

CORRELAÇÃO ENTRE A MORFODINÂMICA SAZONAL E A DINÂMICA SEDIMENTAR DE CURTO PERÍODO NA PRAIA DE VILA DOIS RIOS, ILHA GRANDE – RJ.

Marcelo Sperle Dias¹; Cristiene Nunes Tadeu¹; Fábio Mayo Belligotti¹; Luciana Bipo¹

¹Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524 Maracanã. Sala 4127 Bloco F. Phone: +55 21 2587-7722. e-mail: sperle@uerj.br, cristienenures@bol.com.br, fmayo@bol.com.br, bispolu@uol.com.br

RESUMO

Os ambientes costeiros são largamente utilizados pelo Homem, e estão sujeitos a processos erosivos que causam danos sócio-econômicos e ambientais. Através do monitoramento da Praia de Dois Rios (Ilha Grande, RJ) nos anos de 1998 a 2002, este trabalho propõe investigar a relação entre dinâmica sedimentar de curto (alta frequência) e de longo período (sazonal). Foram monitorados 08 seções ao longo da. As medições de variação sedimentar de alta frequência foram feitas em três pontos fixos da face de praia, em cada seção. Para cada ponto obteve-se uma série temporal associada a dinâmica sedimentar ao longo de 64 horas de medição. Os espectros de potência das séries temporais permitiram quantificar e relacionar a "energia" dos processos sedimentares de alta frequência com a variação sazonal dos perfis da praia. Observou-se que as seções monitoradas possuía o mesmo padrão morfodinâmico no longo e no curto período. Desta forma, verificou-se que a análise espectral das variações sedimentares de curto período poderia ser uma ferramenta nos estudos de morfodinâmica de praias. Estas técnicas produzem diagnósticos rápidos, quantitativos e de baixo custo no mapeamento de setores do litoral com tendência a processos erosivos e deposicionais.

ABSTRACT

The coastal environments are widely used by the human being but are exposed to erosion processes that might cause socio-economical and environmental damages. This work aims to investigate the relationship between the short and long time sedimentary dynamics. For this we've monitored the seasonal morphodynamics of Dois Rios Beach (Ilha Grande - RJ) from 1998 to 2002 - at eight different sectors, together with high frequency hourly measurements of the sedimentary variations and oceanographic parameters. The high frequency sedimentary measurements were done at these in each of those sections, at three different points crossing to the beach face. The measurement generate in each point a time series that indicates sedimentary relative changes during 64 hours consecutively. The time series' spectral analysis allowed the correlation between the energy enrolled in the high frequency sedimentary variations and the seasonal variations for each beach sector. The results show a straightforward relationship between short and long time morphodynamics. These results showed that the use of short-time sedimentary variations and its spectral analysis might be a tool for evaluating beach morphodynamics. This methodology generates quantitative, fast and low cost results that might be used for mapping the predominance of depositional or erosional sectors along the shore.

Palavras-Chave: *morfodinâmica de praias, variações sazonais, dinâmica sedimentar de curto período.*

1. INTRODUÇÃO

Fenômenos de erosão ocorrem em várias regiões de todo o planeta. Esses eventos podem ser problemáticos, já que essas regiões são as mais exploradas social e economicamente pelo Homem. Aproximadamente metade das regiões costeiras do mundo vêm mostrando impactos ambientais moderados à severos causados pela interferência do Homem. Aproximadamente metade da população mundial ocupa uma faixa de 200 Km de largura ao longo das regiões costeiras., sendo que 70% das praias mostram índices de erosão maiores do que as taxas naturais (Agardy, 1997). É justamente por este motivo que se torna necessário o entendimento das variações geomorfológicas costeiras e, em particular, da morfodinâmica de praias arenosas oceânicas.

Com o objetivo de entender os processos de transporte de sedimentos litorâneos e a erosão da linha

de costa, estudos de morfodinâmica de praias vêm sendo amplamente fomentados, em várias partes do mundo. Entretanto o entendimento das inter-relações dos fenômenos que controlam estes processos é complexo, pois requer a investigação dos efeitos transientes e não-lineares que permeiam a hidrodinâmica marinha e os processos de fluxos de grãos. Tais efeitos não são facilmente mensuráveis sem a utilização de técnicas apropriadas de amostragem e tratamento da informação coletada no campo. Neste contexto o Grupo de Estudos em Dinâmica Sedimentar (GEDiS) do Departamento de Oceanografia e Hidrologia vem utilizando, desde novembro de 1997, as dependências do Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável (CEADS/SR2) da UERJ, para o desenvolvimento e aplicação de técnicas, que permitam quantificar a inter-relação dos fenômenos que controlam a dinâmica sedimentar na zona litorânea da Ilha Grande, RJ.

