

DANOS AMBIENTAIS PROVOCADOS POR MINERAÇÃO CLANDESTINA DE AREIA E ATIVIDADES OFF-ROAD: UM CASO EXTREMO NO LITORAL DO RIO DE JANEIRO

Dieter Muehe¹; Enise Valentini².

¹ Dr.rer.nat., Professor Titular, Laboratório de Geografia Marinha, Departamento de Geografia e Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ e-mail: dieter@ufrj.br

² D.Sc., Professora Adjunta, Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente – POLI e Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica, COPPE – UFRJ e-mail: enise@ufrj.br

RESUMO

A mineração clandestina de areia em restingas é uma prática comum em regiões pouco ocupadas, tal como é o caso do município de Maricá (RJ), localizado a 25km a leste da baía de Guanabara (RJ), onde essa atividade produziu uma imensa depressão deixando apenas uma estreita faixa na borda oceânica. As irregularidades topográficas resultantes, com encostas arenosas íngremes, vêm servindo de palco a atividades fora-de-estrada por veículos de tração 4X4 e motocicletas, provocando escorregamentos nas encostas e a abertura de depressões no topo do cordão que facilitam a transposição das ondas. Os estudos realizados consideraram os efeitos conjuntos da ação de ondas de tempestade e da prática de atividades *off-road* e conduziram a um resultado que indica uma situação de grande risco quanto a estabilidade do cordão litorâneo atual. São apresentadas estimativas de custos e volumes para diversas alternativas de reconstituição do cordão litorâneo.

ABSTRACT

Illegal sand mining is a common practice in barrier beaches of low occupation, as in the county of Maricá, located 25km eastward from the Guanabara bay (RJ). In one specific place the mining produced a huge depression with only a thin wall separating the depression from the action of storm waves. This wall was already disrupted in two places where storm waves reach the depression trough overwash, affecting the stability of the inner slopes. The resulted topography was frequently used by off-roaders using 4 wheel driven vehicles as also motorcycles resulting in additional damages to the barrier beach steeping the slopes and potentially increasing the action of storm waves. The investigation concluded that actually the region is under a great risk in terms of its stability of the barrier beach trough the combined action of severe storm waves and off-road activity. An evaluation of recovery trough sand dumping and associated costs, considering different alternatives, are presented.

Palavras-Chave: cordão litorâneo, mineração, impacto ambiental.

1. INTRODUÇÃO

A mineração clandestina de areia é uma atividade largamente praticada que sempre acaba provocando impactos negativos uma vez que as alterações, produzidas pelos exploradores, na topografia original, via de regra, não são estabilizadas deixando o meio frágil e sem resistência para enfrentar as intempéries locais. Como consequência surge a necessidade de uma recuperação ambiental, o que pode envolver custos elevados. No caso em questão, adicionalmente, as alterações da topografia vêm sendo aproveitadas para a prática de atividades fora-

de-estrada (“off-road”) com veículo de tração nas quatro rodas, ampliando o impacto ambiental, tanto em termos biológicos quanto em termos da estabilidade das feições topográficas. O presente trabalho avalia o impacto conjunto dessas duas atividades, determina o risco ambiental e estima o custo de reconstituição da topografia para o caso da restinga (cordão litorâneo) de Maricá (Figura 1), localizada a leste da Baía de Guanabara no município de mesmo nome, a cerca de 25 km a leste da Baía de Guanabara, RJ.

