, com exceção de um evento erosivo extremo observado no perfil 5, possivelmente associado à chegada de uma frente fria no início de Julho de 1994. Mais de quatro meses após este evento, a porção superior do perfil 5 ainda não havia recuperado a forma convexa apresentada desde o levantamento de 20/04/94. Como mostrado na Fig. 2c, no dia 29/07 parte da areia que havia sido transportada para a região submarina durante o evento erosivo já havia sido reincorporada à porção emersa da praia através da migração de um banco arenoso e seu “soldamento” gradativo ao perfil praiial. No dia 12/09, observa-se o acréscimo de mais sedimento à porção emersa do perfil, processo que continuava de forma mais lenta no dia 05/12. Por outro lado, o levantamento do dia 29/07 documentou que o perfil 3 e particularmente o perfil 4 haviam sofrido forte acreção, sugerindo transporte longitudinal de sedimentos, de leste para oeste. Na outra extremidade do arco praiial, observa-se que o perfil 1 também foi afetado pelo mesmo evento erosivo, e em 05/12 ainda não havia recu-

perado a forma convexa observada no levantamento de 20/04.

A análise dos perfis de praia indica que as mudanças morfológicas sofridas pela praia de Itaipuaçu são extremamente complexas, possivelmente em função da presença das ilhas Maricás na extremidade leste, e da Ponta Itacoatiara e do arenito de praia na extremidade oeste. A exposição a ondas de S, SE e SW produz efeitos distintos nas extremidades da praia bem como em sua região central. Há indicações de que, exceto durante períodos de extrema turbulência associados a ondas de tempestade de S e SW, o transporte de sedimentos ocorre transversalmente à linha de costa. Lee *et al.* (1998) ressaltam a importância da identificação das fontes dos sedimentos envolvidos nos fluxos transversais e paralelos à costa a fim de que se compreenda a evolução morfológica dos sistemas costeiros em escalas temporais maiores que as envolvidas em apenas um evento erosivo.

Estudos desenvolvidos por Shih e Komar (1994) constataram que praias com características semelhantes às da praia de Itaipuaçu, ou seja, constituídas por areias de maior tamanho, sofrem mudanças morfológicas mais intensas em resposta às variações temporais do clima de ondas, quando comparadas a praias de menor granulometria sujeitas às mesmas condições dinâmicas. Essas praias são em geral caracterizadas como refletivas, íngremes, com zona de surfê estreita, a energia das ondas concentra-se sobre a porção emersa da praia e o espriamento das ondas é dominado pelas ondas incidentes; nessas praias, a erosão pode ser rápida, podendo ocorrer entre 1 e 2 dias e até mesmo em poucas horas. Por outro lado, a recomposição do perfil praiar pode levar de vários dias a alguns anos, ser inicialmente rápida e tornar-se extremamente lenta com o passar do tempo. Esta tendência foi observada na evolução dos perfis P1 e P5 que, mais de quatro meses após o evento erosivo de julho de 1994 ainda não haviam sido completamente reconstituídos.

4.4. Variações morfológicas ao longo da praia

A representação dos perfis de praia em planta mostra a tridimensionalidade do relevo ao longo da praia de Itaipuaçu. Com grande frequência, foram observados cúspides de praia, às vezes com a presença de uma geração anterior de cúspides indicando posições de recuo da face de praia. O comprimento dos cúspides de praia, ou seja, a distância entre duas cristas sucessivas, variou de 37 a 60 m. Ao longo dos levantamentos, registrou-se ora um aumento do comprimento dos cúspides de oeste para leste, ora na direção contrária (Tabela 1). Esta inversão pode estar relacionada à variabilidade das características dos trens de ondas. Komar (1998) apresenta um histórico dos trabalhos dedicados à compreensão da formação de cúspides de praia, e assim como Coco *et al.* (1999, 2001) preconiza a necessidade de se realizarem medições e observações em 3-D, em estudos especificamente devotados a esse assunto. Simulações numéricas (Coco *et al.*, 2001) atestam a complexidade dos processos envolvidos na formação e evolução dos cúspides de praia devido a mecanismos de *feedback* entre as mudanças morfológicas observadas na

porção emersa do perfil praiar e os padrões de circulação da antepraia.

Finalmente, como observado por Muehe & Corrêa (1989) e Santos & Silva (2000), foram encontradas evidências de transposição nas regiões central e leste da praia de Itaipuaçu com a presença de leques de arrombamento, lixo e conchas espriados sobre o reverso do cordão arenoso. Na altura do perfil 3 observou-se intensa erosão até próximo à estrada adjacente.