Tomando como objeto de estudo a Praia de Dois Rios - Ilha Grande, RJ- verificou-se que a morfodinâmica da praia é determinada através da relação entre fenômenos oceanográficos de alta e de baixa frequência (Sperle, M., *et al.*, 2000 e Sperle, M., *et al.*, 2001). Estes fenômenos interagem com a granulometria e geomorfologia costeira (Bipo, 2002).

Este trabalho tem como principal objetivo avaliar a relação entre a dinâmica sedimentar de longo e de curto período, visando estabelecer uma metodologia alternativa rápida e de baixo custo aplicável ao mapeamento de áreas com tendência erosiva e/ou deposicional em praias arenosas oceânicas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O GEDiS aplicou metodologias clássicas e de curto período com o objetivo de correlacionar a morfodinâmica sazonal com setores de maior ou menor energia na face de praia no curto período, em situações hidrodinâmicas distintas.

No monitoramento da Praia de Dois Rios efetuou-se a medição de perfis topográficos de detalhe, estimativa de parâmetros oceanográficos e meteorológicos e medição do transporte sedimentar de alta frequência.

Para aplicação dos métodos descritos acima, a praia estudada foi dividida em oito seções transversais georeferenciadas (Figura 1).

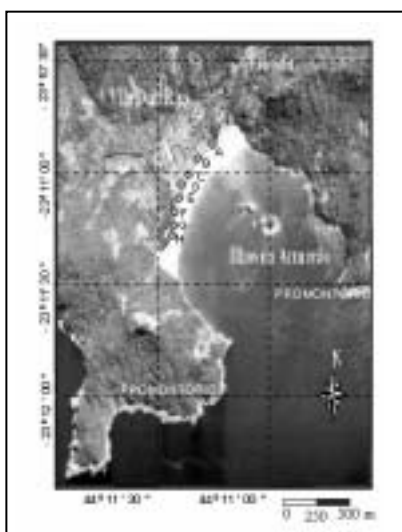


Figura 1: Localização da 8 seções estudadas na praia de Vila de Dois Rios, Ilha Grande- R.J.

Os seguintes dados são investigados:

A) Perfis de Praia

A fim de se obter as variações de longo período na morfologia da face de praia e antepraia efetuou-se um monitoramento morfodinâmico nas seções estabelecidas. Para isto utilizou-se um nível de engenharia, um tripé de base, uma mira topográfica graduada de 4 metros, uma trena de 50 metros e uma

bússola. Além disso, foram coltados sedimentos na face de praia com diferentes gradientes. Neste estudo foram analisados 282 perfis de praia, obtidos em 39 campanhas.

B) Variação de Curto Período na Morfologia da Praia

A metodologia utilizada para a quantificação da variação sedimentar de curto período (Sperle, M., *et al.*, 2000 e Sperle, M., *et al.*, 2001) se baseia na instalação de módulos fixos ao longo da praia nas mesmas seções pré-estabelecidas. Esses módulos são graduados em centímetros, enterrados até aproximadamente 1 metro na face de praia, permanecendo fixos durante as 64 horas de medição. Nas mesmas seções monitoradas no longo período, são instalados três módulos: o primeiro (módulo 0) é instalado na parte superior da face de praia, pouco abaixo da linha de preamar; o segundo (módulo 1) fica na porção central da região entre marés; e o terceiro (módulo 2) é localizado no início da antepraia, pouco abaixo da linha de baixa mar (Figura 2).

Em situações hidrodinâmicas distintas - função das marés, frentes fria, ressacas e chuvas, durante 64 horas consecutivas, esses módulos foram monitorados, com medições horárias, a fim de se obter uma série temporal mostrando as variações sedimentares da praia causadas por fenômenos oceanográficos e meteorológicos de curto período. Neste estudo foram analisados 33.280 dados de variações de curto período, obtidos em 26 campanhas.

