

Associação Portuguesa de Geomorfólogos - Volume VI

# Geomorfologia 2008

Braga - 2009



Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos  
Volume VI

**Geomorfologia 2008**

Associação Portuguesa de Geomorfólogos  
Braga, 2009

**Título:** Geomorfologia 2008

**Editor:** Associação Portuguesa de Geomorfólogos

**Comissão redactorial:** Diamantino Pereira, Paulo Pereira, Isabel Caetano Alves, Renato Henriques, Luís Gonçalves.

**Comissão científica:** Alberto Gomes, Ana Ramos-Pereira, António Caetano Alves, António Campar de Almeida, António Martins, Assunção Araújo, Carlos Bateira, Catarina Ramos, Déborah Oliveira, Diamantino Pereira, Fernando Marques, Gonçalo Vieira, Helena Granja, M. Isabel Caetano Alves, José Luís Zêzere, Leonardo Santos, Luciano Lourenço, Lúcio Cunha, Luísa Rodrigues, Mário Neves, Paulo Pereira, Pedro Proença e Cunha, Renato Henriques Sílvio Rodrigues, Teresa Mira Azevedo, Virgínia Henriques.

**Capa (concepção):** Pedro Casinhas

**Fotografia da capa:** Diamantino Pereira

**Composição:** Pedro Casinhas

**Tiragem:** 300 exemplares

**ISBN:** 978-989-96462-0-9

**Depósito Legal:** 263141/07

**Impressão e acabamento:** Tipografia Abreu, Sousa & Braga, Lda.

Braga, Novembro de 2009

Associação Portuguesa de Geomorfólogos

Centro de Estudos Geográficos - Faculdade de Letras

Alameda da Universidade

1600-214 Lisboa

Portugal

Tel: +351 217 940 218, Fax: +351 217 938 690

Correio electrónico: [ceg@mail.telepac.pt](mailto:ceg@mail.telepac.pt)

# Amplitude da morfodinâmica de praias da Estremadura, na sequência de episódios de elevada energia hidrodinâmica

J. Trindade<sup>1</sup>, A. Ramos-Pereira<sup>1</sup> & M. Neves<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Estudos Geográficos

Edifício da Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Alameda da Universidade, 1600-214 Lisboa

Tel: +351 217 940 218; Fax: +351 217 938 690; jtrindade@fl.ul.pt

**Resumo:** O objectivo do presente artigo é avaliar a resposta morfodinâmica das praias a episódios de elevada hidrodinâmica marinha. Utilizam-se, para o efeito, os resultados de quatro campanhas realizadas nas praias de Sta. Rita, Azul e Foz do Lizandro, incluindo dados das condições pré e pós episódio de elevada hidrodinâmica marinha, nomeadamente: (i) morfossedimentares; (ii) da variabilidade do balanço sedimentar, resultado da monitorização sucessiva de perfis de praia emersa com unidades de dGPS e estação total, depois de testados vários métodos de interpolação para o cálculo do volume; (iii) das variações sedimentológicas (texturais) de amostras recolhidas sistematicamente na berma, face da praia, base da face da praia e terraço de maré, sempre que estes elementos se encontravam presentes. O comportamento morfodinâmico das praias é avaliado através da aplicação dos parâmetros surf similarity ou número de Iribarren e dimensionless fall velocity. Os resultados permitem distinguir as respostas modais e extremas dos três sistemas em relação a episódios de elevada energia hidrodinâmica, revelando o elevado potencial que a monitorização sistemática de praias possui na previsão do seu comportamento.

**Abstract:** The aim of this study is to assess the morphodynamic response of three beach systems to high wave climate events. Results from four monitoring campaigns carried out in Sta. Rita, Azul and Foz do Lizandro beaches are analyzed, including: (i) morphossedimentary data; (ii) sediment budget variability; (iii) sediment textural data from the berm, beach face, base of the beach face and low tide terrace. Beach morphodynamic behavior is assessed through parameterization of the surf similarity index and the dimensionless fall velocity parameter. Results show the modal and extreme responses of the three beach systems to high wave episodes and the high potential of systematic beach monitoring programmes in the characterization and prediction of beach morphodynamic behavior.

