

## ASPECTOS MORFOLÓGICOS E MORFODINÂMICOS EM PRAIAS DE ENSEADA. ESTUDO DE CASO NO CABO BÚZIOS, RIO DE JANEIRO.

Bulhões, E. (UFF)

### RESUMO

Praias de enseada apresentam morfologia assimétrica e respondem diferentemente à entrada das ondas oceânicas. Neste trabalho foram avaliados os principais aspectos morfológicos e morfodinâmicos das enseadas do Cabo Búzios, Rio de Janeiro. Análise de sedimentos de fundo, batimetria, simulação de ondas e perfis de praia foram sistematicamente levantados e os resultados apontam para uma compartimentação dos efeitos das ondas vinculados à proteção promovida pela estrutura rochosa pré-existente.

### PALAVRAS CHAVES

*Geomorfologia Costeira; Praias de Enseada; Cabo Búzios*

### ABSTRACT

Embayed beaches have morphological asymmetry and respond differently to the entrance of the ocean waves. This study evaluated the main morphological and morphodynamic embayed beaches of Cape Búzios, Rio de Janeiro. Analysis of bottom sediments, bathymetry, wave simulation, and beach profiles were systematically surveyed and the results point out to a partitioning of wave effects linked to the protection promoted by pre-existing rock structure.

### KEYWORDS

*Coastal Geomorphology; Embayed Beaches; Cape Buzios*

### INTRODUÇÃO

Praias de enseada são ambientes arenosos bordados por margens rochosas ou artificiais que assumem curvatura definida em função da disponibilidade de sedimentos e do padrão de circulação hidrodinâmica induzido por ondas. Na natureza são caracterizadas por serem ambientes encaixados entre promontórios rochosos. Leatherman (1988) cita estes ambientes como barreiras arenosas encaixadas, que através dos movimentos de transgressão e regressão marinha afogaram vales fluviais, preenchendo-os com sedimentos na forma de barreiras arenosas. A principal característica é a forma em planta (Klein, 2004) e a morfologia da barreira arenosa é controlada em seu comprimento, largura e espessura pela disposição e pelo espaçamento desta estrutura rochosa pré-existente. A curvatura assumida por estes ambientes ocorre associada ao padrão de refração e difração que as ondas sofrem de acordo com a disposição dos promontórios rochosos (Davies, 1958; Short, 1999), presença de ilhas ou lajes rochosas. O Cabo Búzios abriga um balneário turístico no litoral centro norte do Rio de Janeiro. Uma dúzia de praias arenosas se desenvolveu dentro destas enseadas. Em termos geológicos está inserido no segmento oriental e oceânico do Rift Continental do Sudeste Brasileiro (Riccomini et al, 1989) cuja principal feição é o Gráben de Barra de São João que se estende ao longo da zona submarina entre o Cabo Búzios e Macaé. Mohriak et al. (1990) constataram a sedimentação associada ao Grupo Barreiras. Schmitt (2001) apresentou a Orogenia Búzios como um evento colisional no Cambriano e no Ordoviciano (530-490 Ma), tido como o evento tectono-metamórfico mais recente registrado nas faixas móveis brasileiras do Brasil. O objetivo geral é diagnosticar os processos governantes da dinâmica costeira em praias de enseada. Os objetivos específicos são: (a) determinar os principais padrões de circulação e transporte de sedimentos nestas enseadas; e (b) determinar as características morfodinâmicas das praias.

### MATERIAL E MÉTODOS

A estratégia metodológica para o entendimento morfodinâmico das enseadas do Cabo Búzios partiu da definição de uma base cartográfica comum e de perfis de monitoramento que foram levantados

