

EFEITOS DA CONSTRUÇÃO DE UM QUEBRA-MAR SOBRE A LINHA DE COSTA E BATIMETRIA DA ENSEADA DOS ANJOS, ARRAIAL DO CABO, RIO DE JANEIRO, BRASIL.

David Canabarro Savi¹ ; Guilherme Fernandez².

¹ *M.Sc. em Geomorfologia Costeira (UFRJ - IGEO), Capitão-de-Corveta (T) Enc. Divisão de Geologia do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira*

² *D.Sc. em Geomorfologia Costeira (UFRJ - IGEO), Pesquisador do Laboratório de Geografia Marinha da Universidade Federal Fluminense*

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo sobre o efeito da construção de um quebra-mar, e seus efeitos na variação da linha de costa, batimetria e morfodinâmica da Enseada dos Anjos, Arraial do Cabo, RJ, Brasil. O trabalho é um singular estudo de caso de interferência nos processos naturais. As modificações são analisadas através de comparações de estudo de campo com mapas e fotografias antes e depois da construção do quebra-mar. As consequências, como modificações da batimetria, confluência de ondas e erosão localizada são indicadas e discutidas.

ABSTRACT

This study presents a view on the effect of the construction of a break water over the wave propagation, bathymetry and morphodynamics of the beach and shoreface of the Enseada dos Anjos, Arraial do Cabo, RJ, Brazil. This paper is a unique study case of interference in the natural process. The variations are analyzed through the comparison of field surveys with maps and photographs prior and after the construction of the break water. The consequences, like modification of the bathymetry, wave propagation and localized beach erosion are indicated and discussed.

Palavras-Chave: variação de linha de costa; gerenciamento costeiro.

1. INTRODUÇÃO

A atividade humana pode afetar, com variável magnitude, as características dos fluxos naturais, desviando, bloqueando, represando ou reforçando seus efeitos. A urbanização da orla e sua influência nos fluxos naturais é uma das questões mais prementes da morfodinâmica costeira.

A construção do quebra-mar do Porto do Forno em Arraial do Cabo (RJ), propiciou maior proteção aos navios e barcos atracados ou fundeados no interior da Enseada dos Anjos. No entanto, o quebra-mar somado à construção do próprio porto, alterou, de modo irreversível, a paisagem da enseada e em medida variável os processos morfodinâmicos, razão deste trabalho.

Área de estudo

O município de Arraial do Cabo está localizado a 165 km à leste da cidade do Rio de Janeiro, apresentando 8 praias. A praia dos Anjos está localizada na enseada dos Anjos, esta tem características peculiares, possui uma enseada restrita, com arco praial de aproximadamente 1200 m e corda de 1075 m, onde foi construído um quebra-mar de rochas que fecha a entrada da enseada em cerca de 35% da seção transversal. Na enseada, um porto com canal de acesso dragado, uma marina, enrocamento e emissário no flanco sul (dentro do perfil ativo da praia) constituem as intervenções humanas diretas sobre o local.

Ondas

O clima de ondas da região é reflexo dos ventos predominantes e do marulho. foi utilizado o modelo W-Watch (INPE), que geralmente acusava ondulações de nordeste com alturas variáveis entre 0 e 2,5 metros, com razoável correlação com as observações de campo.

Marés

A maré na enseada dos Anjos é descrita como assimétrica, semi-diurna com desigualdade (CHM/DHN, comunicação pessoal). Os registros do marégrafo do Porto do Forno remontam os últimos 18 anos e indicam que o nível do mar, neste período, permaneceu estável. A amplitude de maré é de aproximadamente 1 metro.

