

Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Morfodinâmica da praia e zona de arrebenção do Cassino, RS através de técnicas de vídeo imageamento e perfis de praia

Rafael Marcondes Carvalho Guedes, Pedro de Souza Pereira, Lauro Júlio Calliari

Pesquisas em Geociências, 36 (2): 165-180, jan./abr., 2009.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/17863>

Publicado por

Instituto de Geociências



Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - jan./abr., 2009.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Morfodinâmica da praia e zona de arrebenção do Cassino, RS através de técnicas de vídeo imageamento e perfis de praia

Rafael Marcondes Carvalho GUEDES¹, Lauro Júlio CALLIARI² & Pedro de Souza PEREIRA¹

1. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica, Lab. de Oceanografia Geológica, Universidade Federal do Rio Grande. Caixa Postal 474, CEP 96500-900, Rio Grande, RS, Brasil. E-mail: rafaguedes@yahoo.com.br
2. Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande. Caixa Postal 474, CEP 96500-900, Rio Grande, RS. E-mail: lcalliari@log.furg.br

Recebido em 10/2008. Aceito para publicação em 04/2009.

Versão online publicada em 14/06/2010 (www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br)

Resumo - Um experimento interdisciplinar de processos costeiros foi conduzido na Praia do Cassino, Rio Grande do Sul entre os meses de Abril e Junho de 2005. Resultados obtidos a partir de 71 perfis praias amostrados diariamente, simultaneamente a aquisição de vídeo-imagens Argus e dados hidrodinâmicos indicam baixa e alta variação do envelope praias, associadas respectivamente às porções subaéreas e subaquosas da praia. As altas variações na porção subaquosa ocorreram em função da migração dos bancos arenosos na zona de surfe. Um deslocamento de 15 m da berma em direção à costa foi observado durante uma forte tempestade onde a altura significativa das ondas atingiu 3 m e uma alta sobre-elevação do nível do mar ocorreu em resposta a uma maré meteorológica. Três bancos arenosos foram identificados ao longo dos perfis. O primeiro, localizado próximo à linha d'água caracterizou-se como um banco inter-mareal, periodicamente exposto devido a marés meteorológicas negativas, enquanto os outros dois foram identificados em posições médias de 99 e 237 m a partir da posição média da linha d'água. Alta mobilidade em escalas temporais curtas (horas) foi observada para as posições do primeiro banco, sendo estas posições aparentemente condicionadas ao espraiamento das ondas na face praias. O segundo banco mostrou-se mais estável em curtas escalas temporais, entretanto alta mobilidade foi identificada em escalas temporais de dias. Taxas de migração em direção mar afora de até 11,6 m/dia foram medidas para o segundo banco, estando este valor associado à presença de uma corrente de retorno observada no local. Em direção à costa, contudo, valores de até 9,3 m/dia foram obtidos, predominantemente em condições de baixa dinâmica com altura significativa das ondas entre 0,5 e 0,75 m. Durante um período de 13 dias consecutivos com baixa hidrodinâmica, o segundo banco deslocou-se 45,5 m em direção à costa na região amostrada pelos perfis, agregando-se ao primeiro e caracterizando o desenvolvimento de uma feição rítmica na zona de surfe. Alta dissipação de energia das ondas associou-se ao período quando os bancos estavam agregados.

Palavras-chave: morfodinâmica, bancos arenosos, sistema Argus.

Abstract - BEACH AND SURFZONE MORPHODYNAMICS OF CASSINO BEACH, RS USING VIDEO IMAGERY TECHNIQUES AND BEACH PROFILES. During April and June of 2005, a major nearshore processes experiment was conducted at Cassino beach, RS, Brazil. Temporal changes obtained by 71 daily beach profile surveys, simultaneously with an Argus video imaging database and hydrodynamic data indicated that low and high beach mobility displayed by the beach profile envelope were respectively associated with the subaerial and subaqueous portion of the beach, being the latter caused by bar migration. A 15 m shoreward berm shift was observed during a storm with significant wave height of 3 m and high elevation of sea level above the mean shoreline location. Three bars were identified, being the first an inter-tidal bar, periodically exposed due to wind setup, and the other two sub-tidal bars located at average distances of 99 and 237 m from the shoreline. The first bar location was observed to have high mobility in short time scales (hours), and appears to be controlled by swash and backwash processes. The second bar is more stable in time scales of hours, but has higher mobility in time scales of days. It was observed offshore migration rates as

high as 11.6 m/day for this bar, associated with the presence of a rip current over the profile location. Shoreward migration rates reached 9.3 m/day, and were linked to low dynamic conditions, with significant wave height between 0.5 m and 0.75 m. During 13 days of low hydrodynamic conditions, the second bar became attached to the inner bar after migrating 45.5 m, simultaneously to a rhythmic feature development. The whole sequence documented by the Argus station at the field site indicated high wave dissipation during the period of attached bars.

Keywords: morphodynamics, sandbars, Argus system.

1. Introdução

Bancos arenosos são feições morfológicas dinâmicas e importantes para o equilíbrio de praias arenosas (Lippmann & Holman, 1990). Entre suas várias funções dentro da zona de arrebentação, destacam-se seu papel no armazenamento de um grande volume de areia, no balanço de sedimentos entre a praia e a plataforma interna (Ruessink & Kroon, 1994), na redução da energia das ondas pelo processo de arrebentação e na geração de uma série de transformações hidrodinâmicas resultantes de variações morfológicas bruscas que geram sobre o fundo. Entretanto, pouco se conhece acerca de uma série de processos envolvendo a dinâmica dos bancos, tais como, sua geração e decaimento, mobilidade e mudanças em sua morfologia plana. Isto se deve em grande parte às dificuldades na obtenção de séries contínuas de dados morfológicos e hidrodinâmicos, suficientemente longas (anos) e em larga escala (102-103 m) dentro da zona de arrebentação, especialmente quando envolvem altas resoluções espaço-temporais (Holman & Stanley, 2007).

No Brasil, a bibliografia que trata da dinâmica dos bancos arenosos de zona de arrebentação é ainda mais escassa, porém alguns trabalhos que vêm sendo realizados na Praia do Cassino (RS) através de observações em campo podem ser destacados. Terra (2003), utilizando um trenó submarino, observou a presença de três a quatro bancos arenosos no Cassino, confirmando a característica de sistema de múltiplos bancos previamente observada para o local. Pereira & Calliari (2005) estudaram os bancos desta mesma praia com uso de um nível topográfico, e observaram que migração em direção à costa tende a ocorrer com condições de baixa dinâmica, com ondas menores que 0,75 m. Guedes (2006) observou pela primeira vez para o local feições rítmicas para o primeiro e segundo bancos, mostrando que a despeito de suas características predominantemente dissipativas, composta por

areia muito fina e dominada por tempestades (Calliari & Klein, 1993) a Praia do Cassino também pode apresentar padrões típicos de praias intermediárias.

Mais recentemente, vídeo-imagens Argus (Holman & Stanley, 2007), as quais vêm sendo coletadas desde abril de 2005 na Praia do Cassino, têm permitido um melhor entendimento sobre os bancos arenosos do local. Guedes *et al.* (2007) mostraram que as posições dos bancos arenosos no Cassino podem ser bem representadas pelas posições de quebra das ondas, observadas em dois tipos de imagens Argus: Timex e Variance, porém variáveis hidrodinâmicas devem ser consideradas para que seus efeitos sobre as posições de quebra sejam minimizados. Pereira *et al.* (2007) observaram o início de um novo ciclo de geração/decaimento dos bancos arenosos no Cassino, marcado pelo surgimento de um novo banco próximo a praia e pela divisão do segundo banco em dois com sucessiva migração do banco mais externo costa afora. Os autores constataram também pelas imagens, a presença predominante de três bancos arenosos no local podendo chegar a quatro em alguns períodos, corroborando as observações de Terra (2003).

O sistema Argus Cassino é atualmente o único do tipo na América Latina, e foi instalado durante o "Experimento Cassino", um estudo de campo multidisciplinar caracterizado pela obtenção simultânea de dados hidrodinâmicos e morfológicos na zona de arrebentação do Cassino (Holland *et al.*, 2009). Dentre os levantamentos realizados durante este estudo, perfis topográficos, vídeo imageamento da praia e zona de arrebentação (Sistema Argus) e dados hidrodinâmicos coletados por sensores de pressão foram adquiridos simultaneamente. Os objetivos deste trabalho são caracterizar o comportamento morfodinâmico de alta frequência (diário) da Praia do Cassino durante o período do experimento, bem como caracterizar a morfologia e determinar os padrões de migração dos bancos arenosos no local.

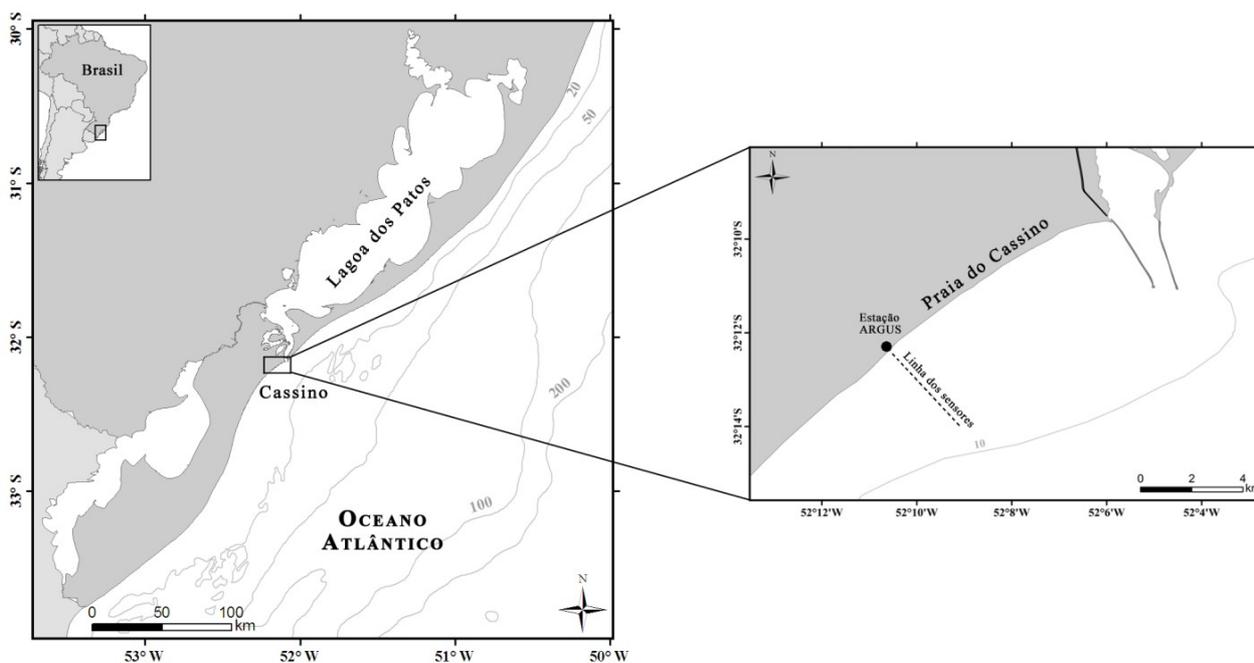


Figura 1. Mapa de localização da Praia do Cassino. A localização da estação Argus Cassino encontra-se representada pelo ponto preto no mapa em maior escala. A linha tracejada neste mesmo mapa indica o alinhamento onde sensores de pressão foram instalados e os perfis de praia amostrados.

