

ANÁLISE DA EROSIÃO E VULNERABILIDADE DE DUNAS NA COSTA DO RIO GRANDE DO SUL.

RIHEL, S.V.¹; NICOLODI, J.L.²

¹rihelsantos@gmail.com

^{1,2} Instituto de Oceanografia – IO/FURG

Universidade Federal do Rio Grande, Laboratório de Oceanologia Geológica – Instituto de Oceanografia. Av. Itália, Km 8, Campus Carreiros. Rio Grande, RS – Brasil. CEP 96201-900, Caixa-Postal: 474;

RESUMO

Um dos fatores mais importantes na evolução costeira são eventos de ondas de alta energia associados às tempestades e marés meteorológicas (Stone & Orford, 2004), resultantes de eventos atmosféricos extremos, como por exemplo, ciclones extratropicais. Ao contrário da elevação do nível do mar, esses eventos energéticos não acarretam necessariamente uma permanente erosão e retração costeira, apresentando respostas variadas em função de diferentes processos de transformação das ondas que ocorrem ao longo de sua propagação em direção à costa (Regnaud *et al.*, 2004). No entanto, na costa sul brasileira esses eventos são responsáveis pelas drásticas mudanças morfo-sedimentares verificadas (Calliari *et al.*, 1998). Com objetivo de verificar o impacto de tais eventos nas dunas, bem como seu potencial de proteção costeira, encontra-se em implantação uma metodologia de análise de erosão e vulnerabilidade das dunas da praia do Cassino (RS). Tal metodologia consiste na aplicação de sete diferentes modelos matemáticos, que tem por objetivo realizar análises qualitativas e quantitativas do potencial de proteção oferecido pelas dunas costeiras frente a este tipo de situação meteorológica extrema. É dado especial enfoque no modelo proposto por Van Rinj (2008), validando sua eficiência para a praia do Cassino a partir de perfis pré e pós tempestade, levando em conta tanto características geológicas da praia como hidrodinâmicas do evento. O presente estudo tem a intenção de testar esses modelos clássicos de erosão costeira, permitindo re-analisar alguns conceitos da dinâmica costeira do Cassino, com destaque para as interações entre os diversos compartimentos do perfil praiar; sua condição de equilíbrio e sua reestruturação devido à passagem de frentes frias. Especial relevância será dada ao potencial de proteção costeira oferecido pelas dunas.

Palavras-chave: vulnerabilidade, dunas costeiras, erosão, eventos meteorológicos extremos.

INTRODUÇÃO

Zonas costeiras são sistemas que se encontram em constante equilíbrio dinâmico, resultado da união de diversos fatores, dentre os quais destacam-se os efeitos causados no perfil praiar pelas marés meteorológicas. Esse tipo de maré pode ser expressa como sobre-elevação do nível do mar de até 1,3 m (BARLETTA & CALLIARI, 2001) definidas como a diferença de nível entre a maré prevista (astronomicamente) e a maré observada, que constituem o maior risco natural para os ambientes costeiros, sendo considerada a mais

freqüente razão para perda de habitat e propriedades (MURTY, 1984; Parise et al., 2009). As formas de erosão que esses eventos podem causar são derivadas de um desgaste causado pelo impacto do movimento das ondas na costa, o que no caso do presente estudo, encontra-se focado na análise da costa da Praia do Cassino, RS (Figura 1). Essas formas de erosão, e suas intensidades, classificam o ambiente em relação à sua vulnerabilidade frente a esses processos morfodinâmicos.