2. METODOLOGIA E RESULTADOS

Batimetria

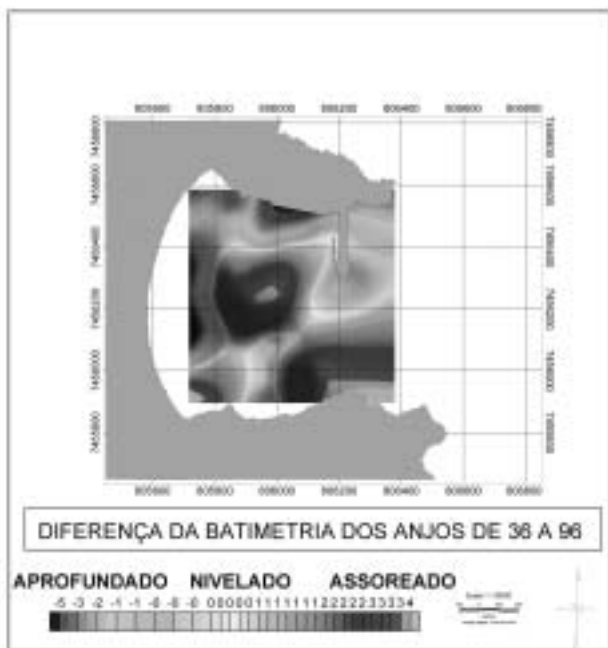
Os dados batimétricos mostram que o fundo submarino da enseada dos Anjos é suave no eixo Central e no flanco Sul, apresenta uma rugosidade de pequeno porte no flanco norte, além da elevação sedimentar causada pelo molhe, e depressão do canal dragado de acesso ao porto. Devido as dimensões do porto e da enseada, bem como das condições topográficas e meteorológicas, não é incomum o encalhe de navios durante as manobras de atracação no porto (a manobra dominante no porto é a descarga), principalmente na época dos ventos fortes, pois estes são do quadrante NE, e desta forma “empurram” os navios em direção a praia, que nas operações de desencalhe ocasionam remobilização dos sedimentos de fundo.

A batimetria foi realizada pela WARS, Microars Consultoria e projetos Ltda. em dezembro de 1996 para o Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM), tendo coberto toda a enseada dos Anjos até a distância de 1200 m perpendicular ao centro do arco da praia.

Os dados batimétricos foram espaçados em função da escala gráfica de 12,5 metros entre si. Estes dados foram digitalizados e georeferenciados através do software Didger, e as isóbatas calculadas e plotadas pelo programa Oasis montaj.

Com o auxílio do programa Oasis montaj, foi elaborado um mapa das diferenças entre a batimetria de 1996

digitalizada a partir do levantamento batimétrico realizado pela WARS e a primeira edição da carta 1503 datada de 1936 (figura abaixo), a qual por não possuir mais folha de bordo, teve apenas os dados batimétricos da carta considerados. Os dados de profundidade constantes na enseada (1936) foram digitalizados e comparados com a mesma coordenada para a batimetria de 1996, razão pela qual a figura não está ajustada até a linha de costa, pois não houveram dados para a extrapolação.



Linha de costa

O modelamento da linha de costa é normalmente resultado da interação da ação das ondas com a topografia submarina (batimetria), e finalmente a variação do nível médio do mar que na maior parte do litoral brasileiro apresentou elevação nos últimos anos (PIRAZOLLI, 1986).

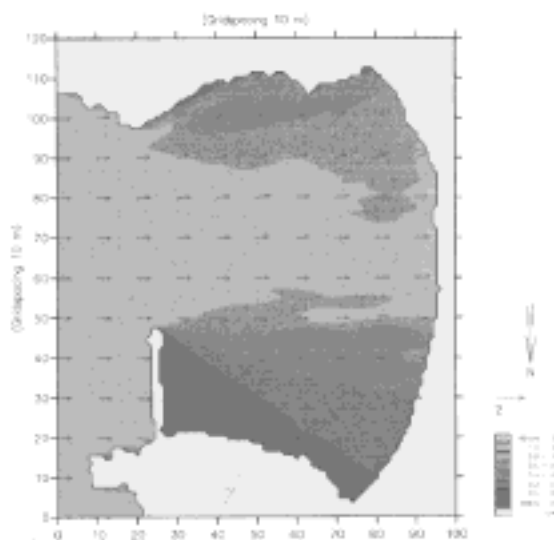
A variação da linha de costa entre 1976, 1985, 1995 e 2002, pode ser observada na figura abaixo pelas três linhas apresentadas mais a linha de costa da carta, a linha de costa de 2002 foi adquirida com GPS para posicionamento cinemático, e superposta georeferenciada ao extrato da carta náutica 1503; a comparação cronológica da faixa costeira demonstra visivelmente as alterações propostas, de erosão no flanco sul e acresção no flanco norte.