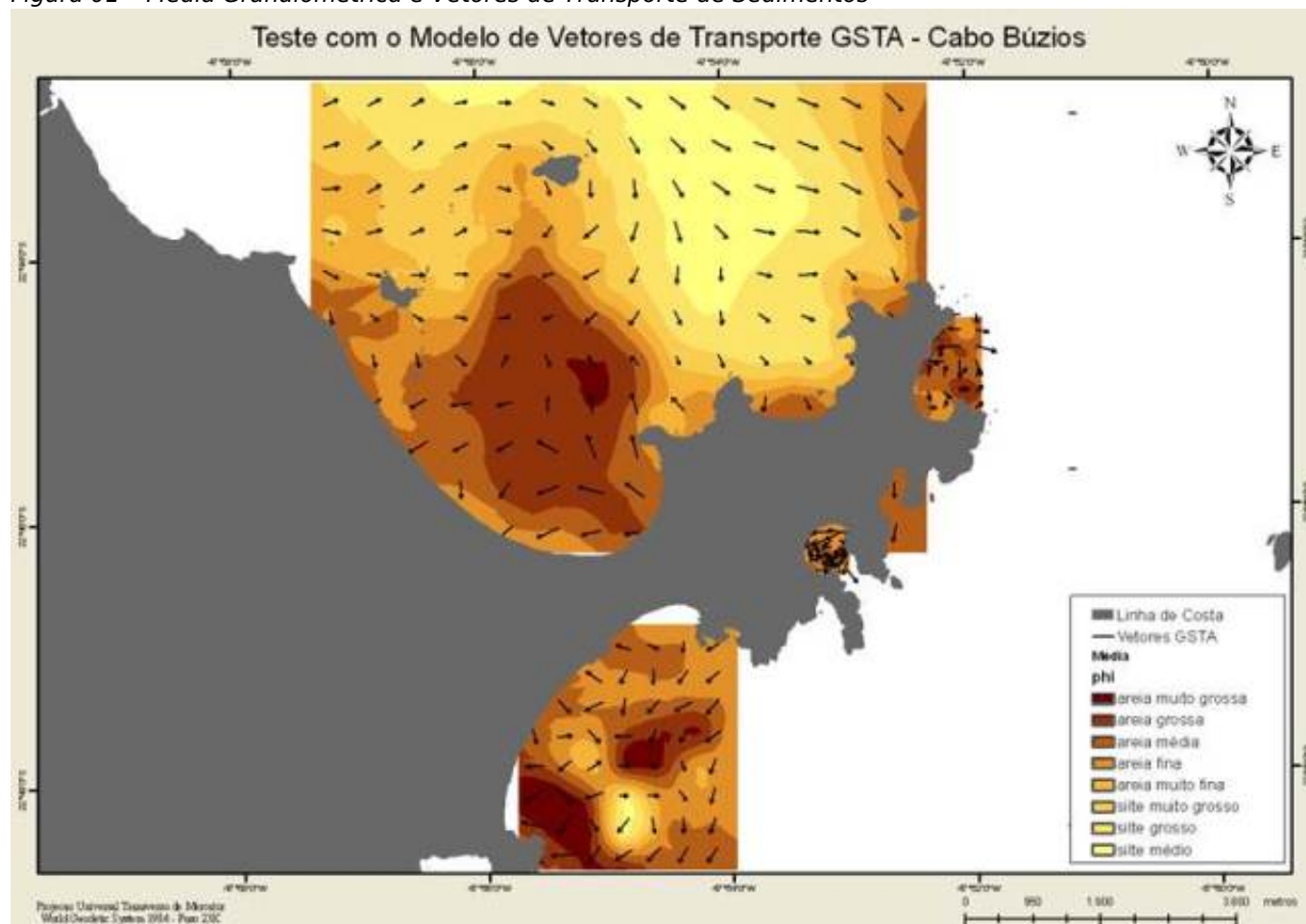
entre os anos de 2007 e 2011 e de uma parametrização utilizando uma suíte de informações coletadas in situ ou estimadas a partir de modelos matemáticos empíricos, sendo estes bastante comuns em estudos de dinâmica costeira. A partir de rotinas cartográficas de ajuste a um sistema de projeção e datum comum sobre cartas náuticas e folhas de bordo da Marinha Brasileira foram totalizados 20.692 pontos batimétricos e estes dados foram então interpolados através do método vizinho natural. Em seguida, simulações de transformação de ondas oceânicas em águas rasas foram feitas utilizando o módulo de ondas espectrais (SW) do programa Mike21. Foram avaliados os padrões regulares e os padrões extremos de ondas, baseados em oito anos de dados de ondas do modelo Wave Watch III. Amostras da superfície do fundo foram coletadas na antepraia e na plataforma continental interna num total de 265 pontos. Técnicas padrão de análise granulométrica no laboratório e parametrização estatística (Gradistat v7.) foram realizadas para a determinação dos padrões de distribuição e circulação de sedimentos nas enseadas, utilizando o modelo GSTA (Gao, 1996). Cerca de 230 perfis de praia estendidos para a antepraia foram levantados referentes ao monitoramento de doze pontos específicos em sete enseadas, considerando ainda o levantamento de parâmetros para a determinação dos estágios morfodinâmicos. A partir deste universo de dados foram estabelecidos os principais padrões morfológicos e morfodinâmicos destas praias de enseada que puderam ser comparados e agrupados, conforme os resultados a seguir.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise da distribuição dos parâmetros estatísticos dos sedimentos costeiros encontra substancial diagnosticidade dos mecanismos que promovem energia hidrodinâmica (ondas) suficiente para inferir áreas preferenciais de erosão, transporte e deposição de sedimentos e para classificação genérica dos depósitos costeiros. Ao revelar a variabilidade do agente deposicional o parâmetro média (figura 01) pôde inicialmente sustentar a hipótese de multimodalidade hidrodinâmica ao qual as enseadas estariam submetidas, estas condições atestam áreas de deposição e áreas de não deposição preferencial em função basicamente da exposição da enseada à entrada de ondas predominante. A ausência de amostras bem selecionadas nas enseadas do Cabo Búzios também atesta estes efeitos em função de se encontrarem misturas de populações, o que é justificado pela