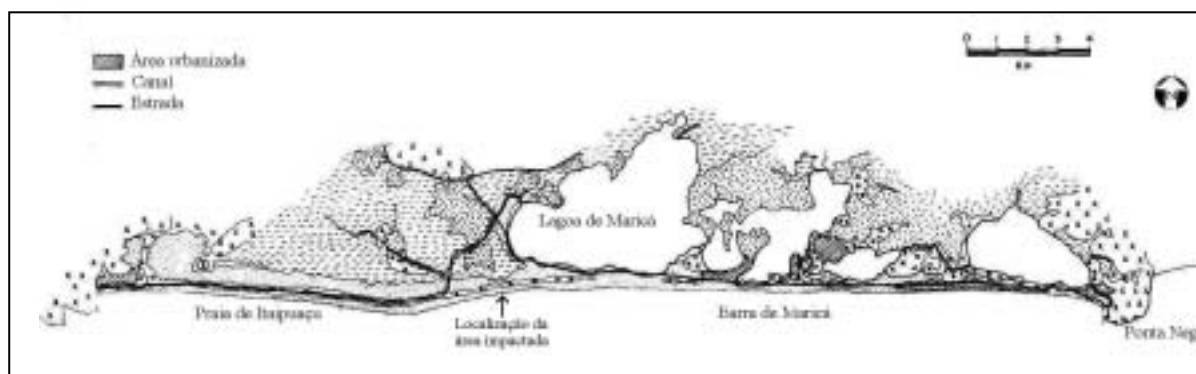


Figura 1 - Localização geográfica da área de interesse.

O cordão litorâneo nessa região é largo e caracterizado por uma topografia quase plana com altura em torno de 7 m acima do nível médio do mar, acrescido de elevações formadas por dunas de pequena amplitude, no qual a extração de areia deixou uma ampla depressão, dentro do próprio cordão litorâneo, restando apenas uma estreita faixa do cordão original entre a depressão e a praia (Figura 2).

A escavação vem sendo utilizada como arena para a prática de manobras “off-road” como mostra a Figura 3, o

que aumenta a fragilidade do cordão litorâneo que atualmente apresenta duas largas rupturas através das quais as ondas penetram para o interior da depressão sob condições de tempestades excepcionais expondo os flancos internos à erosão marinha. A abertura de sulcos no topo do cordão litorâneo pela passagem dos veículos, e seu gradativo aprofundamento, cria novos pontos de fragilidade levando aumentando a segmentação da borda oceânica dessa feição.

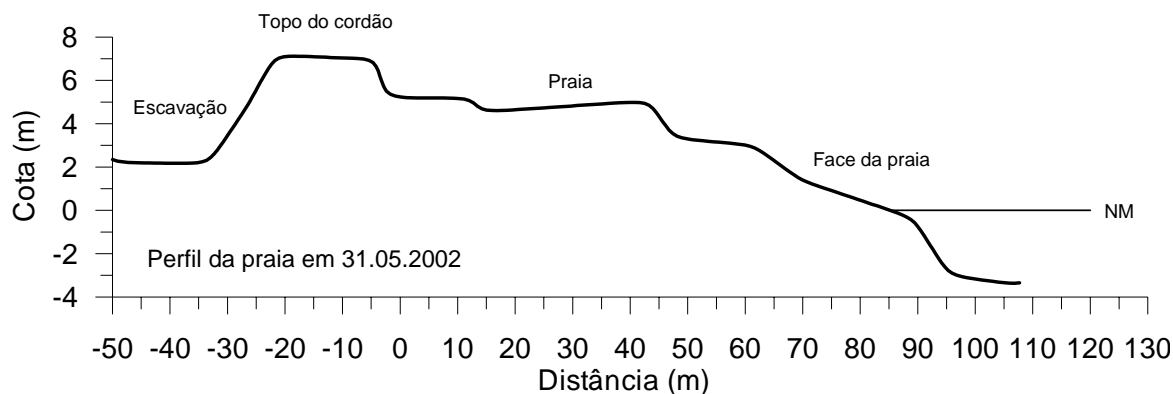


Figura 2 - Perfil topográfico transversal ao cordão litorâneo mostrando a escavação e o borda oceânica remanescente.



Figura 3 - Prática de manobras “off-road” na área de estudo gerando depressões no topo do cordão devido à passagem dos veículos.

As condições ambientais acima descritas motivaram uma investigação para responder às seguintes perguntas:

1) Qual a condição de estabilidade do cordão litorâneo atual frente à ação de tempestades marinhas (ressacas) típicas da região?

2) Qual é o melhor procedimento para o manejo dessa área? Conviver com o problema ou promover a recuperação ambiental dessa área?