Refração de ondas

A simulação da refração de ondas, utilizando o software Mike 21, figura abaixo, mostrou que para um evento de leste com altura de onda de 2 m, ocorre uma notável atenuação da onda em direção à praia, chegando a uma altura máxima de 1,4 m na zona central da praia

No flanco sul há uma difusão das ortogonais por conta do recorte do costão rochoso, atingindo as ondas uma altura máxima de 1,0 m., enquanto que no flanco norte, devido à presença do molhe ou quebra-mar do Porto do Forno (que estrangula a seção em 36%), ocorre a difração da frente de onda. Após ultrapassar o molhe em direção ao flanco norte aumenta o espaçamento das ortogonais, variando a altura da onda de 0,8 m na região mais próxima ao centro do arco e de zero metros no extremo norte do embaimento.



Parâmetros morfodinâmicos

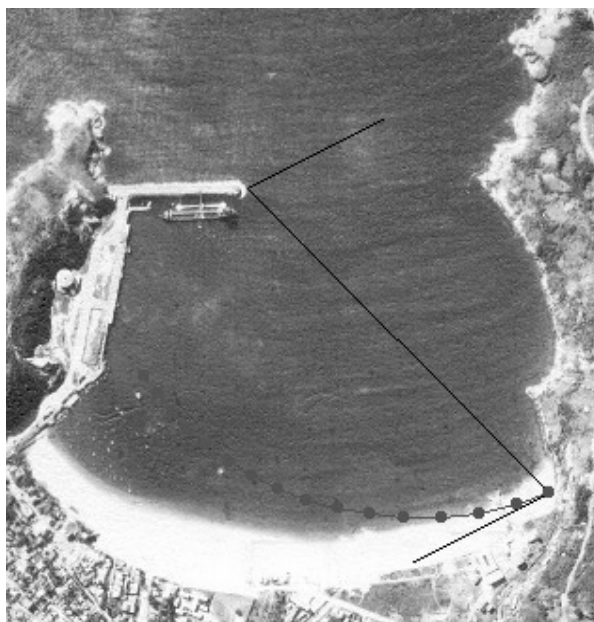
O estabelecimento de relações empíricas entre as variáveis de forma e processo se fez necessário, uma vez que, as praias podiam variar amplamente de configuração, em relação ao seu estado mais freqüente ou modal. Assim surgiram vários parâmetros como o Ω de Dean, e o Δ de MUEHE (1998) entre outros, que foram utilizados para a classificação mais precisa do estado morfodinâmico (modal) da praia.

Na praia dos Anjos, o parâmetro Δ de Muehe foi o que melhor demonstrou as diferenças morfodinâmicas entre os extremos do arco praial, classificando o flanco Norte e a porção central como refletivo e o flanco Sul ora como intermediário, terraço de baixa mar e ora como refletivo caracterizando a sazonalidade do perfil. Praias refletivas são consideradas de baixa energia, embora não ocorram necessariamente em ambientes de ondas baixas. Ocorrem com $\Omega < 1$ e $\Delta > 2$ encontrado pela combinação de ondas baixas e/ou períodos longos e sedimentos grossos. Contudo, podem ser encontradas em ambientes com areia fina a média e ondas menor do que 1 m. As praias tipo terraço de baixa mar ocorrem com Δ entre 1 e 2, e se caracterizam por apresentar maior energia que as refletivas, apresentando uma zona de sepraiamento maior e ocasionalmente a presença de banco e calha.