5. CONCLUSÕES

A análise conjunta de parâmetros como declividade da praia, variabilidade vertical de perfis de praia, tamanho granulométrico médio dos sedimentos, comprimento dos cúspides de praia, e altura e período das ondas incidentes, nos permite afirmar que a praia de Itaipuaçu comporta-se como um sistema refletivo a intermediário em função da alternância entre condições de “tempo bom” e tempestade. Há evidências de que o transporte de sedimentos ocorre predominantemente no sentido transversal à praia embora o transporte longitudinal seja possível em curtos períodos de tempo, quando da chegada de ondulações que geram correntes litorâneas de alta velocidade. Esta resposta morfológica diferenciada aos diversos padrões de ondas incidentes mostra a necessidade de estudos específicos dos processos envolvidos no transporte longitudinal e transversal de sedimentos em sistemas praias expostos como a praia de Itaipuaçu. Tais observações também serviriam de suporte a estudos de médio e longo prazo visando decisões voltadas ao planejamento da ocupação desta faixa costeira. Conforme discutido por Muehe (2001), a determinação da largura da faixa de proteção de praias arenosas é um processo altamente dinâmico que deve apoiar-se, entre outras observações, no monitoramento de mudanças morfológicas e das condições oceanográficas.

6. AGRADECIMENTOS

A Andréia M. Lopes Bentes, Aluizio M. Costa Lima, Michael A. Lees e César L. B. S. Grossi pela participação na coleta e análise laboratorial dos dados. A Fabrício Vasconcelos pelo auxílio técnico e a Nivaldo Ferreira pelo envio dos dados meteorológicos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COCO, G.; O'HARE, T. J.; HUNTLEY, D. A. (1999). Beach cusps: a comparison of data and theories for their formation. *Journ. Coast. Res.*, v.15 (3), p.741-749.
- COCO, G.; HUNTLEY, D.A.; O'HARE, T.J. (2001). Regularity and randomness in the formation of beach cusps. *Mar. Geol.*, v. 178, p. 1-9.
- EMERY, K. O. (1961). Simple method of measuring beach profiles. *Limnol. Ocean.*, v.6, p.90-93.
- FOLK, R. L. & WARD, W. C. (1957). Brazos River Bar: a study on the significance of grain size parameters. *Jour. Sed. Petrol.*, v.27, p.3-26.
- KOMAR, P. D. (1998). *Beach processes and sedimentation*. 2nd ed., Prentice Hall. 544 pp.
- LARSON, M. N.; KRAUS, N. C. & SUNAMURA, T. (1988). Beach profile change: morphology, transport

rate and numerical simulation. Proc. 21st Coast. Eng. Conf., ASCE, p.1295-1309.

LEE, G.-hong; NICHOLLS, R.J.; BIRKEMEIER, W.A. (1998). Storm-driven variability of the beach-nearshore profile at Duck, North Carolina, USA, 1981-1991. Mar. Geol., v. 148, p. 163-177.

MORTON, R.A.; GIBEAUT, J.C.; PAINE, J.G. (1995). Meso-scale transfer of sand during and after storms: implications for prediction of shoreline movement. Mar. Geol., v.126, p. 161-179.

MUEHE, D.; MARANHÃO, V. A.; RIBEIRO Jr., R. N.; SOUZA, J. R. F.; COSTA, M. G. F. (1977). Características texturais dos sedimentos de algumas praias do litoral sul-oriental do estado do Rio de Janeiro. Anais Acad. Bras. de Ciências, v.49 (3), p.435-441.

MUEHE, D. (1979). Sedimentology and topography of a high energy coastal environment between Rio de Janeiro and Cabo Frio – Brazil. Anais Acad. Bras. Ciências, v.51 (3), p.473-481.

MUEHE, D. & IGNARRA, S. (1987). O arenito de praia de Itaipuaçu e sua influência no fluxo de sedimentos. In: Anais I Simp. Geol. Regional RJ-ES, p.57-69.

MUEHE, D. & CORRÊA, C. H. T. (1989). The coastline between Rio de Janeiro and Cabo Frio. In: Neves, C. (ed.), Coastlines of Brazil, ASCE, p. 110-123.

MUEHE, D. (2001). Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento. Rev. Bras. de Geomorfol.,v. 2 (1), p.35-44.

SANTOS, R. H. M. & SILVA, M. A. M. (2000). Morfodinâmica e sedimentologia da praia Itaipuaçu-Maricá – RJ. In: Anais do Simpósio Brasileiro Sobre Praias Arenosas, p.73-74.