presença dos depósitos palimpsestos que recobrem amplas áreas nas enseadas e da deposição carbonática cujas partículas apresentam participação entre 13% e 90% nas amostras. Nas enseadas do Cabo Búzios a participação dos ventos na geração de mar local é fundamental para o entedimento das características de circulação. A avaliação das condições de “ressacas de nordeste” atesta este fato. A análise direcional e de intensidade dos ventos quando sobrepostas à análise de altura de ondas nos perfis também atestam estes efeitos. A resposta oscilatória em ambientes expostos à entrada do vento do quadrante Nordeste é imediata. Também são imediatos os efeitos de atenuação das ondas quando há ligeira mudança na direção do vento, expondo conseqüentemente outros segmentos ou outras enseadas. As inconsistências verificadas entre o padrão de ondas e o registro de transporte de sedimentos (figura 1), como o caso da enseada da Ferradura e da borda sul do Cabo Búzios, podem ser atribuídas a uma condição de trimodalidade da circulação promovida por ondas. Estas condições de ondas para o Cabo Búzios foram determinadas e são: (a) Tempo Bom com ventos soprando entre Nor Nordeste e Leste Sudeste; (b) Tempo Bom com marulhos de Sul ou de Sudeste; (c) Tempestade com ondas que variam entre Su Sudeste até Sudoeste. Os resultados morfológicos das enseadas (figura 2) mostram ambientes refletivos de baixa energia (praia do Canto Centro) e intermediários de alta energia (praia de Tucuns) que se apresentam estáveis, sobretudo em função do estoque de sedimentos do prisma praial. No primeiro caso a praia é estreita, porém equilibrada em seu perfil transversal. No segundo caso, o amplo estoque de sedimentos garante, mesmo sobre condições de ondas de tempestade, recuperação morfológica imediata após o evento erosivo. Outros ambientes podem ser tidos como instáveis, apresentando aspecto erodido permanente (praia Brava) ou episódico (praia da Ferradura e praia de Geribá). Quanto maior for o espectro de exposição, mais prolongado pode ser o efeito de tempestades sucessivas na morfologia erodida do prisma praial, conforme o caso da praia de Geribá. Os volumes de sedimentos envolvidos no ciclo de erosão-recuperação variam e são maiores em ambientes intermediários de alta energia. As características morfodinâmicas dos perfis monitorados reúnem os atributos morfológicos e sedimentológicos e estes são controlados basicamente pelo efeito das ondas e pela exposição relativa à estas. De uma maneira geral os 12 perfis monitorados