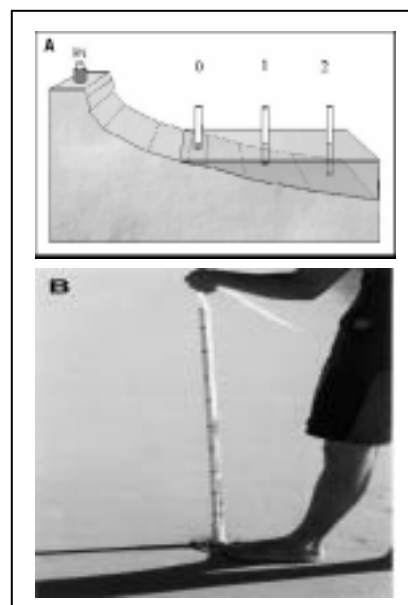


Figura 2: A) Localização dos módulos no perfil de praia durante um período de maré alta; B) Medição dos módulos.

C) Tratamento dos Dados

Devido à complexidade da relação hidrodinâmica/transporte de sedimentos, no curto período, e do elevado número de variáveis envolvidas, não é recomendável efetuar o tratamento dos dados através de soluções analíticas. No entanto, pode-se quantificar numericamente a “energia” desses fenômenos oceanográficos através da análise espectral dos dados (Sperle, M., *et al.*, 2000 e Sperle, M., *et al.*, 2001), utilizando a Transformada de Fourier.

A Transformada de Fourier é definida por (Leite, 1998):

$$G(w) = k_1 \int_{-\infty}^{\infty} g(t) e^{-iwt} dt, G(w) = F\{g(t)\}, \text{ onde :}$$
$$(i = \sqrt{-1}) e(w = 2\pi f)$$

e transforma uma função periódica $g(t)$, no domínio do tempo ou espaço, em uma função $G(w)$, no domínio da frequência.

Para calcular numericamente a Transformada de Fourier dos dados de variação sedimentar de curto período foi desenvolvido um programa computacional, em Fortran 90, utilizando uma rotina de Transformada Rápida de Fourier – FFT (Colley, & Tuckey, 1965).

O resultado numérico deste processamento é um espectro de potência (Bath, 1974) que mostra a energia e as frequências relacionadas aos fenômenos oceanográficos envolvidos na dinâmica sedimentar.

O cálculo da energia total de cada módulo pode ser obtido através da integral do espectro entre as frequências limites de observação. Numericamente, pode-se calcular essa integral utilizando-se a Regra do Trapézio (Swokowski, 1994), que define uma aproximação geométrica infinitesimal da área sob o espectro.

As frequências limites de observação foram estabelecidas como sendo w_i (a frequência fundamental) e w_f (a Frequência de Nyquist).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a distribuição de frequência total, verifica-se que 89,53% dos dados de curto período, estão distribuídos na primeira faixa de energia (de 0 a 4500 kg/m³), seguido de 5,23% na segunda faixa de energia (de 4500 a 9000 Kg/m³) e 5,24% distribuídos nas restantes faixas de energia (de 9000 a > 67500 Kg/m³) (Figura 3).

De acordo com estas variações da energia de curto período, as campanhas realizadas foram separadas em três condições de energia: baixa (de 0 a 10.000 Kg/m³), moderada (de 10.000 Kg/m³ a 30.000 Kg/m³) e alta (acima de 30.000 Kg/m³). Observando também a variação sedimentar de longo período, verifica-se que

as seções da praia se comportam de formas distintas em cada uma destas faixas energéticas. As energias dos módulos foram analisadas através de correlação matricial para as três condições energéticas (alta, moderada e baixa), as quais foram comparadas com os resultados da análise do sazonal.

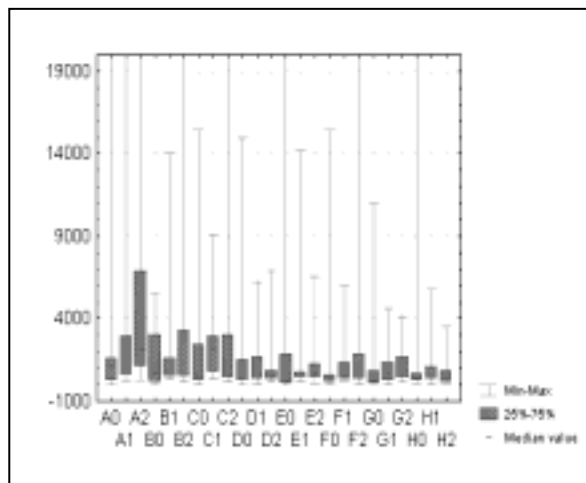


Figura 3: Gráfico de distribuição Gaussiana de energia das campanhas analisadas.