2. LEVANTAMENTO DE DADOS

Foi realizado um levantamento topográfico para determinar o volume de areia retirada para fins de avaliar os custos e o volume de reposição, considerando diferentes critérios de recuperação e proteção. Para este fim foi levantada uma malha de perfis transversais a depressão, com espaçamento entre pontos de 20 m. Nos

segmentos com rompimentos do cordão litorâneo, como também nas rampas e depressões criadas pela movimentação de veículos, foram realizados levantamentos intermediários, com menor espaçamento dos perfis, para maior detalhamento topográfico dessas feições.

Um perfil topográfico transversal à depressão, incluindo a praia e o fundo marinho adjacente até a profundidade de 4 m (vide Figura 2), serviu para ajustar o levantamento ao nível médio do mar, considerando para isto a curva de maré prevista para Ponta Negra (RJ) no momento da observação do refluxo da onda na face da praia (Bigarella *et al.* 1961, Muehe *et al.* 2002) e para a caracterização do gradiente da antepraia superior.

Para fins de análise granulométrica foram coletadas amostras na berma da praia e em pontos do cordão litorâneo e do campo de dunas.

Dados oceanográficos fundamentais para a análise de risco como clima de ondas e regime de marés (marés astronômica e meteorológica) foram obtidos, respectivamente, no Global Wave Statistics (Hogben, 1986) e Banco Nacional de Dados Oceanográficos - BNDO do Ministério da Marinha.

3. ANÁLISE DOS DADOS

O resultado do levantamento topográfico é representado na Figura 4 na qual é evidente a fragilidade do cordão litorâneo, com segmentos apresentando rupturas de arrombamento e outros com largura insuficiente para resistir à ação de ondas de tempestade.

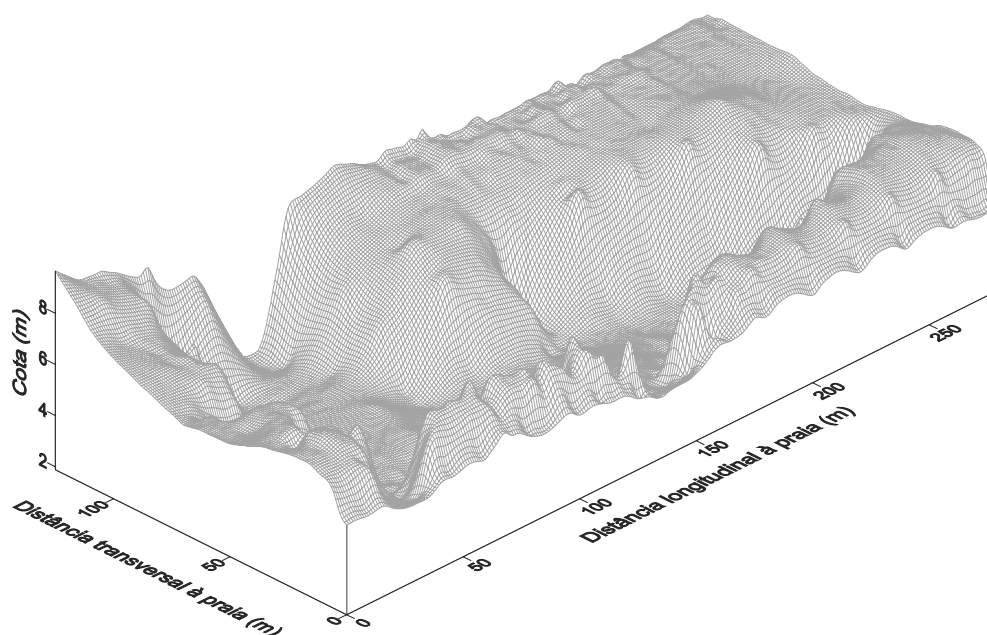


Figura 4 - Vista em 3D da área de interesse. Ressalta-se a fragilidade do cordão litorâneo, com trechos completamente rompidos e outros com largura insuficiente para resistir à ação de tempestades mais intensas.

Os dados obtidos do levantamento de perfil de praia estão apresentados na Figura 2, na forma de cota e distância (em escala exagerada na vertical), onde estão evidenciadas, em relação ao nível médio, as cotas da escavação, do topo do cordão litorâneo, das bermas e declividades da face de praia e ante-praia superior.