estão classificados entre ambientes de baixa energia e alta energia que podem ser: (a) refletivos de baixa energia (Manguinhos Norte, Canto Centro e João Fernandez); (b) intermediários de baixa energia, sujeitos a eventos episódicos de tempestade (Manguinhos Centro, Canto Oeste, Brava e Ferradura); (c) dissipativos de baixa energia (Manguinhos Sul); e (e) intermediários de alta energia (Geribá Norte e Sul e Tucuns Norte e Sul).

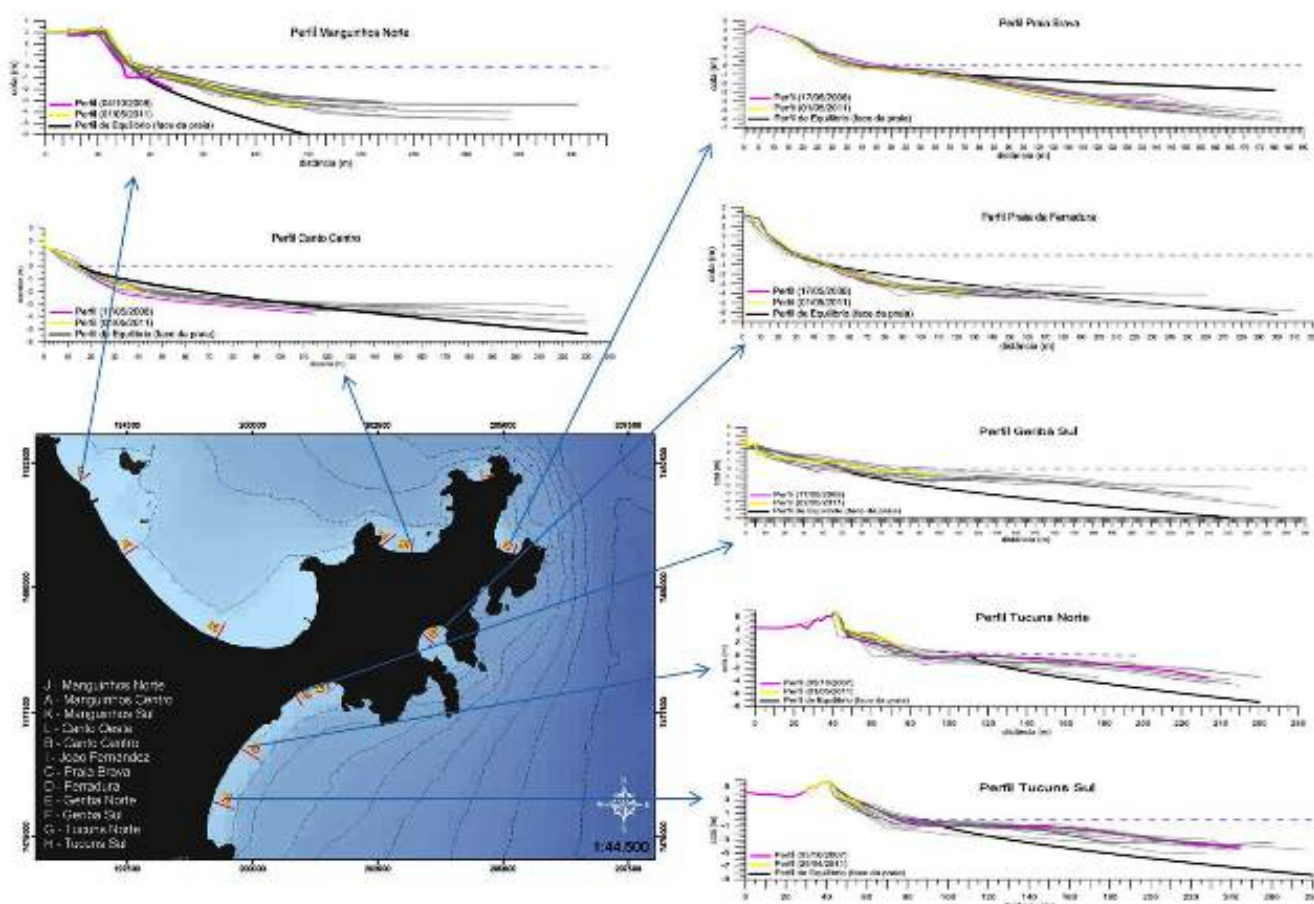
Figura 01 - Média Granulométrica e Vetores de Transporte de Sedimentos