Em situação morfodinâmica de alta energia (Bispo, 2002), as seções B, C, D e E respondem com o mesmo comportamento, perdendo sedimentos. As seções da porção sudoeste da praia, F e G, também perdem sedimentos, porém este efeito é de menor intensidade que as seções citadas anteriormente. Já as seções A e H que são os extremos da praia, perdem ou ganham sedimentos, o que vai depender do estágio antecedente (Wright, 1985)

Para situação de alta energia (Figura 4a), as seções B, C, D e E mostraram correlações altas para os dados de curto período. Apenas a seção C não mostrou-se condizente com a padrão sazonal. As seções extremas A e H, que sofrem influência direta fluvial, apresentaram-se com o mesmo comportamento na correlação matricial.

Em situação de moderada energia (Figura 4b) a praia de Vila de Dois Rios se mostra com comportamentos semelhantes entre as seções G-H e B-C. As outras seções comportam-se de maneira mais variada, entretanto sempre com uma tendência de correlação entre si. A seção D tende a se correlacionar com a porção nordeste (seção B) e a seção F tende a se correlacionar com a porção sudoeste (seção G). A seção E comporta-se de uma forma bastante peculiar, no módulo 0 ela possui uma tendência de correlação com os setores da porção nordeste e os módulos 1 e 2 a tendência é de correlacionar-se com os setores da porção sudoeste (F, G e H).

Portanto, as correlações observadas para alta e moderada energia seguem o padrão modal da praia. Segundo Bispo (2002) em situação de moderada

energia, as seções B, C, D, E, F e G mantêm o padrão morfodinâmico de Terraço de Baixa Mar. As seções A e H podem atingir um domínio mais dissipativo dependendo da energia incidente. A alta correlação entre os dados da seção H indica a tendência deste setor atingir um mesmo nível de estágio morfodinâmico que as demais seções.

Para situação de baixa energia de curto período (Figura 4c) verifica-se que as seções que obtiveram as melhores correlações foram C (NE) -D-E (CE), F-G-H (SW). De acordo com as análises, a seção B correlaciona-se com as seções G e H (SW), embora esteja situada na porção de maior energia (NE). A seção A correlaciona-se com as seções B e C (NE) e D e E (CE). No padrão sazonal observa-se que a seção A comporta-se como as seções da porção sudoeste e a seção B, por situar-se na porção de maior energia, deveria correlacionar-se melhor com a porção NE.

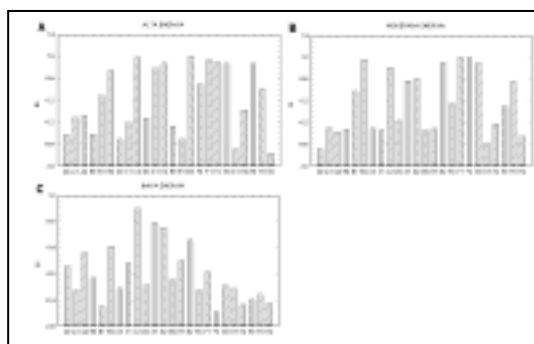


Figura 4: Gráfico de correlação matricial representando as três condições de energia: a) alta; b) moderada e c) baixa.

Estas particularidades ocorrem provavelmente devido à fatores externos às variações sedimentares, intrínsecas da praia, como a presença de promontórios e ilhas que difratam as ondas que adentram a enseada. Desta forma, as seções G e H possuem uma característica fortemente deposicional, que aumenta sua variação sedimentar sazonal (Bispo, 2002), apesar de suas baixas energias no curto período. A seção B possui elevada variação sazonal e uma energia relativamente menor nos fenômenos de alta frequência. Estas observações são evidenciadas pelas altas correlações encontradas pelas seções B, G e H.

Correlacionando os perfis de praia (Figuras 5, 6, 7, 8) com os dados de média de energia de alta frequência - curto período (Figura 9) nota-se que a alta energia de alguns setores no curto período, está relacionada a alta variabilidade sazonal no longo período.