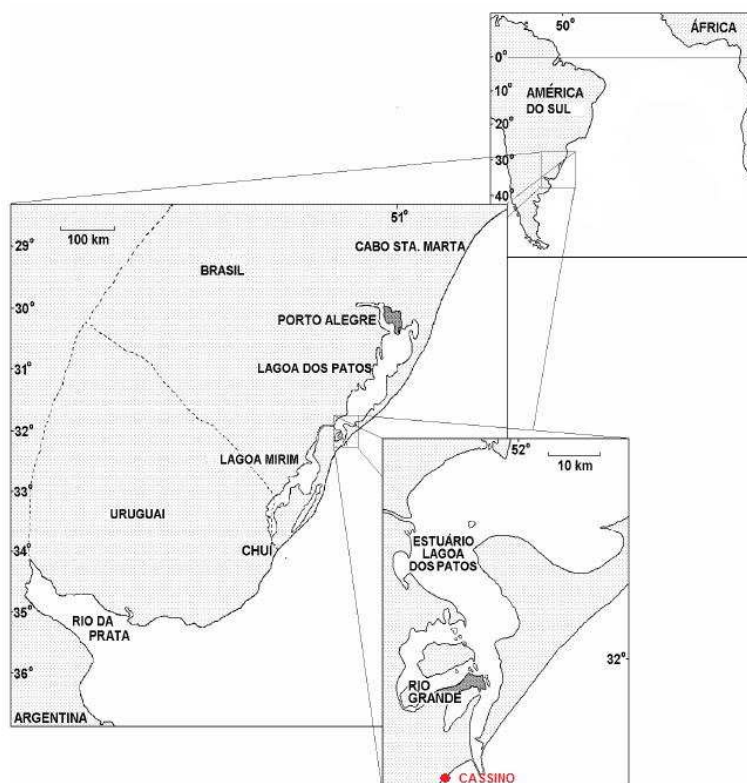


Figura 1. Localização geográfica da costa do estado do Rio Grande do Sul, salientando, em vermelho, como local do presente estudo, a Praia do Cassino, Rio Grande - RS.

A linha costeira do Rio Grande do Sul é suavemente ondulada na forma de saliências (projeções) e reentrâncias (embaiamentos), e apresenta uma orientação geral Nordeste-Sudoeste, caracterizada por possuir grande disponibilidade de areia que, em suma, tem nas barreiras costeiras (formadas no Holoceno) o seu mais importante elemento deposicional. Nessa costa os *swells* de quadrante S, SE e SW são responsáveis, em média, por uma maior dominância e intensidade durante o ano, determinando; portanto, uma resultante de deriva litorânea de SW para NE (DILLENBURG *et al.*, 2005). Configurando a linha de praia que, em associação com a largura da plataforma continental, colabora para um regime médio de energia de ondas com tamanho de onda mais freqüente de 1,5 m, relacionada a um regime de micromaré com variação média de somente 0,50 m (CALLIARI *et al.*, 1993).

A vulnerabilidade de um campo de dunas reflete uma situação de variação espacial significativa, com avanços e retrocessos não uniformes e que dependem dos processos morfodinâmicos e hidrodinâmicos que ocorrem na zona de surf, de variações laterais no transporte eólico, da dinâmica de massas d'água e, também, da existência de projetos de manejo e preservação das dunas (TABAJARA *et al.*, 2004).

Reconhecendo a importância das dunas na proteção costeira frente eventos meteorológicos extremos, diversos modelos numéricos foram desenvolvidos para a análise do transporte costeiro de sedimentos e da erosão de dunas (JUDGE *et al.*, 2003), com o intuito de traçar parâmetros que possam ser usados para determinar a vulnerabilidade da costa em períodos de alta energia hidrodinâmica. O presente estudo analisará a vulnerabilidade da Praia do Cassino, em relação à erosão causada por eventos meteorológicos extremos, através da implementação de alguns modelos numéricos (Komar, 1998; Kriebel *et al.*, 1997; Sallenger, 2000; Hallermeier and Rhodes, 1988; Dean, 1991) com ênfase no modelo proposto por Van Rijn (2008) e proporá uma releitura da vulnerabilidade das dunas frente ao seu potencial de proteção costeira.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a execução dos objetivos do trabalho, serão utilizados dados pré-existentis no Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG) da Universidade Federal de Rio Grande (FURG). Tais dados são relativos à morfologia do perfil praias pré e pós tempestade, bem como dados hidrodinâmicos referentes à passagem de eventos extremos na costa do RS. Os modelos aplicados estão ancorados na análise do fluxo de transporte transversal de sedimentos ao longo do perfil praias e suas consequências em relação à erosão e progressão das dunas. Tais modelos são baseados na ideia de um perfil de equilíbrio estático dirigido, principalmente, pelo tamanho do sedimento e nível da água (NICOLODI *et al.*, 2009). Os modelos utilizados são:

- HALLERMEIER E RHODES (1989): feito para ser utilizado pelo Flood Insurance Mapping Program del Federal Emergency Management Agency (FEMA), o modelo prevê uma estimativa mediana da duna considerando vários períodos de retorno.
- DEAN (1991): tendo como base as análises dos perfis praias pré e pós tempestade e levando em conta a ideia do perfil em equilíbrio, propôs uma solução para retração da berma e para linha de costa. Para isso o autor integrou valores de área entre os perfis de equilíbrio iniciais e finais, chegando a valores de área de deposição e de erosão.
- KRIEBEL E DEAN (1993): desenvolveu uma solução analítica para a resposta do perfil da praia ao longo do tempo, o que se chamou: erosão potencial. A erosão potencial é análoga à erosão média de Hallermeier e Rhodes (1988), embora dependa não só do nível do mar, mas também da altura da onda e da duração da tempestade.
- KRIEBEL *et al.* (1997): utilizou um modelo proposto por Kriebel (1991). Para prever o grau de erosão sob o impacto de tempestades e desenvolveram uma equação simplificada do potencial de erosão chamada *intensity index*.
- KOMAR *et al.* (1999): utilizou um modelo geométrico simplificado para estimar a retração da duna quando exposta à elevação do nível do mar onde se pode verificar a distância de retrocesso da linha de costa.

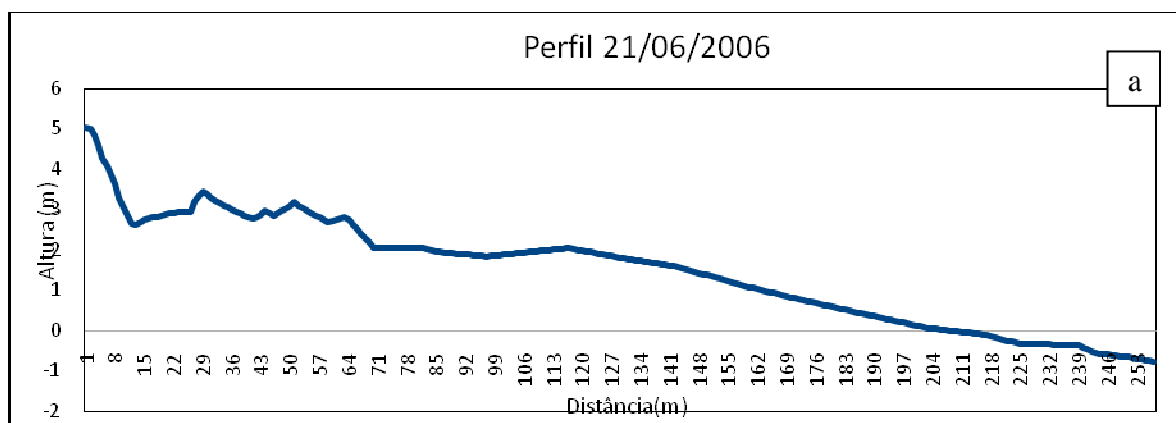
- SALLENGER (2000): utilizou os modelos empíricos de *runup* de Holman (1986) para comparar o nível do mar durante tempestades e a geometria da duna, desenvolvendo assim, uma série de regimes que prevêm indicadores dos impactos nas dunas.
- VAN RINJ (2008): propõe uma nova abordagem para o tema. Para isso, sua teoria está baseada em reanálises dos resultados obtidos por Vellinga (1982). Ele utiliza o modelo CROSMOR, de autoria própria, em experimentos relacionados à erosão de dunas, levando em conta os três principais processos que afetam a erosão de dunas: os efeitos das ondas de baixa frequência, a turbulência devido à rota de colisão das ondas e o impacto direto que as dunas enfrentam por ação das ondas. Os resultados obtidos foram utilizados para desenvolver uma nova fórmula simplificada de erosão das dunas:

$$A_{d,t=5} = A_{d,ref} (d_{50,ref}/d_{50})^{\alpha 1} (S/S_{ref})^{\alpha 2} (H_{s,o}/H_{s,o,ref})^{\alpha 3} (T_p/T_{p,ref})^{\alpha 4} (\tan\beta/\tan\beta_{ref})^{\alpha 5} (1 + \theta_o/100)^{\alpha 6} \quad (1)$$

Importante salientar que os valores obtidos com a aplicação desta equação referem-se ao volume erodido da duna depois das primeiras 5 horas de ação das ondas. Essa equação simplificada pode ser considerado uma evolução dos modelos anteriores já que o mesmo considera parâmetros como a altura da duna, o diâmetro do sedimento, declividade do perfil da praia e o ângulo de incidência da ondulação, além dos tradicionais parâmetros de altura e período da ondulação e do nível do mar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esse trabalho representa o início de um estudo que continuará sendo efetivado durante o ano de 2011. Até agora foram pode-se dizer que foram traçados perfis pré e pós tempestade, a partir de 2006 (como exemplificado na Figura 2) e os dados de declividade da praia, período e tamanho da ondulação, granulometria, tempo de duração da tempestade, nível do mar foram cruciais para a modelagem desses eventos.