**Palavras-chave:** morfodinâmica de praias, parâmetros morfodinâmicos, monitorização de praias

**Keywords:** beach morphodynamics, morphodynamic parameters, beach monitoring

## 1. Introdução

As praias são sistemas muito dinâmicos, resultado da natureza não coesiva dos seus sedimentos e da coexistência de vários elementos forçadores com elevados níveis energéticos que podem actuar sobre a praia.

Embora se possa afirmar que existem ciclos morfológicos sazonais neste tipo de sistemas, as modificações mais significativas ocorrem em curtos períodos de tempo, resultado de um aumento energético da hidrodinâmica marinha.

A quantificação da resposta morfológica das praias a condições deste tipo é um elemento importante para compreender a capacidade que os sistemas possuem de absorver e dissipar a energia da ondulação.

O presente trabalho pretende avaliar o comportamento

modal e extremo dos sistemas da praia de Sta. Rita, praia Azul e praia da Foz do Lizandro, relativamente a episódios de elevada energia hidrodinâmica, através da análise da sua variabilidade morfossedimentar.

As referidas praias localizam-se no litoral rochoso da Estremadura (Fig. 1), entre Peniche e Cascais (39°10'30"N – 38°56'27"). Este troço de litoral caracteriza-se por possuir um regime de mesomare semidiurno. A amplitude média das marés vivas é de 3,075m, registados no marégrafo de Cascais, durante o ano de 1998. Trata-se de um sector do litoral português dominado pela energia hidrodinâmica das ondas. A altura média da ondulação atinge 2,5m no Inverno (Pires, 1989) e o período de retorno de ondas de 10m é de cerca de 5 anos (Carvalho, 1992). Aplicando o modelo MAR3G (Pires, 1996) a uma série de dados representativos

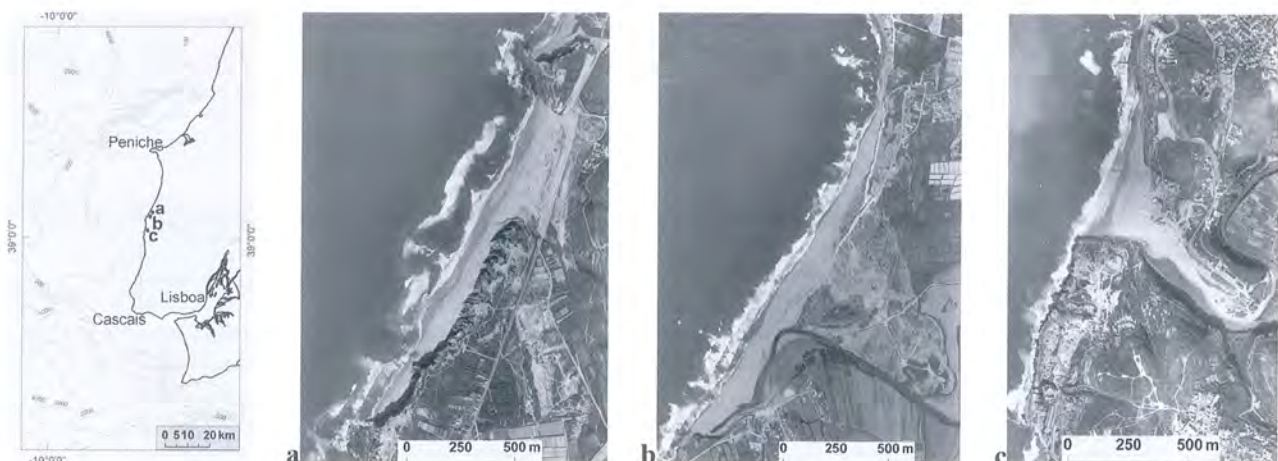


Figura 1 – Sistemas litorais arenosos da praia de Sta. Rita (a), praia Azul (b) e praia da Foz do Lizandro (c).

das interações oceano-atmosfera, Carvalho (2004) estima a ocorrência de 8 temporais ( $H_s > 4m$ ) por ano neste troço de litoral. A direcção dominante das ondas corresponde ao rumo NW em cerca de 265 dias por ano (Costa, 1994), apesar de grande parte dos temporais que ocorrem no litoral da Estremadura proceder de W (Carvalho, 2004). Os temporais de SW são menos frequentes, mas a sua magnitude é elevada, podendo as ondas atingir 10 – 12m (Taborda *et al.*, 1992; Ramos-Pereira, 1999).