2. Materiais e métodos

2.1. Área de estudo

A praia do Cassino (Figura 1), localizada na porção norte de uma barreira arenosa de 220 km de extensão no extremo sul do Brasil, é composta predominantemente por areia fina e muito fina. Apresenta como características uma baixa declividade (1 a 2°), ampla zona de arrebatção e classificação modal dissipativa, com estágios intermediários (Calliari & Klein, 1993). Embora situada numa região micro-maré, elevações frequentes do nível do mar da ordem de 1 a 2 m, originadas por marés meteorológicas, causam alterações morfológicas (Calliari et al. 1998) e sedimentares (Siegle & Calliari, 2008) devido à alta energia das ondas associadas às tempestades do quadrante sul.

Depósitos costeiros de lama fluída formam-se a partir do material em suspensão exportado pela Lagoa dos Patos (Calliari & Fachin, 1993). Estes depósitos são retrabalhados em profundidades que variam de 6 a 12 m e lançados na zona de arrebatção e no perfil subaéreo durante eventos de alta energia geralmente provindos do quadrante sul (Villwock & Martins, 1972; Calliari et al., 2007).

2.2. Levantamentos de campo

2.2.1. Sensores de pressão

Sensores de pressão foram posicionados na zona de arrebatção, entre 0,5 m (P1) e 6 m (P5) de profundidade, no alinhamento dos perfis de praia. A figura 2 apresenta um esquema do posicionamento dos mesmos. O mais externo (P5), instalado em 05 de maio de 2005, teve seus dados recuperados em 29 de maio. Após este período ele foi completamente soterrado, impossibilitando assim a obtenção dos dados. Os outros sensores (P1 a P4) foram instalados em 27 de maio de 2005, e coletaram dados continuamente até o dia 25 de junho.

Os sensores de pressão registraram, em intervalos horários, séries de variação de pressão, na frequência de 15 Hz. O método de análise das séries horárias consiste na divisão em 26 sub-séries de 2048 medidas para análises espectrais e transformação em superfície livre através do método zero-ascendente. Neste método, a altura de onda é definida como a diferença entre a máxima e mínima elevação da superfície livre entre dois pontos consecutivos cruzando o nível médio em um sentido ascendente (Thornton & Guza, 1983). Valores de período de pico (T_p)

foram determinados em cada sub-série pelo inverso da frequência de maior energia do espectro. Altura de onda significativa (H_s) em cada sub-série foi calculada pela média do terço das maiores ondas determinadas no intervalo. Valores horários de T_p e H_s foram calculados pela média dos valores nas 26 sub-séries. Para os dados de T_p , apenas P3 e P5 foram utilizados, devido à grande quantidade de dados espúrios obtidos através dos outros sensores.

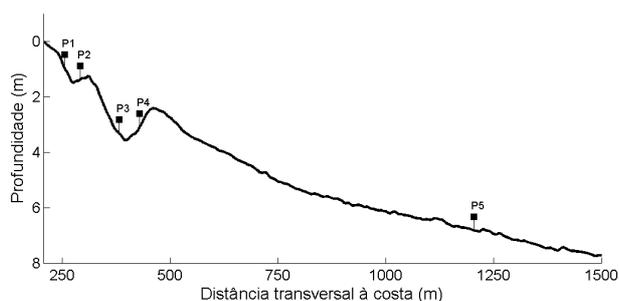


Figura 2. Perfil batimétrico transversal à linha de costa na Praia do Cassino, com a posição dos sensores indicadas sobre ele. Distâncias são relativas ao RN. Profundidades são relativas ao datum.

2.2.2. Perfis de praia

Foram realizados 71 perfis de praia diários, entre 18 de abril e 27 de junho de 2005. Os perfis foram feitos sobre um mesmo alinhamento, transversal à linha de praia, com uma estação total NIKON-DTM-330. Um marco de referência (RN) foi instalado sobre as dunas frontais (32,2053918 S, 52,1768157 W - WGS 84), e um datum foi estabelecido a partir da transferência da cota de um marco geodésico do IBGE para este marco, utilizando um GPS diferencial. Os perfis estenderam-se mar adentro

até uma profundidade máxima de 2,5 m, limitada pela altura da haste do prisma óptico. Posição e elevação do máximo e mínimo espraiamento (R) foram registradas em cada perfil. A elevação média do nível d'água foi calculada pela média dos valores de elevação nas posições do mínimo espraiamento.

2.2.3. Vídeo-imagens

Um sistema de sensoriamento remoto baseado em vídeo (Holland *et al.*, 1997), instalado na área de estudo, foi utilizado para a visualização de padrões espaciais na morfologia da região subaquosa da praia. O sistema (Argus) consiste de quatro câmeras de vídeo instaladas sobre uma torre de 14 m de altura, cujas imagens sobrepostas monitoram uma extensão aproximada de 300 m ao longo da costa na região da linha de praia. Imagens instantâneas oblíquas são adquiridas a cada hora de luz do dia por cada câmera, em uma taxa de 1 Hz, durante intervalos de amostragem de 10 minutos. Média e desvio padrão são calculados para as intensidades de brilho de cada pixel correspondente nas 600 imagens adquiridas nos intervalos, gerando uma imagem de longa exposição (Timex) e uma dos desvios (Variance), ambas no espectro visível (vermelho-verde-azul). A figura 3 mostra exemplos dos três tipos de imagens, obtidas no Cassino em 30 de abril de 2005. De acordo com Lippmann & Holman (1989), a quebra preferencial das ondas sobre os bancos, a qual concentra espuma sobre esta região, é bem definida por imagens Timex (Fig. 3B), geradas pela média no tempo de várias imagens instantâneas.



Figura 3. Imagens instantâneas (a), Timex (b) e Variance (c) obtidas com a câmera 2 do Sistema Argus da Praia do Cassino em 30 de abril de 2005.

Através de parâmetros intrínsecos e extrínsecos às câmeras, como distância focal das lentes, ângulos de orientação das câmeras e medidas adquiridas em campo, as imagens são retificadas, obtendo-se imagens planas com coordenadas reais a partir das oblíquas, como descrito em Holland *et al.* (1997). A união das imagens planas de cada câmera constitui um mosaico retificado com escala métrica, que torna possível a visualização de padrões espaciais na área de cobertura. Um exemplo de um mosaico obtido no Cassino através da retificação de imagens Timex do dia 30 de abril de 2005 é mostrado na figura 4, onde dois bancos arenosos são destacados pelas letras A e B. O sistema de coordenadas destas imagens tem sua origem sobre o mesmo RN dos perfis, de forma que as distâncias podem ser comparadas utilizando os dois métodos.

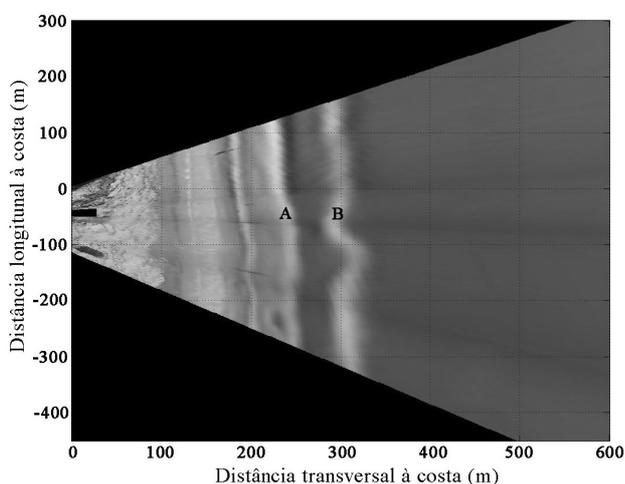


Figura 4. Mosaico da Praia do Cassino do dia 30 de abril, evidenciando a presença de dois bancos na zona de arrebentação, indicados pelas letras A e B. Distância transversal à costa aumenta em direção ao mar. Distância longitudinal aumenta à NE e diminui à SW do RN (0,0).

2.3. Análise dos dados

Os dados de altura significativa das ondas (H_s) obtidos pelos sensores de pressão foram interpolados no tempo pelo método spline, a fim de sincronizar as medidas. Eliminaram-se dados obtidos pelo sensor P4 entre o período de 05 e 14 de junho devido a problemas técnicos, possivelmente pelo sensor estar soterrado. Dados de H_s e T_p obtidos por observação visual pelo método proposto por Melo (1993) entre o período de 18 de abril e 05 de maio foram utilizados para completar esta série no período dos primeiros perfis, quando os sensores de pressão não

estavam instalados. Períodos de alta dinâmica foram definidos como aqueles em que H_s atingiu valores superiores a dois desvios padrões acima do valor médio de H_s .