Distribuição do diâmetro médio dos sedimentos. Destaque para o contato entre sedimentos modernos (amarelo) e palimpsestos (tons de vermelho).

Figura 2 - Localização e exemplos dos perfis de praia monitorados

## Localização e Exemplos de Perfis Monitorados



Perfis de praia nas posições indicadas do mapa. Ressalta-se as diferenças de declividade e a variação volumétrica na sobreposição dos levantamentos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise sugerida neste trabalho sobre os efeitos dinâmicos de ondas dentro das enseadas sugerem que os efeitos imediatos se dão em forma de variabilidade hidrodinâmica compartimentada. Os efeitos na morfologia costeira e os registros texturais de fundo aliados à análise em planta do formato das enseadas sugerem uma perspectiva em mesoescala, que contribuiria ao entendimento dos efeitos de processos dinâmicos nos registros evolutivos destes ambientes costeiros. As enseadas funcionam como um filtro à entrada das ondulações. Na maior parte das condições este filtro atenua as ondas e reduz a magnitude dos efeitos morfológicos nas praias. A característica morfológica em planta e em perfil podem indicar áreas com maior estoque de sedimentos que responderiam diferentemente em face de evento erosivo de ondas de tempestade. Esta resposta seria uma recuperação mais rápida ou mais lenta à condição anterior ou mesmo pela manutenção de uma característica permanentemente erodida.

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao grupo do LAGEMAR - UFF pela disponibilização de toda infraestrutura e em especial ao orientador de tese, prof. Guilherme Fernandez. Companheiros de trabalho como os alunos de graduação e pós-graduação que participaram da longa jornada de levantamentos em campo também merecem o agradecimento e este em especial é direcionado à Thaís Rocha, Maria Luisa Pimenta, Ana Carolina Tavares e Alessa Duque Estrada.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA**

DAVIES, J.L. (1958) Wave Refraction and the Evolution of Shoreline Curves. Geographical Studies. Vol. 5. pp.1-14

GAO, S. (1996) A Fortran Program for Grain-Size Trend Analysis to Define Net Sediment Transport Pathways. Computers & Geosciences, Vol.22. No.4. Short Note. pp.449-452.

KLEIN, A.H.F. (2004) Morphodynamics of Headland Bay Beaches: Examples from the Coast of Santa Catarina State, Brazil. PhD Thesis. Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente. Universidade do Algarve. Portugal.

LEATHERMAN, S.P. (1988) Barrier Island Handbook. University of Maryland, College Park. 3rd edition, 152p.

MOHRIAK, W.U.; BARROS, A.Z.N.; FUJITA, A. (1990). Magmatismo e Tectonismo Cenozóico na Região de Cabo Frio, RJ. In: SBG, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36. Anais, 6: 2873-2885.

RICCOMINI, C; SANT'ANNA, L.G.; FERRARI, A.L. Evolução Geológica do Rift Continental do Sudeste do Brasil. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R.; BRITO-NEVES, B. B. (Ed.). Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004. p. 383-405.

SCHMITT, R.S. (2001) A Orogenia Búzios - Caracterização de um Evento Tectono-Metamórfico no Domínio Tectônico Cabo Frio - Sudeste da Faixa Ribeira. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, UFRJ. Tese de Doutorado. 271 p.

SHORT, A.D. (1999) Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics. John Wiley & Sons Ltd. Baffins Lane, Chinchester.