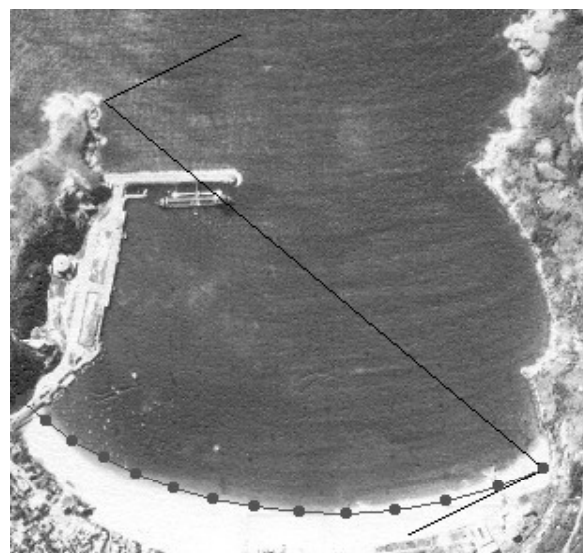
Modelo de equilíbrio em planta para praias de enseada.

O MEPPE é um software que auxilia no processo de análise do modelo parabólico de equilíbrio das praias de enseada. O MEPPE, desenvolvido por alunos da Universidade do Vale do Itajaí – SC, se utiliza do modelo parabólico desenvolvido por HSU et al. (1987) e baseia-se em relações entre características geométricas da praia em planta e o ângulo de incidência das ondas na praia. Através do modelo parabólico é possível determinar se a praia está em equilíbrio estático ou dinâmico.

A utilização do MEPPE na praia dos Anjos corrobora a impressão visual da influência do quebra-mar, onde os resultados apresentados indicam o desequilíbrio ou equilíbrio dinâmico que ocorre na enseada. Ao considerarmos o quebra-mar como ponto de difração das ondas, obtivemos uma linha de costa em equilíbrio dinâmico, tendendo a erosão no sul e acreção no norte da enseada, figura abaixo.



Ao desconsiderarmos a existência do quebra-mar e utilizarmos a ponta da fortaleza (extremidade do promontório ao norte da enseada) como difrator das ondas, o modelo apresentou uma linha de costa perfeitamente ajustada à existente, demonstrando para esta situação o equilíbrio estático, figura abaixo.



A foto utilizada para o traçado do MEPPE é de 1976, ao compararmos com a foto de 2002 que inclusive apresenta o traçado da linha de costa de 1976, verifica-se a perfeita aplicabilidade do modelo nesta área provando a retrogradação da linha de costa no flanco sul; no entanto em relação ao flanco norte, a taxa de progradação da linha de costa foi menor do que o estimado no modelo.

3. CONCLUSÕES

- A refração de ondas demonstrou claramente a interferência do quebra-mar na distribuição da energia da

onda na enseada, e sua concentração no flanco Sul, resultando em processo erosivo.

- Os parâmetros morfodinâmicos caracterizam o estado morfodinâmico da praia como refletiva no flanco norte e centro do arco; e refletiva à sazonalmente intermediária no flanco Sul.

- O modelo de equilíbrio em planta para praia de enseada indicou que a enseada se encontra em equilíbrio dinâmico, tendendo a erodir o flanco Sul e assorear o flanco Norte.

- A batimetria revelou um relevo de rampa em direção à praia, com pouca declividade, inicialmente. Esta situação foi alterada pela elevação topográfica na retaguarda do quebra-mar, em direção à praia, e no flanco Sul, na altura do quebra-mar, pela entrada do aporte sedimentar; e ainda pelo rebaixamento da área do porto e canal de acesso devido às dragagens, verificado pelo mapa de variação batimétrica

AGRADECIMENTOS

Pelo apoio e infra-estrutura imprescindíveis na produção científica: Ao Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM) e ao Departamento de Geografia do Instituto de Geociências (IGEO) do Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza (CCMN) da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- HSU, J.R.C.; SILVESTER, R.; XIA, Y.M. New characteristics of equilibrium-shaped bays. In: CONFERENCE ON COASTAL & OCEANIC ENGINEERING, 8., 1987, Australia. Proceedings 8th Australia Conference on Coastal & Oceanic Engineering, Australia, 1987, p. 140-144.
- MUEHE, D. Estado morfodinâmico praias no instante da observação: uma alternativa de identificação. *Revista Brasileira de Oceanografia*. Rio de Janeiro. v. 46, n. 2, p. 157-169, 1998.
- PIRAZOLLI, P.A. Secular trends of relative sea-level changes indicated by tide-gauge records. *Journal of coastal Research*, Florida, v. S1, p.1-26, 1986.