Os perfis de praia foram interpolados linearmente a cada 1 m. O envelope dos perfis foi determinado através dos máximos e mínimos valores de elevação (z) a cada metro para os perfis, sendo o perfil médio calculado através da média dos valores de z em cada posição. A declividade da face praia (β) foi determinada pela razão entre elevação e largura da região de espraiamento das ondas em cada levantamento. A mobilidade da praia foi determinada através dos parâmetros morfométricos propostos por Short & Hesp (1982): γ_b , $\sigma_{\gamma b}$ e CV , correspondentes respectivamente à largura média da praia, variação da largura da praia e coeficiente de variação. O parâmetro ômega (Ω), proposto por Dean (1973) e utilizado por Wright & Short (1984) para classificar os estágios praias foi também calculado em cada levantamento.

As posições da crista dos bancos arenosos foram determinadas com relação ao RN, nos perfis em que os bancos puderam ser amostrados. Dois métodos têm sido comumente utilizados para a definição da posição dos bancos arenosos: o da posição de menor profundidade sobre a crista (ex. Lippmann & Holman, 1989) e método da posição de maior anomalia próximo aos bancos, com relação a um perfil médio suavizado (ex. Plant & Holman, 1998). De acordo com Van Enckevort & Ruessink (2001), a posição dos bancos é praticamente a mesma utilizando ambos os métodos para bancos bem definidos, com morfologia gaussiana, porém pode variar na ordem de dezenas de metros para bancos do tipo plataforma, sendo o último método mais adequado para caracterizar a posição deste tipo de banco. Uma vez que o segundo e terceiro bancos arenosos se caracterizaram por uma morfologia gaussiana, com uma crista bem definida, suas posições foram determinadas pela localização do ponto de menor profundidade sobre esta crista, como nos exemplos mostrados na figura. 5. Já o primeiro, cuja morfologia do tipo plataforma foi a mais observada, sem a distinção de uma crista bem definida, o método da posição de máxima anomalia foi adotado. Taxas de migração foram calculadas para o segundo banco como a diferença em sua posição entre dias consecutivos.

Mosaicos de imagens Argus foram utilizados para a visualização da morfologia plana dos bancos arenosos durante o período de amostra-

gem dos perfis de praia, permitindo uma avaliação qualitativa de determinados padrões tridimensionais, os quais não são possíveis de serem observados apenas com os perfis 2D.

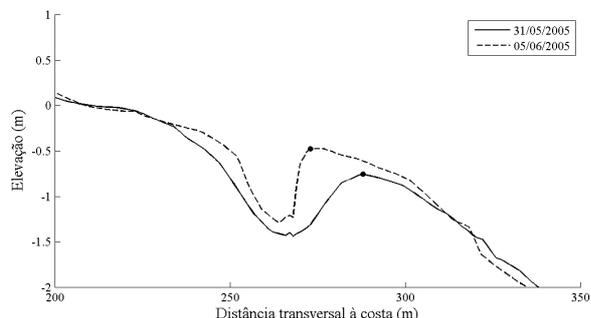


Figura 5. Exemplo da determinação das posições da crista do segundo banco arenoso nos perfis do dia 31/05 e 05/06. Distâncias são relativas ao RN. Elevações são relativas ao datum.

3. Resultados e discussão

3.1. Dados hidrodinâmicos

A figura 6 mostra as séries temporais de Hs (6A) e Tp (6B) obtidas pelos sensores de pressão e por observações visuais, e de nível, representadas pela elevação das posições de máximo, mínimo e média do espriamento (6C). Foram identificados quatro períodos de maior dinâmica, com Hs superior a dois desvios padrões

acima da média ($H_s > 1,74$ m): Entre 25 e 28 de abril registrou-se a tempestade mais intensa, com os valores de Hs atingindo 3,0 m, e Tp ultrapassando os 12 s; em maio, durante dois episódios entre os dias 06 a 10, e 20 a 26, foram registradas tempestades com Hs ultrapassando 2,0 m, e Tp atingindo valores próximos a 14 e 15 s, respectivamente; entre o período de 13 e 21 de junho Hs atingiu 1,9 m, com Tp mantendo-se entre 11 e 12 s.

Os maiores valores de elevação do nível estiveram associados aos períodos das tempestades descritas anteriormente. O nível mais alto foi observado durante a tempestade mais intensa, chegando a 1,8 m acima do datum (Fig. 6C). A elevação média do nível do mar calculada foi de 0,16 m, próxima ao valor estabelecido para o datum vertical neste trabalho.

As séries de Hs obtidas a partir dos quatro sensores de pressão simultaneamente (Fig. 7A) permitem avaliar a dissipação das ondas, através da variação de Hs, entre o sensor localizado a 2,8 m de profundidade (P4) e P1, instalado na profundidade de 0,5 m. As maiores diferenças de Hs (ΔH_s) estiveram associadas aos períodos de maiores alturas significativas de onda (Fig. 7B), sobretudo após o dia 13 de junho, quando Hs permaneceu oito dias sempre acima de 1,0 m. O maior valor de ΔH_s foi encontrado no dia 14 de junho, às 05:00, quando foi registrada Hs de 1,92 m no P4, e 0,97 m no P1, com ΔH_s de 0,95 m.

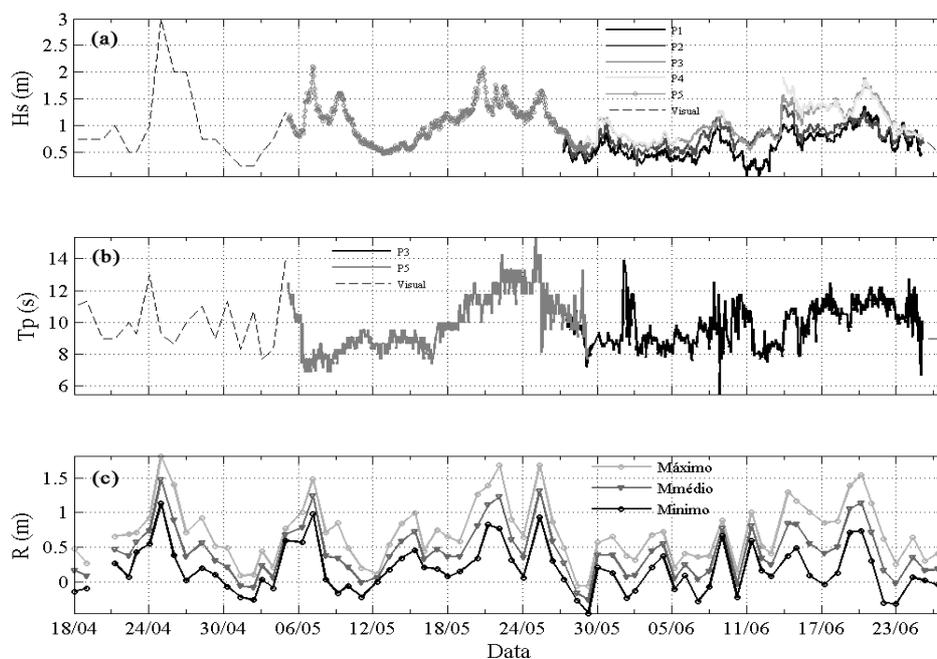


Figura 6. Séries temporais de (A) Hs e (B) Tp obtidas pelos sensores de pressão, completadas com dados obtidos através de observações visuais em tracejado. (C) Valores máximos, médios e mínimos de elevação do espriamento (R).

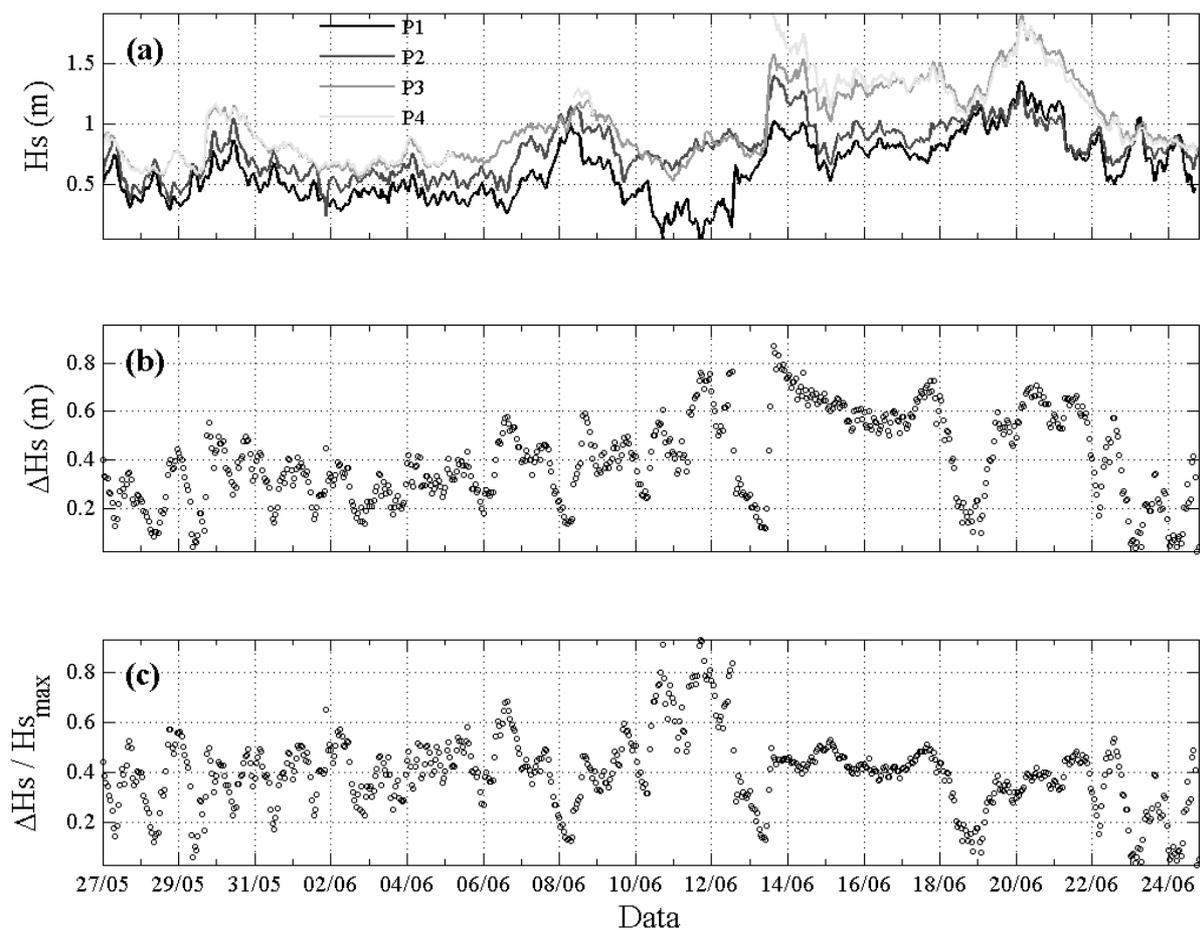


Figura 7. (A) H_s obtida simultaneamente pelos sensores de pressão, (B) diferença entre os maiores e menores valores de H_s - ΔH_s , (C) ΔH_s dividida pelos maiores valores de H_s para (c).