Verifica-se que as seções A e H (Figura 5), apresentam variação sazonal semelhante e as suas correlações mostraram-se altas (Figura 4). As seções A e H situam-se na porção mais extrema da praia e recebem influência fluvial direta, o que pode contribuir para a variação das energias de alta frequência bem

como as ondas de tempestades (SW) que atingem diretamente a seção A (NE).

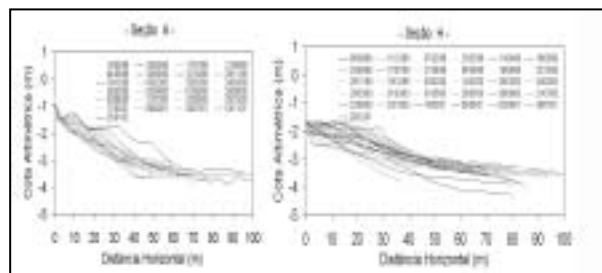


Figura 5: Comparação dos perfis transversais da Praia de Dois Rios, seção A e seção H.

Verifica-se que a porção NE, seções B e C (Figura 6), apresenta elevados índices de variação sazonal e de energia de alta frequência. A correlação para estas seções apresentaram-se altas com exceção para situação de baixa energia, em que a seção B mostrou melhores correlações com as seções G e H.

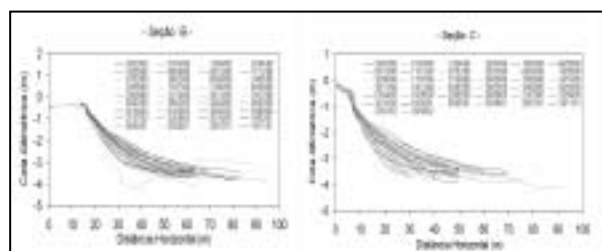


Figura 6: Comparação dos perfis transversais da Praia de Dois Rios, seção B e seção C.

Conforme mencionado anteriormente, a Enseada de Dois Rios é caracterizada pela presença de promontórios rochosos em suas extremidades e pela presença de duas ilhas localizadas à NE da praia (Ilhas da Armação). A presença destas ilhas causa uma “zona de sombra”, onde as ondas incidem com menor energia na face da praia. (Figura 1).

Desta forma, em condições de baixa hidrodinâmica estas ilhas atuam como uma barreira à incidência das ondas na seção B. A “zona de sombra” provoca um transporte sedimentar de curto período menos intenso, caracterizando esta seção por uma baixa energia de alta frequência.

A porção central, seções D e E (Figura 7) e a porção Sudoeste, seções F e G (Figura 8), de menor variação sazonal apresentam alta correlação, porém a correlação é maior entre D-E e entre F-G. Verifica-se que nos primeiros 20m do perfil D e E a inclinação é mais acentuada que em F e G, os quais tendem a serem mais aplainados. Nota-se também a tendência do perfil D assemelhar-se com B e C, e o perfil E assemelhar-se com F e G, compatível com as análise de correlação matricial que evidenciam este comportamento principalmente para moderada energia (Figura 4b).

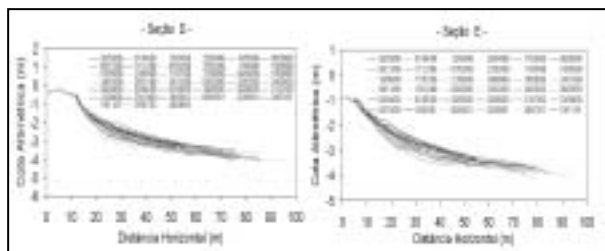


Figura 7: Comparação dos perfis transversais da Praia de Dois Rios, seção D e E.

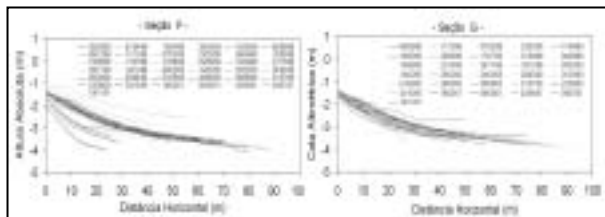


Figura 8: Comparação dos perfis transversais da Praia de Dois Rios, seção F e G.