Os resultados da análise granulométrica das amostras de sedimentos coletadas indicaram que o material nativo é constituído por areia quartzosa grossa a muito grossa, com diâmetro mediano da ordem de 0,6mm, havendo pequena ocorrência de cascalho e sem a presença de carbonatos, silte e argila.

A análise dos dados de ondas ao largo (isto é em águas profundas) indica que o mar modal em todas as estações do ano é proveniente de SE. Ondulações de S e SW são mais freqüentes durante o outono e inverno do que durante o verão e primavera e o maior índice de calmaria é registrado durante o verão. Em todas as estações as alturas modais estão entre 1 e 2 m e os períodos na classe de 9 s. Os valores extremos indicam, para todas as direções de propagação, que ondas com alturas superiores a 5 m têm ocorrências inferiores a 1%, como também aquelas com períodos superiores a 13 s. Tais situações estão, geralmente, associadas a ondulações provenientes do setor SW.

3.1 Cenários de Tempestade

Os dados analisados mostram que ondas com alturas da ordem de 5 m têm índice de ocorrência da ordem de 0,5%, ou seja: há a chance de se ter uma tempestade

dessas por ano (ou 44 h/ano). De fato esse tipo de tempestade foi previsto pelo modelo WWATCH do INPE (Atlas Sul), conforme mostrado na Figura 5, e observado no campo por Muehe *et al.* (2001).

Como as ondas de tempestade promovem uma sobre-elevação do nível do mar junto à costa, que segundo o modelo analítico de Longuet-Higgins & Stewart (1964) é da ordem de 20% da altura da onda incidente, para o caso de ondas com alturas entre 4 e 5m, o nível médio junto à praia pode subir cerca de 1 m. Há de se somar a isso a variação de nível devida à maré astronômica (que nessa região em condições de sizígia é da ordem de 1,2m) e mais os efeitos meteorológicos provocados por ventos e oscilações da pressão atmosférica que podem resultar em empilhamentos de água junto à costa da ordem de 2,5m.

3.2 Simulação do Perfil de Praia para a Condição de Tempestade

Na ocorrência de ondas altas acompanhadas de sobre-elevação do nível médio do mar, geralmente típicas de tempestade ou ressaca, as ondas retiram material da parte alta da praia, da berma, depositando-o ao largo da arrebenção num processo muito rápido (os intervalos de tempo envolvidos são da mesma ordem da duração da tempestade, ou seja de algumas horas a poucos dias) mas muito intenso, capaz de provocar profundas alterações na feição da praia. Passada a tempestade, lentamente as ondas de bom-tempo transportam para a praia o sedimento deixado pela tempestade ao largo da arrebenção, construindo novamente o perfil de bom-tempo.