A figura 7C apresenta valores de ΔH_s divididos pelos máximos valores de H_s para cada medida horária. Os maiores valores são encontrados entre os dias 10 e 13 de junho, quando H_s não ultrapassou 1,0 m no sensor P4, porém chegou próximo a zero no sensor posicionado a 0,5 m de profundidade (P1), resultando em altos valores de ΔH_s com relação à altura de onda significativa obtida no sensor P4. É possível observar na figura 6C que, durante este mesmo período, a diferença entre os máximos e mínimos valores de R foi bastante baixa, indicando baixa dinâmica na região de espraiamento. Este comportamento parece estar vinculado à alta dissipação relativa de energia observada aqui para o período, à qual será discutida no item 3.4 em função da morfologia do perfil.

3.2. Perfis de praia

A figura 8 mostra os 71 perfis graficados em uma mesma base (Fig. 8A), e o envelope dos

perfis, com o perfil médio, desvio padrão e diferenças do envelope (Fig. 8B). O comprimento dos perfis variou entre 180 e 476 m com média de 315 m. A posição de intersecção dos perfis com o datum oscilou 28 m entre os 71 levantamentos, com posição média de 203 m a partir do RN, à qual foi definida como posição média da linha de praia, separando a porção subaérea da porção submersa.

Na porção subaérea a máxima variação vertical do envelope de perfis foi de 0,65 m, valor relativamente baixo se comparado a outros setores da costa do RS, como Sarita, Concheiros e Hermenegildo, os quais apresentaram variações verticais de até 1,25 m na porção subaérea (Calliari & Klein, 1993). A variação vertical observada no envelope de perfis do Cassino ocorreu como resultado de um deslocamento de 15 m da berma em direção à costa durante a primeira tempestade, entre os dias 24 e 26 de abril. Serau & Calliari (2003), estudando a praia dos Concheiros do Albardão, ao sul do Cassino,

mostraram um padrão similar de retirada de sedimento na região da face da praia. Segundo os autores, este processo ocorreu simultaneamente a uma retração e elevação da posição da berma, de forma similar à observada no presente trabalho.

A migração da berma ocorreu durante o período onde os maiores valores de R foram encontrados (Fig. 6C). Condições de alta dinâmica associadas a altos valores de T_p e nível elevado ocorreram outras vezes durante o período do estudo, entretanto apenas na situação descrita anteriormente estiveram associadas a um deslocamento significativo na posição da berma. Esta realocação pode ser explicada através da disponibilidade de sedimento próximo à face da praia, em posições mais baixas do perfil praiar. A ação energética das ondas remobilizando o sedimento da berma em condições de nível elevado sobre a praia é mais intensa nesta situação. Durante os eventos posteriores, este sedimento sofreu menor influência deste

processo, uma vez que se encontrava estocado sobre uma posição mais elevada do perfil, menos sujeita assim à ação da hidrodinâmica. O processo de deslocamento da berma sob condições de tempestade, descrito aqui, parece ser um importante mecanismo na disponibilização de sedimentos para o transporte eólico, e fornece indicações de estar condicionado à forma antecedente do perfil subaéreo.

Na porção submersa a máxima variação vertical do envelope foi de 1,5 m. Este valor corresponde à máxima diferença entre as elevações da cava e da crista do segundo banco arenoso. Segundo Lippmann & Holman (1990), variações nas posições e alturas dos bancos arenosos são as principais fontes de variabilidade nos perfis de praia. O resultado encontrado neste trabalho reflete a mobilidade dos bancos arenosos na Praia do Cassino na escala de dias através de processos de migração, que serão detalhados mais adiante.

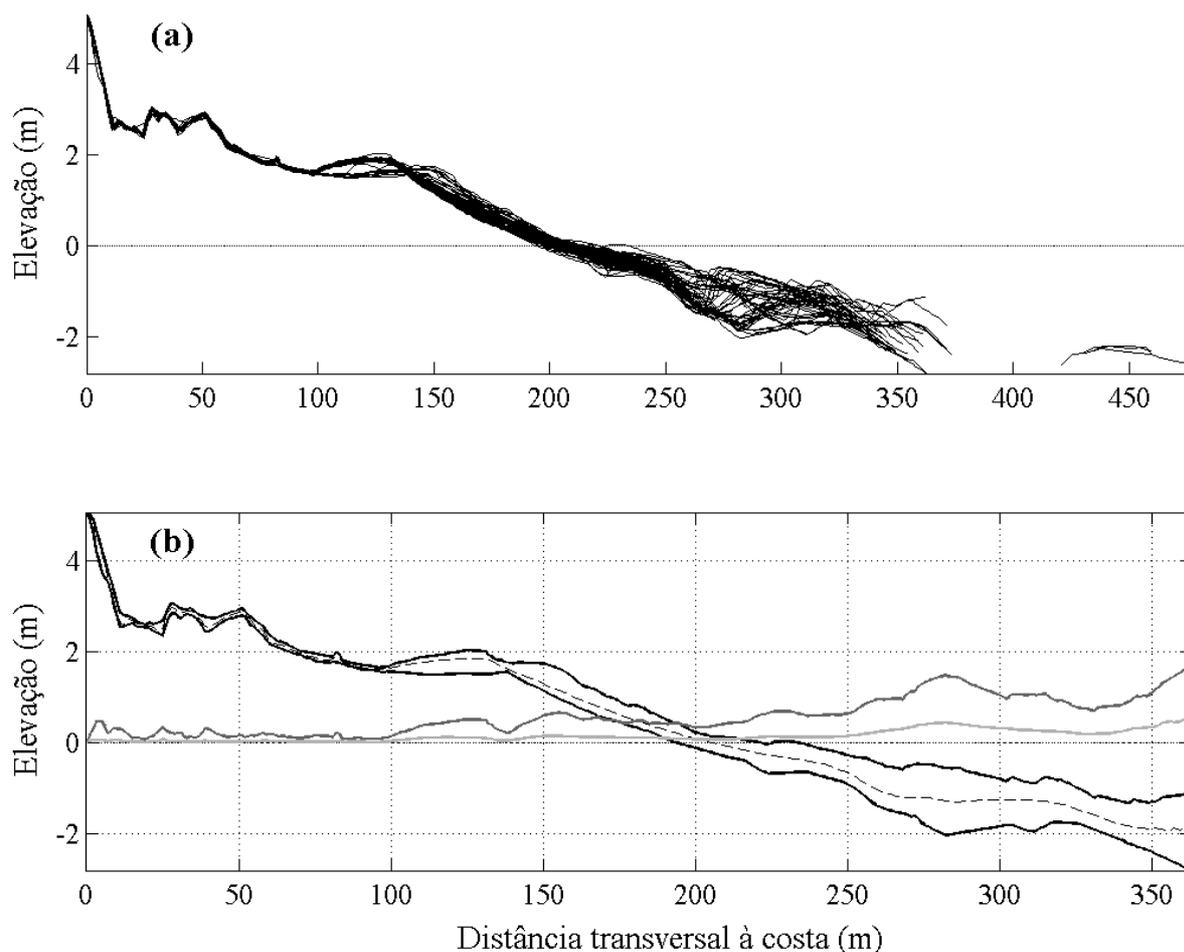


Figura 8. (A) Todos os 71 perfis amostrados, plotados em uma mesma base. (B) Envelope dos perfis (preto), perfil médio (tracejado), desvio padrão (cinza claro) e diferenças do envelope dos perfis (cinza escuro). Distâncias são relativas ao RN. Elevações são relativas ao datum.

A praia apresentou declividade suave, com β variando entre $0,46^\circ$ e $3,15^\circ$, com valor médio de $1,26^\circ$ (1:45). A largura média da praia (γb) foi de 122,2 m, sendo a variação desta largura ($\sigma\gamma b$) de 5,2 m, o que representa um baixo coeficiente de variação (CV = 4,2%) (Tab. 1). Dolan *et al.* (1978) definiram o conceito de mobilidade praial a partir do desvio padrão da largura média de praia. Posteriormente, Short & Hesp (1982) utilizaram este conceito para classificar praias do litoral sudeste da Austrália quanto à mobilidade, a partir de perfis topográficos. Estes autores classificaram como dissipativas praias largas (90 - 110 m), com a face da praia suave (1:33 - 1:39) e com baixos valores de CV (7 - 10%). Os valores encontrados aqui indicam uma praia bastante estável, com baixa mobilidade, típica de estágios dissipativos.

Tabela 1. Parâmetros morfométricos obtidos nos levantamentos diários.

Parâmetro	N	Min. Ω	Máx. Ω	Média Ω	γb (m)	$\sigma\gamma b$ (m)	CV (%)	B ($^\circ$)
Valor	71	1,3	17,8	5,8	122,2	5,2	4,2	1,26

Calliari & Klein (1993) estudando a mesma praia por meio de 15 perfis praias realizados com frequência quase mensal encontraram valores similares para β (1:30) e CV (5%). Isto indica que um período relativamente curto de amostragem (dois meses) com frequência diária pode ser suficiente para caracterizar grande parte da variabilidade praial no Cassino. Embora estes autores tenham identificado padrões sazonais de acreção durante os meses de verão e erosão durante o inverno, a amostragem de alta frequência evidencia que os episódios de erosão e acreção possuem escalas temporais mais curtas para o local, associados à passagem de sistemas frontais. Contudo, Pereira & Calliari (2005) observaram em seu estudo de alta frequência realizado em outra região da Praia do Cassino, que a presença de lama pode ter alta influência sobre a variabilidade desta praia. Os autores encontraram valores de CV de 8,1% e 4,8% para os verões de 2002 (sem deposição de lama na praia) e 2003 (com deposição de lama), o que sugere que variações inter-anuais associadas a eventos deste tipo também são importantes na região.