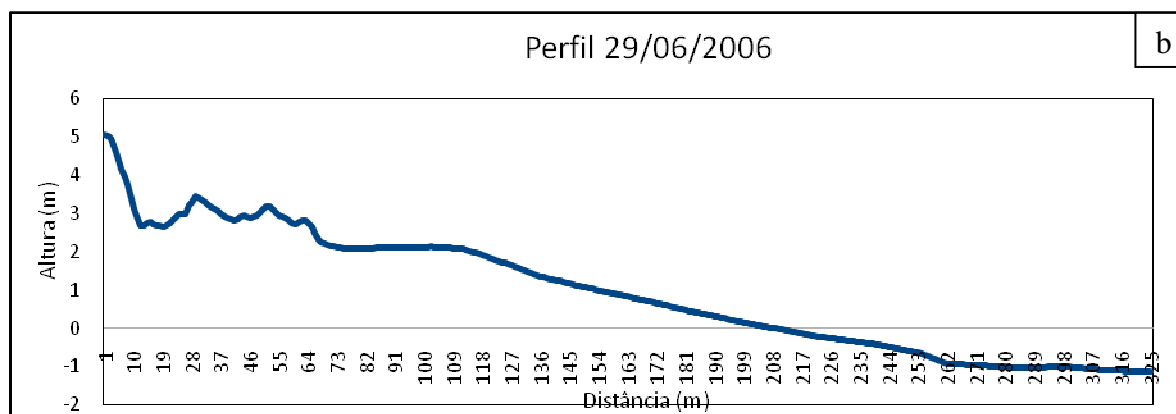


Figura 2. Gráfico do perfil praiado da Praia do Cassino pré (a) e pós (b) evento extremo.

Através desses gráficos nota-se um perfil inicial semelhante até as dunas embrionárias. A partir desse ponto é possível perceber um aumento na declividade da praia devido à ação das ondas da frente fria. Esse é só um exemplo do tipo de análise que está sendo feita em relação à eventos meteorológicos extremos.

REFERÊNCIAS

- BAELETTA, R. C. & CALLIARI, L. J. 2001. Determinação da intensidade das tempestades que atuam no litoral do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas em Geociências** 28(2), p. 117-124.
- CALLIARI, L. J. & KLEIN, A. H. F. Características Morfodinâmicas e Sedimentológicas das Praias Oceânicas Entre Rio Grande e Chuí, RS. **Pesquisas**, 20(1): 48-56, 1993.
- DILLENBURG, S. R.; TOMAZELLI, L. J.; MARTINS, L. R. & BARBOZA, E. G. Modificações de Longo Período da Linha de Costa das Barreiras Costeiras do Rio Grande do Sul. **Gravel**. Porto Alegre. v. 3. p. 9-14
- JUDGE, E. K.; OVERTON, F.; FISHER, J. S. (2003). Vulnerability Indicators for Coastal Dunes. In **Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering**. p. 207-278.
- MURTY, T. S. Storm surges-meteorological ocean tides, **Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.**, v. 212, p. 876-897, 1984.
- NICOLODI, J. L.; CRETELLA, C.; GRACIA, V. Análisis de la Función de Protección de Dunas Costeras Frente a Escenarios de Cambio Climático, Barcelona (2009). **Máster Internacional en Gestión de Zonas Costeras y Estuáricas**, 7ª edición – curso 2008-2009.
- PARISE, C. K.; CALLIARI, L. J.; KRUSCHE, N. Extreme storm surges in the south of Brazil: atmospheric conditions and shore erosion. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 57(3): p. 175-188, 2009.
- TABAJARA, L. L., MARTINS, L. R., ALMEIDA, L. E. S. B. (2004). Resposta e Recomposição das Praias e Dunas após a seqüência de ciclones extratropicais. In **Gravel**. Porto Alegre. v. 2. p. 104-121.
- VAN RIJN, L. C. Prediction of dune erosion due to storms. **Coastal Engineering** (2008).