SHIH, S. M. & KOMAR, P. D. (1994). Sediments, beach morphology and sea cliff erosion within an Oregon coastal litoral cell. Journ. Coast. Res., v.10, p.144-157.

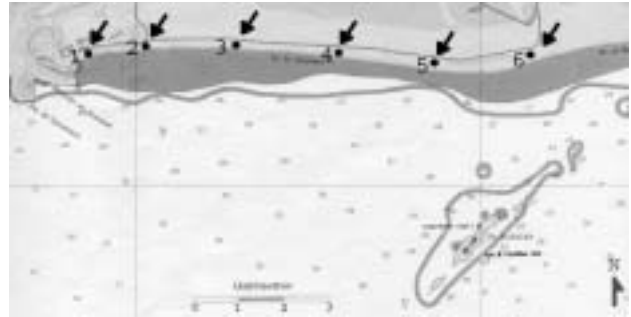


Figura 1 – Mapa da área de estudo e localização dos perfis de praia, indicados pelas setas e algarismos romanos. Na região submersa, a faixa mais larga, de cor cinza escuro, indica profundidades entre 0 e 10 metros; a batimétrica de 20 metros está representada pela linha grossa (carta náutica n° 1506, modificada).

Tabela 1: Comprimento dos cúspides de praia (distância, em metros, entre as cristas dos cúspides) observados em cada perfil de praia.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
01/07/94	47.5	47	54	42	45	37
05/12/94	38	-	44	61	55	57

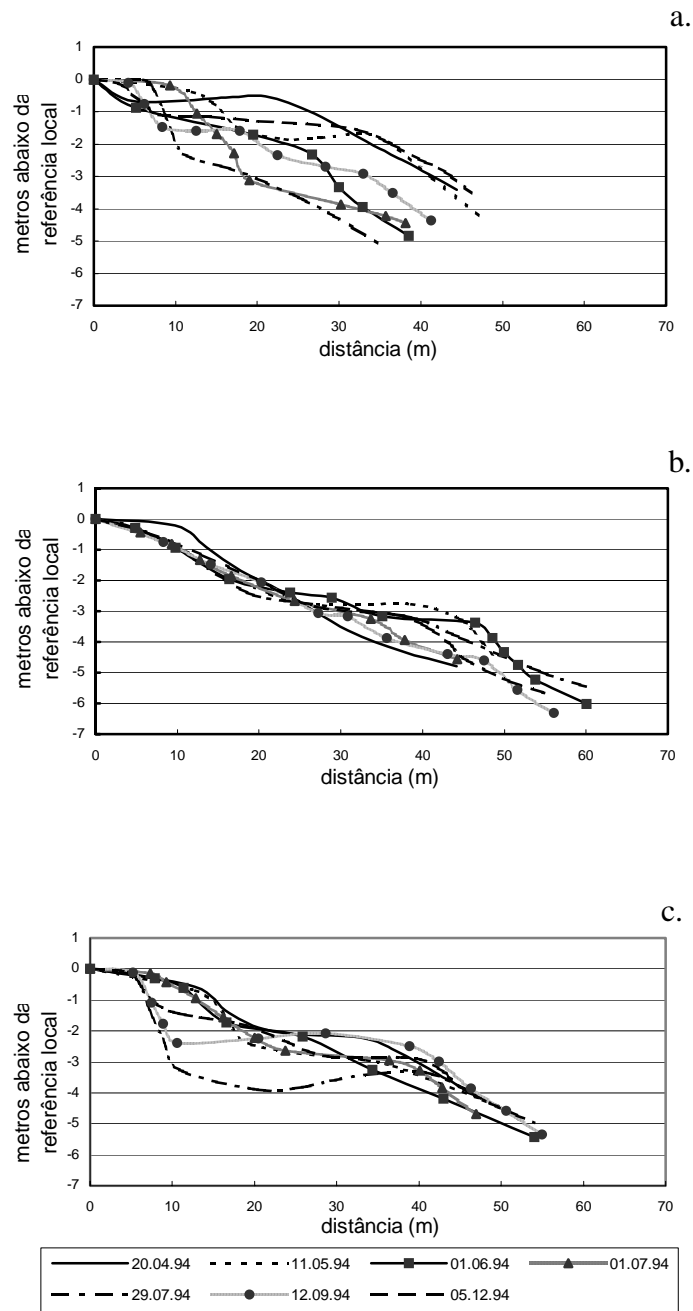


Figura 2 – Variação topográfica do perfil 1 (a), perfil 3 (b) e perfil 5 (c) entre 20 de abril e 5 de dezembro de 1994. Observar o evento erosivo que ocorreu em algum momento entre 1 e 29 de julho de 1994.