O parâmetro adimensional Ω variou entre valores típicos de estágios reflectivos (1,3) a Ω bastante dissipativo (17,8), segundo a classifica-

ção proposta por Wright & Short (1984). A média encontrada para este parâmetro foi de 5,8 (Tab.1), valor próximo ao limite que separa praias intermediárias e dissipativas (6,0). O valor de Ω é diretamente proporcional à H_s , e inversamente proporcional à T_p e velocidade de decantação do sedimento (W_s) (Dean, 1973). W_s foi fixado de acordo com o valor determinado por Calliari & Klein (1993) para a Praia do Cassino (1,81 cm/s). Desta forma, as variações de Ω estiveram condicionadas a gradientes de altura e período das ondas. Os baixos valores foram resultado de condições com baixa dinâmica e alto período das ondas. A praia do Cassino, no entanto, comporta-se em seu estado modal como um sistema dissipativo, como já observado por Calliari & Klein (1993), caracterizado por baixa declividade da face da praia, sedimentos finos e muito finos e ampla zona de arrebentação, com alta dissipação de energia das ondas.

3.3. Bancos arenosos

Foram registrados até três bancos ao longo dos perfis de praia. O banco interno foi amostrado em 99% dos levantamentos, entre as posições de 18 e 63 m (média de 38 m) a partir da posição média da linha de praia (Tab.2). Esta feição morfológica caracterizou-se na maioria dos levantamentos como uma quebra na declividade do perfil próxima à posição da linha d'água, sem a presença de uma cava definida, semelhante a um de terraço de maré descrito por Wright & Short (1984). Entretanto, uma morfologia típica de bancos do tipo Slip-face pôde ser observada em alguns levantamentos, com uma pequena cava anterior, e face voltada à costa mais abrupta que a face em direção ao mar, como descrito por Masselink *et al.* (2006). Ambas morfologias são típicas de bancos inter-mareais, os quais são periodicamente expostos em função de variações no nível d'água, e costumam ser observadas em costas sujeitas a regimes de meso-maré. Masselink *et al.* (2006), contudo, argumentam que bancos do tipo Slip-face (classificados como bancos de espraiamento por Carter, 1988), também ocorrem em costas com micro-maré, estando sua emersão associada a eventos de maré meteorológica negativa. Este padrão foi observado durante o período estudado, com o primeiro banco sendo periodicamente exposto em situações de eventos de maré meteorológica negativa, associada a fortes ventos do quadrante NE.

Tabela 2. Distâncias dos bancos em relação à posição média da linha de praia.

	Distância da linha de praia (m)			Observações
	Mínima	Máxima	Média	
Banco 1	18	63	38	70
Banco 2	63	135	99	38
Banco 3	225	249	237	3

A figura 9 mostra mosaicos dos dias 30 de abril (a), 15 de maio (b) e 27 de maio de 2005 (c), graficados com os perfis praias obtidos nos respectivos dias. Dois bancos arenosos podem ser observados tanto nas imagens quanto nos perfis, o primeiro estando entre 200 e 250 m a partir do RN, e o segundo próximo aos 300 m. Uma morfologia típica de terraço pode ser observada

para o primeiro banco no dia 30 de abril, sem a presença de uma cava anterior, enquanto uma pequena cava se faz presente anteriormente a este banco no dia 15 de maio. É possível observar que a presença da cava reflete também nas imagens, uma vez que, quando presente, resulta em uma distinção entre a banda branca de espuma relativa ao primeiro banco e a linha de praia (Fig. 9B). Para o banco sem cava da figura 9A, entretanto, a banda branca se estende de forma contínua até a linha de praia, indicando que esta região tende a permanecer saturada nesta situação, com as ondas quebrando e dissipando energia continuamente em direção à costa. A exposição do primeiro banco pode ser observada na figura 9C, tanto no perfil como na imagem, confirmando o comportamento intermareal atribuído a este banco.

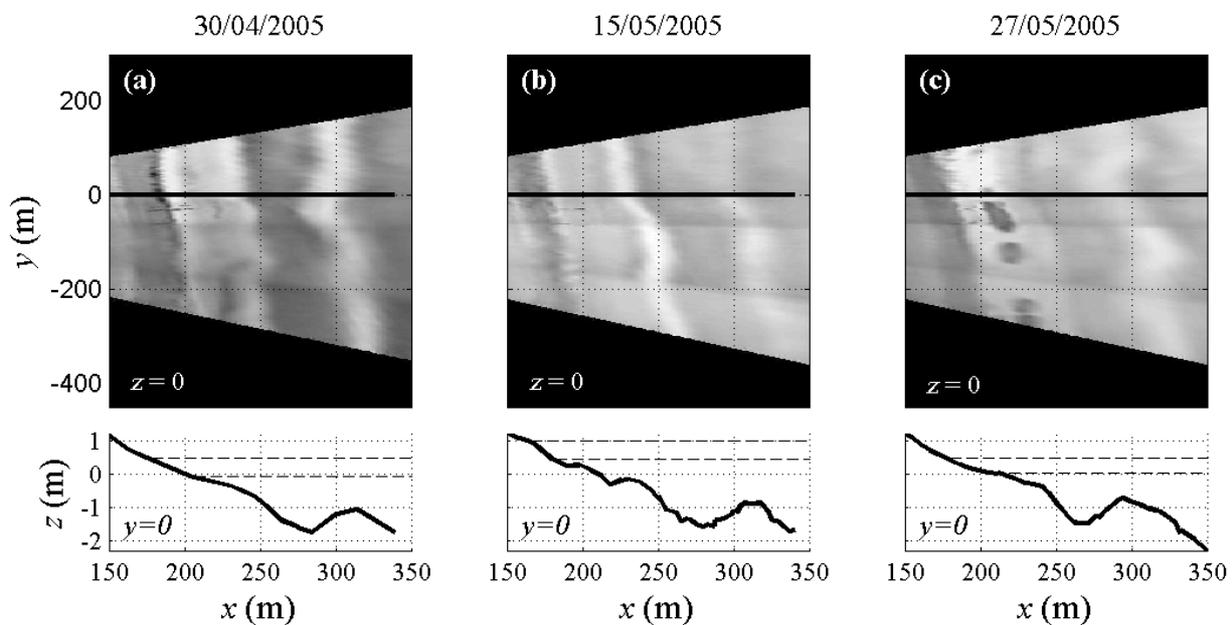


Figura 9. Mosaicos obtidos a partir de imagens Timex no Cassino nos dias 30/04 (A), 15/05 (B) e 27/05 de 2005 (C), com os perfis correspondentes aos respectivos dias. A linha horizontal preta em $y = 0$ indica a posição dos perfis com relação às imagens. Linhas horizontais tracejadas representam as posições de máximo e mínimo espriamento no momento da amostragem. “x” e “y” representam as distâncias transversal e longitudinal à costa a partir do RN, respectivamente, “z” a elevação com relação ao datum.

De acordo com Wijnberg & Kroon (2002), a formação dos bancos inter-mareais pode estar associada a eventos de tempestade, quando a praia emersa é erodida e o sedimento depositado na zona de arrebenção, próximo à linha de praia. Os autores argumentam que o mecanismo exato sob o qual estes bancos se formam não é bem conhecido, entretanto, após a sua formação, o espriamento parece estar bastante associado com a sua dinâmica. A figura 10 apresenta os valores de elevação da posição de máximo

espriamento no momento de amostragem dos perfis praias, graficados em função da posição do primeiro banco para o respectivo levantamento. É possível observar um excelente ajuste entre os valores, cujo coeficiente de determinação r^2 calculado foi de 0,91, estatisticamente significativo no nível de 99%. Isto indica que a dinâmica do primeiro banco do Cassino parece estar fortemente vinculada aos processos de espriamento, o que está de acordo com o trabalho de Lee *et al.* (1995), os quais observaram que existe uma

troca significativa de sedimentos entre o primeiro banco e a praia emersa.

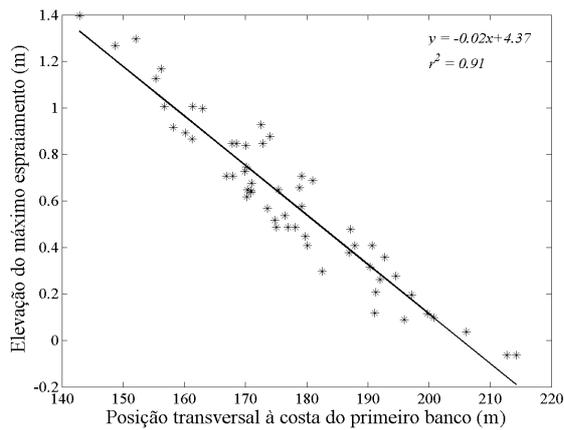


Figura 10. Elevação da posição de máximo espraiamento no momento de amostragem dos perfis praias plotados em função da posição do primeiro banco no respectivo levantamento. A linha preta representa a reta de ajuste. A equação da reta de ajuste (y) e o coeficiente de determinação (r^2) são demonstrados.

O segundo banco foi registrado em apenas 53% dos perfis em função das limitações de amostragem do método. Esteve na maior parte das vezes caracterizado por uma cava bem pronunciada anterior a uma crista bem definida, como exemplificada nos três perfis da figura 9. O desnível entre a elevação da crista e da cava deste banco variou entre 1,0 e 1,5 m. Sua posição ao longo de seus 38 levantamentos oscilou entre 63 e 135 m a partir da posição média da linha de praia, com posição média de 99m (Tab.2). Este banco mostrou-se morfologicamente bem desenvolvido na maior parte dos dias, com um sistema banco-cava bem definido, exceto durante um período em que ele migrou em direção à costa soldando-se ao primeiro banco, que será discutido mais adiante. O terceiro banco arenoso pôde ser amostrado em apenas três levantamentos, quando sua relativa proximidade à costa associada à ausência de correntes de deriva litorânea tornou possível que ele fosse alcançado. A cava anterior, entretanto, não pôde ser mensurada, uma vez que apresentava profundidades superiores à altura da haste do prisma óptico (2,5 m), como pode ser observado na figura 8A. A posição da crista variou entre 235 e 240 m, com média de 237 m a partir da posição média da linha de praia (Tab. 2).