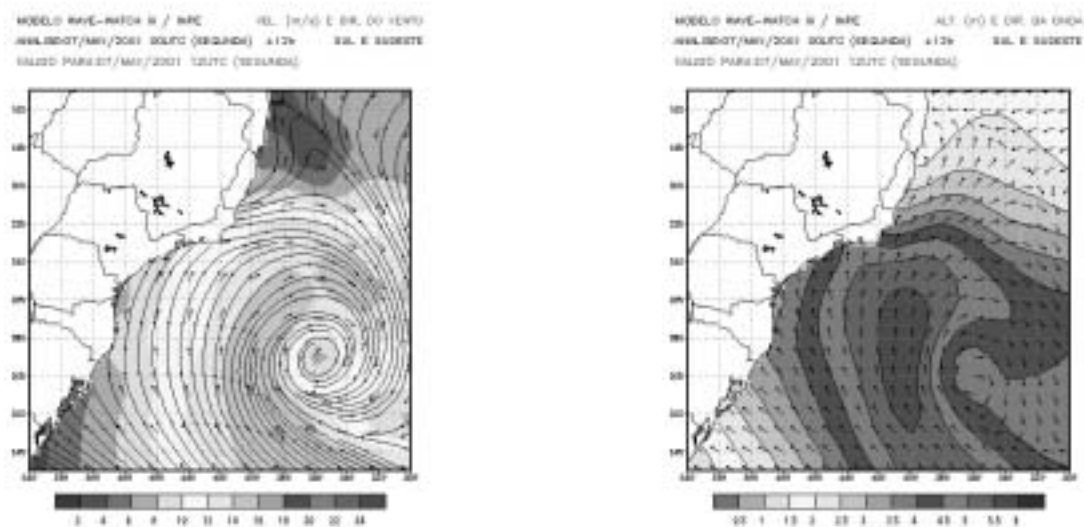


Figura 5 - Alturas e períodos de ondas no mês de maio de 2001 conforme previsão do modelo WWATCH (INPE - Atlasul). Fonte: Muehe *et al.* (2001).

Tabela 1 – Condições tempestade utilizadas na simulação do perfil de equilíbrio e estimativa do recuo da linha de costa.

Descrição	Símbolo	Valor
Diâmetro Mediano do sedimento nativo (mm)	D_{50}	0,6
Parâmetro de escala ($m^{-1/\alpha}$)	A	0,173
Expoente de ajuste	α	0,67
Altura da berma (m)	B	4
Altura onda tempestade (m)	H	4,5
Coefficiente de arrebentação	λ	0,8
Sobre-elevação NM-Total (m)	S	3,0
Maré astronômica (m)	Ma	1,2
Maré meteorológica (m)	Mm	0,8
Resultado: Recuo da linha de costa (m)	R	60

Sob o ponto de vista geomorfológico e da engenharia, o mais importante nesse processo é o conhecimento da amplitude do recuo da linha de costa, ou seja a extensão da faixa dinâmica da praia. Na ausência de dados oriundos de medições das feições do perfil antes e depois da ocorrência de ressaca, essa quantidade foi estimada através de modelo matemático, baseado no conceito de perfil de equilíbrio dinâmico, conforme proposto por Dean (1977). As condições de simulação estão indicadas na Tabela 1. As profundidades de fechamento foram calculadas conforme o modelo de Hallermeier (1981) para recorrência anual e de Nicholls *et al.* (1995) para um cenário de 100 anos.

O resultado indicou um recuo da linha de costa de 60m, o que representa a erosão por completo de toda a berma da praia expondo o atual cordão ao ataque das ondas e conseqüente ação erosiva. Essa simulação também mostrou que uma tempestade dessa ordem, aparentemente com recorrência anual, é capaz de atingir a cota da

abertura existente no cordão frontal ocasionando a inundação das áreas interiores.

4. SOLUÇÕES MITIGADORAS

Sob o ponto de vista da recuperação estrutural da área degradada há duas possibilidades para se mitigar o problema: preenchimento total da escavação, ou preenchimento parcial recuperando apenas o cordão frontal para impedir a invasão do mar nas áreas interiores. No primeiro caso o volume envolvido é de 70.000m³ considerando a cota de coroamento dos terrenos interiores iguais à do cordão frontal; no segundo caso o cordão frontal é recuperado com fechamento das fendas até a cota máxima atual e aumentando sua largura, para o interior, em 40m (passando de 20 para 60m) o que envolve um volume de empréstimo de 40.000m³.

Qualquer que seja a solução adotada, o ideal é que o material de empréstimo seja igual ao nativo, entretanto nem sempre é fácil de se atender tal requisito. O material existente nas adjacências do local é compatível com aquele requerido para o aterro, contudo o uso desse sedimento como material de empréstimo poderá ser dificultado por aspectos legais posto que essa área é tombada pelo patrimônio ambiental com a finalidade de preservação (APA de Maricá). Entretanto, mantendo o interesse ambiental em primeiro plano, pode-se afirmar que o uso desse material para a recuperação da área degradada é ecologicamente mais acertado do que introduzir na região um sedimento não-nativo. Alternativamente, fora dos limites da APA de Maricá, existem acumulações de material dragado ao longo das margens de um canal artificial. Esses depósitos poderão servir como uma possível fonte de empréstimo, implicando, além das necessárias licenças para a remoção, em custos mais elevados de transporte.