A par da hidrodinâmica marinha, o fornecimento de sedimentos é igualmente relevante na dinâmica das praias. A deriva litoral circula neste troço de Norte para Sul, podendo, no entanto, ocorrer a inversão local do seu sentido de circulação em situações de mar de SW (Ramos-Pereira, 1991). Existem várias estimativas do volume de sedimentos transportados pela deriva no litoral norte de Portugal continental que podem variar entre  $1,0 \times 10^6$  e  $2,3 \times 10^6 m^3/m$ /ano (Oliveira *et al.* 1982; Bettencourt & Ângelo, 1992; Taborda, 1993; Vidinha *et al.*, 1997; Lorangeiro, 2002), mas quase nada se sabe dos sedimentos em trânsito entre Peniche e Cascais. É, no entanto, evidente que se trata de uma faixa litoral onde os balanços sedimentares globais não tendem para valores positivos, mas antes para um equilíbrio dinâmico ou para um défice no fornecimento sedimentar aos sistemas litorais arenosos. Grande parte dos sedimentos em trânsito de Norte para Sul é captada pelo canhão da Nazaré ou fica retida a norte do tómbolo de Peniche. A natureza carbonatada e argilosa dos materiais que compõem as pequenas bacias hidrográficas que drenam este sector de litoral limita o fornecimento local de sedimento e contribui para o referido défice sedimentar (Ramos-Pereira, 1987; Neves, 2004; Trindade *et al.*, 2007).

As praias de Sta. Rita, Azul e Foz do Lizandro representam diferentes tipos de sistemas litorais arenosos quanto à sua génese e dimensão actual (Quadro 1), tendo em comum a exposição à ondulação dominante (NW), mas também às ondas com origem nos octantes W e SW. A praia de Sta. Rita destaca-se por representar um sistema compósito de praia-duna no sector norte e de praia arriba no sector sul

(Quadro 1 e Fig. 1a). A praia Azul corresponde ao maior dos três sistemas estudados (Quadro 1) e a um dos mais extensos do litoral entre Peniche e Cascais. A praia da Foz do Lizandro, associada ao estuário estreito do rio Lizandro é, entre os sistemas estudados aquele que tem dimensões mais reduzidas (Quadro 1).

## 2. Metodologia

Entre Dezembro de 2005 e Maio de 2006 realizaram-se 4 campanhas de monitorização da morfodinâmica dos sistemas da praia de Sta. Rita, praia Azul e praia da Foz do Lizandro, antes e após a ocorrência de dois episódios de elevada energia hidrodinâmica (Quadro 2). Estas campanhas enquadram-se no programa de monitorização litoral em curso no Centro de Estudos Geográficos.

A realização de perfis de praia ancorados em pontos conhecidos, e por isso sobreponíveis entre campanhas, permitiu a recolha de parâmetros morfológicos que serviram de base ao cálculo do balanço sedimentar e do declive da face da praia. As quatro campanhas realizadas nas três praias resultaram na aquisição de pontos x,y,z ao longo de 64 perfis (Quadro 2), monitorizados com dGPS e Estação Total.

A avaliação da variabilidade volumétrica por perfil permitiu estudar a dinâmica morfológica dos sistemas. O volume foi calculado entre o nível médio do mar (0m) e o ponto de não mobilidade relativa dos sedimentos por acção da hidrodinâmica marinha (Ferreira, 1998; Baptista, 2006), recorrendo ao método de interpolação kriging que revelou valores residuais altimétricos e volumétricos mais baixos (Quadro 3).

As campanhas de monitorização foram acompanhadas de colheitas, por raspagem superficial, de amostras dos sedimentos das praias nos elementos morfológicos mais expostos: a berma, a face da praia, a base da face da praia e o terraço de maré. O tratamento das amostras foi realizado no Laboratório de Geografia Física, do Centro de Estudos Geográficos. As amostras foram secas e pesadas em balança de precisão (0,01g), tendo sido também determinado o

	Praia de S <sup>ta</sup> . Rita	Praia Azul	Praia da Foz do Lizandro
Tipo de sistema actual	Praia – Duna / Praia – Arriba	Praia – Planície aluvial	Praia – Planície aluvial
Tipo de sistema pré-existente	Restinga /Laguna costeira	Planície aluvial ampla	Estuário estreito
Declive da plataforma continental interna (0 → -40m)	0,33°	0,36 °	0,61 °
Área da praia emersa (m <sup>2</sup> )	113 019	136 412	73 544
Área das dunas actuais (m <sup>2</sup> )	33 921	445 679	17 096
Área das dunas herdadas (m <sup>2</sup> )	355 566	--	---
Área emersa do sistema actual (m <sup>2</sup> )	146 840	582 091	90 640

Quadro 1 – caracterização dos sistemas litorais arenosos da praia de Sta. Rita, praia Azul e praia da Foz do Lizandro.