3.4. Taxas de migração

As taxas de migração foram calculadas apenas para o primeiro e segundo bancos, uma

vez que o terceiro não pôde ser amostrado durante dias consecutivos. O primeiro banco se deslocou 45 m ao longo das 70 observações, como pode ser observado através das suas posições mínimas e máximas a partir da localização média da linha de praia na tabela 2. Este deslocamento, como previamente observado, esteve predominantemente associado às variações na posição do máximo espraiamento, as quais explicaram 91% da variância na localização do primeiro banco. As variações na posição da máxima excursão vertical da linha d'água, por sua vez, estão associadas às oscilações de nível induzido pela maré, à declividade da face da praia e ao setup induzido pelas ondas e pelo vento (Komar, 1998). Desta forma, estas variáveis parecem ser importantes na determinação da posição do primeiro banco na Praia do Cassino. O valor médio de migração deste banco observado para o período foi de 0,9 m, com desvio padrão de 11,5 m. O valor médio pode ser considerado relativamente baixo, e é um reflexo do fato de que as migrações ocorrerem nos dois sentidos. Entretanto, o desvio padrão observado para as taxas de migração, o qual representa 26% da extensão do deslocamento total deste banco nos 70 dias de amostragem, indica que a variabilidade de curto termo deste banco (horas) é relativamente alta.

O segundo banco apresentou uma variabilidade consideravelmente mais elevada com relação ao primeiro, uma vez que sua crista deslocou-se 72 m ao longo de seus 38 levantamentos, como pode ser constatado pela tabela 2. Contudo, o valor médio e o desvio padrão das taxas de migração encontrado para este banco foram de 1,4 m e 4,7 m. Este desvio corresponde a apenas 6% da variabilidade total do segundo banco, o que sugere que, embora ele apresente variabilidade relativamente alta na zona de arrebenção na escala de dias, sua mobilidade diária pode ser considerada relativamente baixa, sobretudo quando comparada à do primeiro banco.

A figura 11 apresenta as posições do segundo banco, juntamente com as suas taxas de migração e dados hidrodinâmicos de H_s e T_p obtidos no mesmo período. O maior valor de deslocamento do segundo banco em direção ao oceano foi de 11,6 m/dia, entre 01 e 02 de maio, e esteve associado a condições de baixa dinâmica, com H_s inferior a 0,5 m e T_p oscilando entre 8 e 10 s (Fig. 11). Durante este levantamento, entretanto, foi observada em campo uma corren-

te de retorno sobre a região do alinhamento do perfil, a qual pode estar associada a esta migração. A figura 12 mostra o segundo banco nestes dois dias. Embora a sua posição geral pouco tenha sido alterada, observa-se um deslocamento da posição da crista em direção ao

oceano da ordem de 10 m. Este deslocamento, no entanto, pode ter sido restrito longitudinalmente à costa, uma vez que a largura das correntes de retorno é tipicamente estreita, restrita a alguns metros (Bowen, 1969).

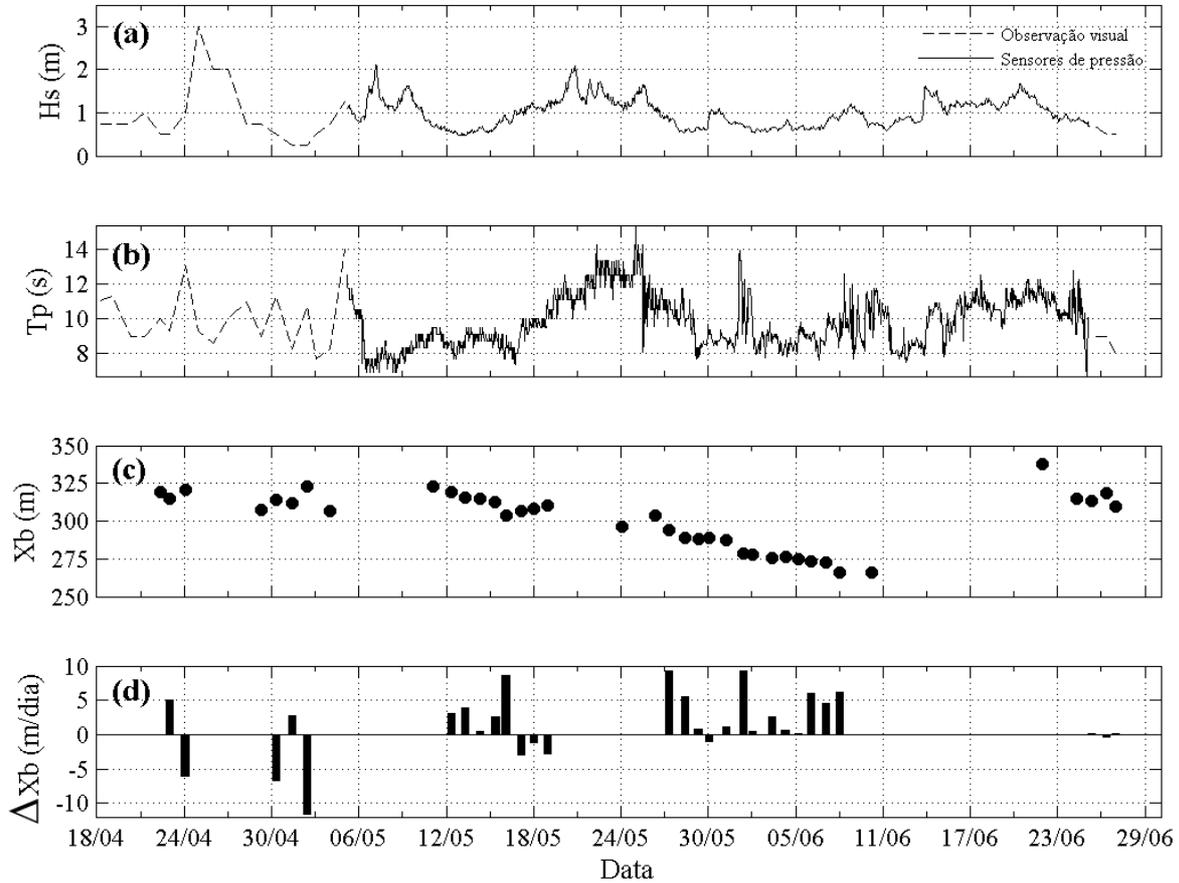


Figura 11. (A) Máximos valores de H_s entre os cinco sensores de pressão para cada medida horária, completados com observação visual (em tracejado). (B) Máximos valores de T_p entre os sensores P3 e P5 para cada medida horária, completados com observação visual (em tracejado). (C) Posições da crista do segundo banco arenoso. (D) Taxas de migração calculadas pela diferença entre estas posições em dias consecutivos. Valores positivos representam migração em direção à costa, negativos em direção ao mar.

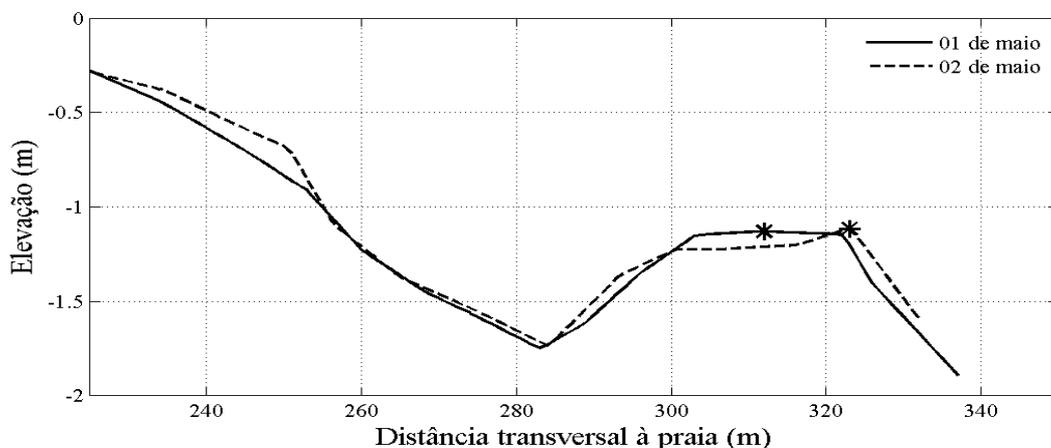


Figura 12. Perfis do segundo banco nos dias 01 e 02 de maio. Asteriscos representam posições da crista. Distâncias são relativas ao RN. Elevações são relativas ao datum.

As limitações do método de amostragem dos perfis impediram levantamentos do segundo banco durante condições de alta dinâmica, com alta energia de onda e correntes fortes, o que justifica o número limitado para estes dados ($n = 38$). Estas são, no entanto, as condições onde as maiores taxas de migração dos bancos em direção mar afora são observadas, como consequência da retro-alimentação entre o fluxo undertow resultante da quebra das ondas e as mudanças batimétricas (Thornton *et al.*, 1996; Gallagher *et al.*, 1998). Observações na costa da Carolina do Norte (EUA) mostram que este fluxo undertow é máximo nas regiões imediatamente anteriores ao banco (Gallagher *et al.*, 1998). Conforme o banco se desloca no sentido mar afora, a posição de máximo undertow também se desloca. Sendo assim, as taxas de migração em direção mar afora observadas no presente trabalho podem estar sendo subestimadas.