Os volumes envolvidos nessa recuperação são relativamente pequenos (o maior deles é da ordem de 70

mil m³) portanto a extração de material de empréstimo da plataforma continental provavelmente não será economicamente viável. Com isso há de se pesquisar uma jazida terrestre e o método construtivo talvez seja o transporte por caminhões com auxílio de pá mecânica para espalhamento do material basculado. Estima-se que o custo médio de material colocado seja da ordem de R\$25,00/m³. Entretanto, dependendo da distância a ser percorrida entre a área de empréstimo e o local da obra, esse custo pode chegar a R\$ 40,00/m³. Isto significa que os valores envolvidos na recuperação da área estariam na faixa entre 1 e 2,8 milhões de reais, apenas considerando a movimentação de sedimentos.

5. CONCLUSÃO

As inquirições propostas inicialmente neste artigo têm as seguintes respostas:

- A atual condição de estabilidade do cordão litorâneo nessa área é frágil apresentando-se estruturalmente no limite para suportar as ações erosivas do ataque de tempestades marinhas típicas da região com recorrência de 1 ano. Em longo prazo (da ordem de 100 anos), num cenário de subida no NMRM entre 0,50m e 1m (IPCC, 1990), a atual feição do cordão frontal seria totalmente devastada, provocando a completa inundação das áreas interiores pelo mar. Com isso a convivência com o problema que atualmente se apresenta coloca em risco as estabilidades das feições frontais da praia como daquelas imediatamente interiores.
- A solução do problema se dá através de aterro para a recuperação das feições originais (70.000m³) ou, minimamente, para a reconstrução do cordão frontal (40.000m³) de forma a dotá-lo da robustez suficiente a enfrentar as possíveis intempéries marinhas de curto e longo prazos.
- Tecnicamente o tipo de obra envolvido é simples contudo a dificuldade que se apresenta está na identificação da jazida do material de empréstimo a ser utilizado. Os volumes envolvidos, por serem pequenos, inviabilizam economicamente a exploração na plataforma continental, mas existem depósitos de material compatível com o nativo em áreas adjacentes cuja exploração é viável.
- A recuperação da área degradada se completa com o replantio da vegetação nativa o que contribui para a recomposição da paisagem original como também para a fixação do solo acelerando a estabilidade dos terrenos criados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bigarella, J.J., Salamuni, R. e Marques F^o, P.L. (1961). "Método para Avaliação do Nível Oceânico à Época da Formação dos Terraços de Construção Marinha". *Boletim Paranaense de Geografia*, 4/5.

Dean, R. G. (1977): Equilibrium Beach Profiles: U.S. Atlantic and Gulf Coast. *Ocean Engineering Report No.*

12. Dept. of Civil Engineering, University of Delaware, Newark, DE, 45 pp.

Hallermeier, R. J. (1981). A Profile Zonation for Seasonal Sand Beaches from Wave Climate. *Coastal Engineering*, 4:253-277.

Hogben, K. L. (1986). *Global Wave Statistics*. British Maritime Technology Ltd., London, UK.

IPCC – Intergovernmental Panel of Climate Changes (1990). Policymakers Summary of the Scientific Assessment of Climate Change. *Report to IPCC from Working Group I*, ASCE, pp.27.

Longuet-Higgins, M. S., Stewart, R. W. (1964). "Radiation Stress in Water Waves: a Physical Discussion with Applications". *Deep Sea Res.*, Vol.2.

Muehe, D., Roso, R. & Savi, D.C. (2002). Avaliação de método expedito de determinação do nível do mar como datum vertical para amarração de perfis de praia. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. (Aceito para publicação).

Muehe, D., Fernandez, G. B., Savi, D. C., (2001). "Resposta Morfodinâmica de um Sistema Praia-Antepraia a Oeste de Cabo Frio Exposto às Tempestades de Maio de 2001". *ABEQUA - Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*. Out/01, Imbé, RS.

Nicholls R. J., Leatherman, S.P., Dennis, K.C. & Volonté, C.R. (1995). Impacts and Responses to Sea-Level Rise: Qualitative and Quantitative Assessments. *Journal of Coastal Research*, SI. 14:26-43.