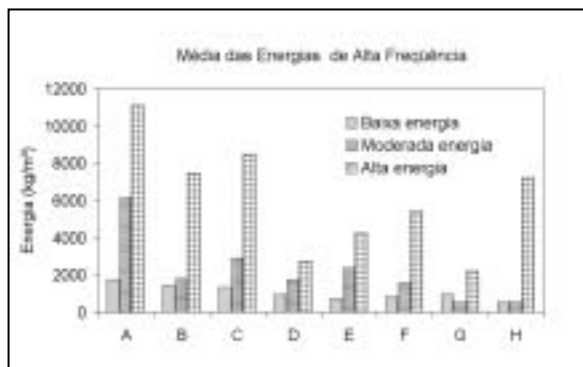


Figura 9: Média das energias de alta frequência para todas as condições de energia: baixa, moderada e alta, respectivamente.

4. CONCLUSÃO

A partir dos dados analisados, pôde ser constatada uma relação quali-quantitativa diretamente proporcional entre energia de alta frequência – associada a variação sedimentar de curto período – e a morfodinâmica sazonal da Praia de Dois Rios.

A dinâmica sedimentar dos setores da praia no curto período é mantida conforme o padrão sazonal, em situação de alta energia, sendo que a correlação dos dados se mostrou eficaz para os setores B, C, D, E, F e G. Em condição de moderada energia a correlação dos dados mostrou-se condizente com o padrão sazonal para as seguintes seções: G e H, B e C, D tendendo a correlacionar-se com a porção Nordeste (B), E e F tendendo a correlacionar-se com a porção Sudoeste (G). Em condição de baixa energia, as seções que mantiveram a tendência geral da praia foram C-D-E; F-G-H.

Com base nesses resultados verificou-se que a praia segue o mesmo comportamento de variação sedimentar tanto no curto quanto no longo período.

Assim verifica-se que existe uma relação direta entre a dinâmica sedimentar de curto período e a morfodinâmica sazonal da praia.

Desta forma, pode-se sugerir o uso da análise espectral das variações sedimentares de curto período como uma ferramenta alternativa aos estudos clássicos de morfodinâmica sazonal de praias. As técnicas utilizadas produzem diagnósticos rápidos, de baixo custo e quantitativos, podendo ser utilizadas para o mapeamento de setores do litoral com tendência a processos erosivos e/ou deposicionais.

AGRADECIMENTOS

À toda equipe do GEDiS, ao CEADS / SR2 / UERJ pela infra-estrutura e apoio logístico, a FAPERJ, pelo financiamento do Projeto de Pesquisa (Processo APQ1 nº E-26/172.269./2000) e ao Pibic / UERJ, pela concessão das Bolsas de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agardy, T. Marine protected areas and ocean conservation. Austin, Academic Press, 244p; 1997.
- Bath, M., Spectral analysis in geophysics - developments in solid earth geophysics. Elsevier Scientific Publishing Company, v.7, 243p., 1974.
- Bispo, L., Avaliação da morfodinâmica da praia de Dois Rios - Ilha Grande, RJ - em condições de alta, moderada e baixa hidrodinâmica. Monografia de bacharelado. Dep. de Oceanografia e Hidrologia, Instituto de Geociências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 106p., 2002.
- Colley, J.W. & Tuckey, J.W., An algorithm for machine calculation of complex fourier series. Math. Comput., v.19, p.297-301, 1965.
- Komar, P.D., Beach processes and sedimentation. Prentice-Hall, New Jersey, 429p., 1976.
- Leite, L.W., Introdução à análise espectral em geofísica. FADESP, Belém, 424p., 1998.
- Sperle, M., Bispo, L., Mota, M., High frequency beach morphodynamics: results from monitoring odd beaches at Ilha Grande, southeast Brazil. 5th Congress on Marine Sciences, Havana, Cuba, 2000.
- Sperle, M., Bispo, M., Martins, C., Mota, M., Tidal effects at short time beach morphodynamics: implications from monitoring odd beaches at Ilha Grande Bay, southeast Brazil. XII Coloquio Argentino de Oceanografia (IAPSO/IABO), Mar Del Plata, Argentina, 2001.
- Swokowski, E., Cálculo com geometria analítica. 2nd ed., Makron Books, 744p., 1994.
- Wright, L. D., Short, A.D. & Green, M.O., 1985. Short term changes in the morphodynamic states of beach and surf zones: Na empirical predictive model. Marine Geology, 62:339-364p.