Os maiores valores de migração em direção à praia foram de 9,3 e 9,2 m/dia, entre os dias 26 e 27 de maio, e 31 de maio e 01 de junho, respectivamente (Fig. 11). Estiveram associados a condições de baixa dinâmica, com H_s na ordem de 0,5 m, e T_p variando entre 12 e 14 s. Este padrão foi similar ao encontrado por Pereira & Calliari (2005), os quais observaram que valores de H_s inferiores a 0,75 m estavam associados às maiores taxas de migração em direção à costa, e condiz também para o que normalmente é descrito na literatura, com migração em direção à costa em condições de baixa dinâmica (ex. Wright & Short, 1984; Lee *et al.*, 1995). Elgar *et al.* (2001) explicam este mecanismo, no qual o fluxo em direção à costa gerado em função da assimetria do movimento orbital das ondas prevalece em relação ao fluxo de undertow, que é suficientemente fraco em condições de baixa dinâmica das ondas, resultando assim em um transporte de sedimentos em direção à costa. A partir do dia 26 de maio registrou-se uma seqüência migratória de 13 dias do segundo banco em direção à costa (Fig. 13), após os quais ele soldou-se ao primeiro. Durante este período o segundo banco migrou 45,5 m, a uma taxa média de 3,5 m/dia, culminando com a formação de uma morfologia crescente, característica do estágio Banco e Praia Rítmicos do modelo descrito por Wright & Short (1984).

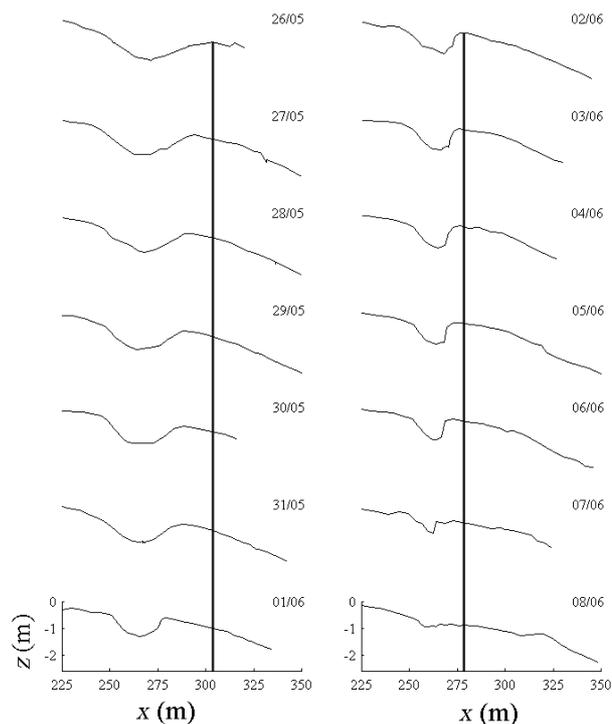


Figura 13. Deslocamento do segundo banco em direção à costa entre 26 de maio e 08 de junho de 2005. "x" representa as distâncias transversais à costa, relativas ao RN. "z" representa as elevações relativas ao datum. Linhas verticais localizam as posições dos bancos nos perfis superiores da figura.

A passagem de um estágio de banco e cava longitudinal para o de banco e praia rítmica pode ser bem evidenciada nas imagens Timex dos dias 26 de maio e 08 de junho (Fig. 14). Os bancos evoluíram de uma morfologia linear para rítmica, com comprimento e amplitude da ordem de 300 e 50 m, respectivamente. Este período foi caracterizado por baixa dinâmica, com H_s raramente ultrapassando 1,0 m (Fig. 11B). A morfologia sem cava caracterizada pelo perfil do dia 08 de junho na figura 15 manteve-se até o dia 14 de junho, quando uma tempestade alterou esta morfologia, com o segundo banco retornado à sua forma linear. A figura 15 mostra diagramas 3D da zona de arrebentação, obtidos a partir da interpolação de cinco perfis paralelos (linhas pretas), realizados nos dias 24 de maio (Fig. 15A) e 10 de junho de 2005 (Fig. 15B). É possível observar as morfologias típicas dos estágios de Banco e Cava Longitudinal e Banco e Praia Rítmicos, evidenciadas também pelas imagens Timex da Fig. 14.

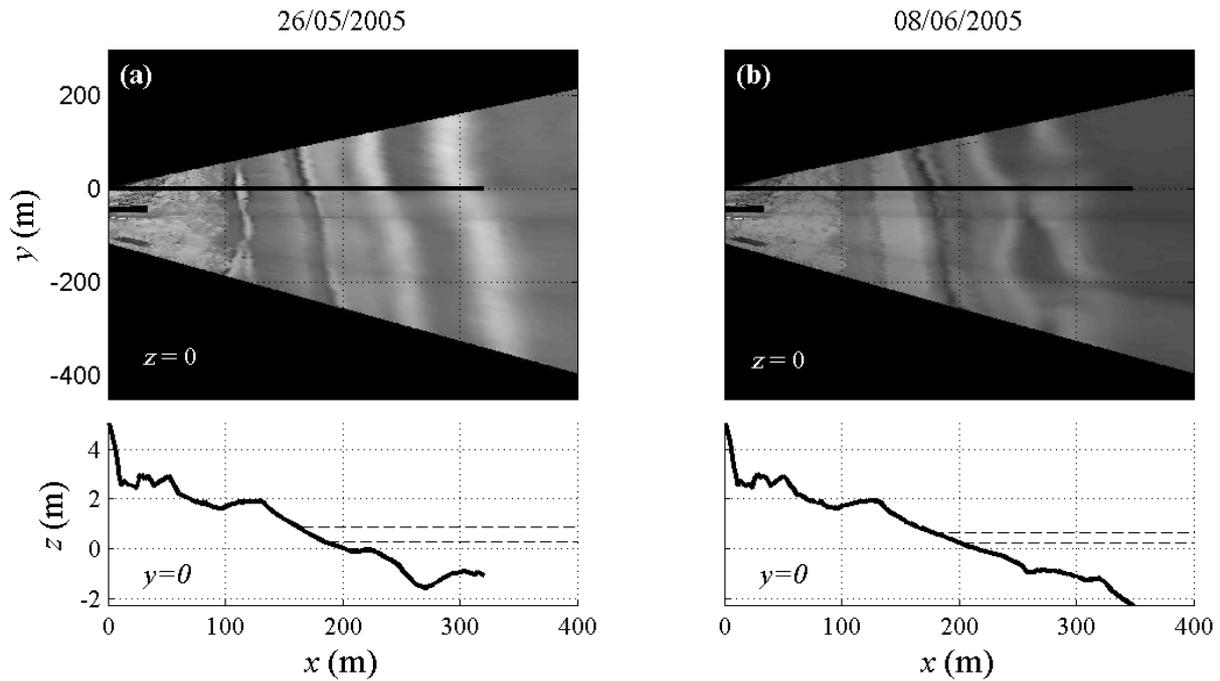


Figura 14. Mosaicos obtidos a partir de imagens Timex no Cassino nos dias 26 de maio (A) e 08 de junho de 2005 (B), com os perfis correspondentes aos respectivos dias. A linha horizontal preta em $y = 0$ indica a posição dos perfis com relação às imagens. Linhas horizontais tracejadas representam as posições de máximo e mínimo espriamento no momento da amostragem. “x” e “y” representam as distâncias transversal e longitudinal à costa a partir do RN, respectivamente, “z” a elevação com relação ao datum.

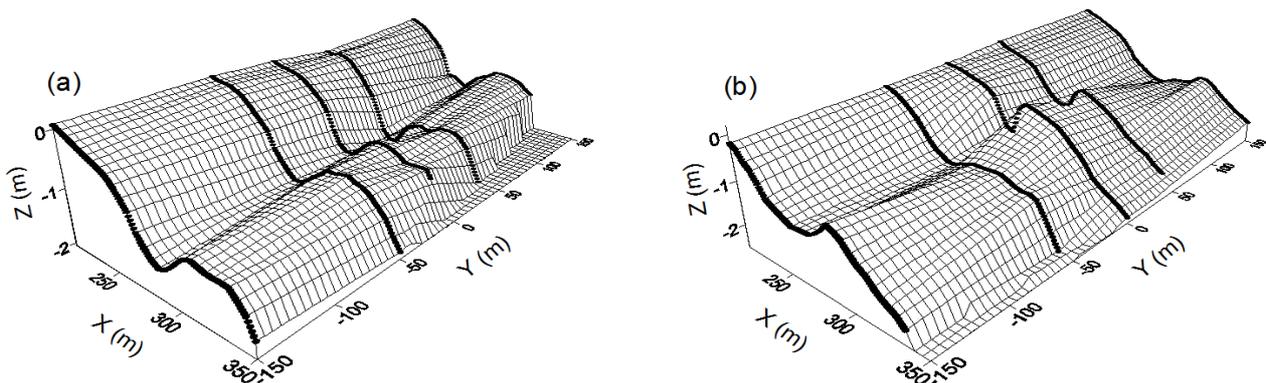


Figura 15. Diagramas 3D da zona de Arrebentação do Cassino obtidos a partir da interpolação de cinco perfis paralelos (linhas pretas), obtidos nos dias 14 de maio (A) e 10 de junho de 2005 (B), destacando bancos lineares e rítmicos, respectivamente. “x” e “y” representam as distâncias transversal e longitudinal à costa a partir do RN, “z” a elevação com relação ao datum.

O período em que o segundo banco permaneceu soldado foi correspondente àquele em que os maiores valores de $\Delta H_s/H_s$ foram encontrados, (Fig. 7), indicando que tal morfologia parece estar associada à maior dissipação relativa das ondas ao longo da praia. As maiores taxas de dissipação observadas durante os períodos em que a morfologia sem cava foi observada indica saturação da energia das ondas mais frequentemente sob estas condições. De acordo com Thornton & Guza,

(1982), as condições de saturação caracterizam-se pela forte limitação da altura das ondas em função da profundidade, através da dissipação de energia pela quebra contínua. A presença de uma cava definida permite que a onda se reforme sobre a sua posição, conservando assim maior parte de sua energia, ao passo que a morfologia sem cava observada após o dia 08 de junho parece permitir que menores quantidades de energia cheguem mais próximo da costa.

4. Conclusões

O estudo em alta frequência realizado neste trabalho permitiu caracterizar a morfodinâmica na Praia do Cassino com um alto grau de detalhamento. Verificou-se uma mobilidade relativamente baixa da porção subaérea, como já observado previamente por outros autores para o local em escalas temporais mais longas. O mecanismo de deslocamento da berma para posições mais elevadas do perfil praiado causado pela ação de ondas de tempestade atuando de forma conjunta a elevação do nível foi o principal responsável pela variabilidade observada nesta zona. A magnitude deste processo está vinculada à morfologia antecedente do perfil. Na porção subaquosa, alta mobilidade foi verificada, como resultado dos processos de migração dos bancos na zona de arrebenção.

A praia comportou-se como um sistema dissipativo. Entretanto, bancos rítmicos e a presença de correntes de retorno indicam a presença de estágios intermediários para este sistema. Três bancos puderam ser observados, sendo o primeiro com um comportamento de banco inter-mareal e os outros dois submersos. O segundo mostrou-se mais móvel que o primeiro na escala de dias, porém o primeiro, cuja posição está altamente associada com a localização do espraiamento, apresenta uma mobilidade consideravelmente maior na escala de horas.

Uma migração da crista do segundo banco em direção ao oceano foi encontrada, com taxa de 11,6 m/dia em condições de baixa dinâmica da zona de surfe estando associado a um padrão de circulação com corrente de retorno. Em direção à costa, taxas de até 9,3 m/dia foram observadas, associadas à Hs inferior a 1,0 m. Uma seqüência de desenvolvimento de um estágio tridimensional de banco e praia rítmica a partir de um estágio de banco e cava longitudinal foi observada durante um período de baixa dinâmica, com escala temporal de cerca de duas semanas. A morfologia sem cava que se formou no perfil ao fim deste processo de migração parece estar associada a uma alta dissipação de energia no local, em função da saturação das ondas incidentes.

Agradecimentos - Agradecemos ao Office of Naval Research (ONR - award number: N00014-04-1-0274) pelo suporte ao Experimento Cassino, Susana Vinzon (Coppe/UFRJ), pela organização do experimento, aos

pesquisadores do NPS, EUA: Ed Thornton e Mark Orzech, pela disponibilização dos dados dos sensores de pressão, ao grupo do NRLSSC, EUA: Todd Holland, Tim Kooney, Joe Calantoni e Steven Spansel, e Nathaniel Plant, pela instalação do Sistema Argus na Praia do Cassino, e José Fontoura (FURG) pela instalação da torre que aloja as câmeras. Agradecemos também à CAPES e CNPq pelo suporte financeiro.

Referências

- Bowen, A. 1969. Rip Currents: 1. Theoretical Investigations. *Journal of Geophysical Research*, 74 (23): 5467-5478.
- Calliari, L.J. & Fachin, S. 1993. Laguna dos Patos: Influência nos Depósitos Lamíticos Costeiros. *Pesquisas*, 20 (1): 57-69.
- Calliari, L.J. & Klein, A.H.F. 1993. Características Morfodinâmicas e Sedimentológicas das Praias Oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. *Pesquisas*, 20 (1): 48-56.
- Calliari, L.J., Tozzi, H.A. & Klein, A.H.F. 1998. Beach Response to Storm Surge in Southern Brazil. *Academia Brasileira de Ciência*, 70 (2): 231-247.
- Calliari, L.J., Holland, K.T., Pereira, P.S., Guedes, R.M.C. & Espirito-Santo, R. 2007. The Influence of Mud on the Inner Shelf, Shoreface, Beach and Surfzone Morphodynamics - Cassino, Southern Brazil. In: COASTAL SEDIMENTS 07, 6., 2007, New Orleans. *Proceedings...* New Orleans, ASCE, p. 1455-1465.
- Carter, R.W.G. 1988. *Coastal Environments. An Introduction to the Physical, Ecological and Cultural Systems of Coastlines*. Academic Press, London, 617p.
- Dean, R.G. 1973. Heuristic models of sand transport in the surf zone. In: CONFERENCE ON ENGINEERING DYNAMICS IN THE SURF ZONE, 1., 1973, Sydney. *Proceedings...* Sydney, p. 208-214.
- Dolan, R., Hayden, B. & Heywood, J. 1978. A New Photogrammetric Method for Determining Shoreline Erosion. *Coastal Engineering*, 2: 21-39.
- Elgar, S., Gallagher, E.L. & Guza, R.T. 2001. Nearshore Sandbar Migration. *Journal of Geophysical Research*, 106 (C6): 11623-11627.
- Gallagher, L., Elgar, S. & Guza, R.T. 1998. Observations of sand bar evolution on a natural beach. *Journal of Geophysical Research*, 103 (C2): 3203 - 3215.
- Guedes, R.M.C. 2006. *Morfodinâmica de Alta Frequência de um Sistema Praial com Bancos Triplos Durante o Experimento Cassino 2005*, Rio Grande, 84p. Monografia de Graduação em Oceanologia, Universidade Federal do Rio Grande.
- Guedes, R.M.C., Pereira, P.S. & Calliari, L.J. 2007. Uso de imagens ARGUS na determinação da posição dos Bancos Arenosos na Praia do Cassino, RS. In: SIMPÓSIO SOBRE ONDAS, MARÉS, ENGENHARIA OCEÂNICA E OCEANOGRAFIA POR SATÉLITE, 7., 2007, Arraial do Cabo. *Anais...* Arraial do Cabo,

- IEAPM.
- Holland, K.T., Holman, R.A., Lippmann, T.C., Stanley, J. & Plant, N.G. 1997. Practical Use of Video Imagery in Nearshore Oceanographic Field Studies. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 22: 81-92.
- Holland, K.T., Vinzon, S.B. & Calliari, L.J. 2009. A Field Study of Coastal Dynamics on a Muddy Coast Offshore of Cassino Beach, Brazil. *Continental Shelf Research*, 29 (3): 503-514.
- Holman, R.A. & Stanley, J. 2007. The History and Technical Capabilities of Argus. *Coastal Engineering*, 54: 477-491.
- Komar, P.D. 1998. *Beach Processes and Sedimentation*. 2nd ed., Prentice Hall, New Jersey, 544 p.
- Lee, G., Nicholls, R.J., Birkemeier, W.A. & Leatherman, S.P. 1995. A Conceptual Fairweather-Storm Model of Beach Nearshore Profile Evolution at Duck, North Carolina, U.S.A. *Journal of Coastal Research*, 11 (4): 1157-1166.
- Lippmann, T.C. & Holman, R.A. 1989. Quantification of Sand Bar Morphology: A Video Technique Based on Wave Dissipation. *Journal of Geophysical Research*, 94 (C1): 995-1011.
- Lippmann, T.C. & Holman, R.A., 1990. The Spatial and Temporal Variability of Sand Bar Morphology. *Journal of Geophysical Research*, 95 (C7): 11575-11590.
- Masselink, G., Kroon, A. & Davidson-Arnott, R.G.D. 2006. Morphodynamics of Intertidal Bars in Wave-dominated coastal settings - A Review. *Geomorphology*, 73: 33-49.
- Melo, E. 1993. The Sea Sentinels Project: Watching Waves in Brazil. COASTAL ZONE '93, 1993, New Orleans, In: SYMPOSIUM ON COASTAL AND OCEAN MANAGEMENT, 8., 2006. *Proceedings...* New Orleans, ASCE, p. 505-517.
- Pereira, P.S. & Calliari, L.J. 2005. Variação Morfodinâmica Diária da Praia do Cassino, RS, Durante os Verões de 2002/2003 no Setor do Terminal Turístico. *Brazilian Journal of Aquatic Science Technology*, 9 (1): 7-11.
- Pereira, P.S., Guedes, R.M.C. & Calliari, L.J. 2007. Surgimento de um Novo Banco Arenoso e Início de um Novo Ciclo na Praia do Cassino, Rio Grande do Sul, Brasil. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 11., 2007, Belém. *Anais...* Belém, ABEQUA.
- Plant, N.G. & Holman, R.A. 1998. Extracting Morphologic Information from Field Data. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COASTAL ENGINEERING, 26., 1998, Copenhagen. *Proceedings...* New York, ASCE, p. 2773-2784.
- Ruessink, B.G. & Kroon, A. 1994. The Behaviour of a Multiple Bar System in the Nearshore Zone of Terschelling, the Netherlands: 1965-1993. *Marine Geology*, 121: 187-197.
- Serau, A.K. & Calliari, L.J. 2003. Changes of an Oceanic Beach Face in the Extreme South of Brazil, During the Passage of a Coastal Storm. *Journal of Coastal Research*, 35 (SI): 194-201.
- Siegle, E. & Calliari, L.J. 2008. High-Energy events and short-term changes in superficial beach sediments. *Brazilian Journal of Oceanography*, 56 (2): 149-152.
- Short, A.D. & Hesp, L. 1982. Wave, Beach and Dune Interactions Southeastern Austrália. *Marine Geology*, 48: 259-284.
- Terra, S.G. 2003. *Construção de um Trenó Marítimo (Sea Sled) para o Levantamento Topográfico do Perfil do Fundo do Mar na Zona de Surfe em Rio Grande - RS*. Rio Grande. 76 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio Grande.
- Thornton, E.B. & Guza, R.T. 1982. Energy Saturation and Phase Speeds Measured on a Natural Beach. *Journal of Geophysical Research*, 87 (C12): 9499-9508.
- Thornton, E.B. & Guza, R.T. 1983. Transformation of Wave Height Distribution. *Journal of Geophysical Research*, 88 (C10): 5925-5938.
- Thornton, E.B., Humiston, R. & Birkemeier, W.A. 1996. Bar/Through Generation on a Natural Beach. *Journal of Geophysical Research*, 101 (C5): 12097-12110.
- Van Enckevort, I.M.J. & Ruessink, B.G. 2001. Effect of Hydrodynamics and Bathymetry on Video Estimates of Nearshore Sandbar Position. *Journal of Geophysical Research*, 106 (C8): 16969-16979.
- Villwock, J.A. & Martins, L.R. 1972. Depósitos Lamíticos de Pós-Praia. Cassino, RS. *Pesquisas*, 1: 69-85.
- Wijnberg, K. & Kroon, A. 2002. Barred Beaches. *Geomorphology*, 48: 103-120.
- Wright, L.D. & Short, A.D. 1984. Morphodynamic Variability of Surf Zones and Beaches: A Synthesis. *Marine Geology*, 56: 93-118.