	Datas das campanhas		Nº de perfis de praia	
	Pré-temporal	Pós-temporal		
Praia de S <sup>ta</sup> . Rita	17.12.05	14.05.06	5	5
	04.01.06	28.05.06	5	5
Praia Azul	16.12.05	15.05.06	6	6
	02.01.06	26.05.06	6	6
Praia da Foz do Lizandro	15.12.05	12.05.06	5	5
	03.01.06	25.05.06	5	5

Quadro 2 – Campanhas de monitorização.

	Altitude residual média (m)	Volume residual médio (m3/m)
Inverso da distância	0,069	-2,716
Kriging	0,030	-1,685
Vizinho mais próximo	0,048	-3,308
Média móvel	0,965	-74,352

Quadro 3 – Valores residuais na interpolação da altitude e volume.

seu conteúdo em carbonatos. Posteriormente, as areias foram crivadas, permitindo separar os pesos específicos por dimensão do grão entre 4,0mm e 0,044mm, em intervalos regulares de 0,5φ. Os parâmetros estatísticos foram calculados com base no método dos momentos (Friedman & Sanders, 1978), com o auxílio da folha de cálculo SEDMAC/SEDPC (Henriques, 2004).

Os parâmetros das ondas foram obtidos pela bóia ondógrafo de Leixões e serviram de base para a transformação da altura da onda de largo ( $H_o$ ) para a altura da onda na rebentação ( $H_b$ ).  $H_b$  é um dos parâmetros mais utilizados na determinação de índices morfodinâmicos, tendo sido obtido pela aplicação da formulação de Komar e Gaugan (1972) (eq. 1).

$$H_b = 0,39g^{0,2}(T \cdot H_o^2)^{0,4} \quad \text{Equação 1}$$

em que:

0,39 representa um coeficiente empírico obtido a partir de dados de campo e de laboratório (Munk, 1949) e mais tarde confirmado por Wieshar e Byrne (1978); g corresponde à aceleração gravítica (980,665 cm/s<sup>2</sup>) e T representa o período da onda.

Para a classificação hidro-morfodinâmica das praias estudadas foi necessário recorrer à determinação do tipo de onda na rebentação ( $\xi_b$  – eq. 2) (Batjes, 1974) e ao parâmetro morfodinâmico adimensional ( $\Omega$  – eq. 3) (Wright & Short, 1984). As formulações  $\xi$  e  $\Omega$  têm sido amplamente utilizadas em vários tipos de sistemas de baixa e elevada energia (Masselink & Hegge, 1995; Ferreira, 1998; Benavente et al, 2002; Benedet, Finkl & Klein, 2004; Benedet, Finkl, Campbell & Klein, 2004; Goodfellow & Stephenson, 2005; Anfuso & Benavente, 2006; Baptista, 2006), resultando numa forma eficaz de caracterizar as respostas das praias à alteração nos parâmetros hidrodinâmicos, morfológicos e sedimentares.

$$\xi_b = \frac{\tan \beta}{(H_b / L_o)^{1/2}} \quad \text{Equação 2}$$

$$\Omega = \frac{H_b}{w_s \cdot T} \quad \text{Equação 3}$$

em que:

$\tan\beta$  representa o declive médio da face da praia, calculado a partir da determinação das inclinações absolutas do mesmo elemento morfológico em cada perfil e em cada dia de monitorização (Quadro 2);  $L_o$  corresponde ao comprimento da onda de largo, podendo ser determinado através da aplicação da teoria linear das ondas (eq. 4);  $w_s$  é a velocidade de queda dos grãos de quartzo, determinada pela aplicação da formulação da eq. 5, de Hallermeier (1981

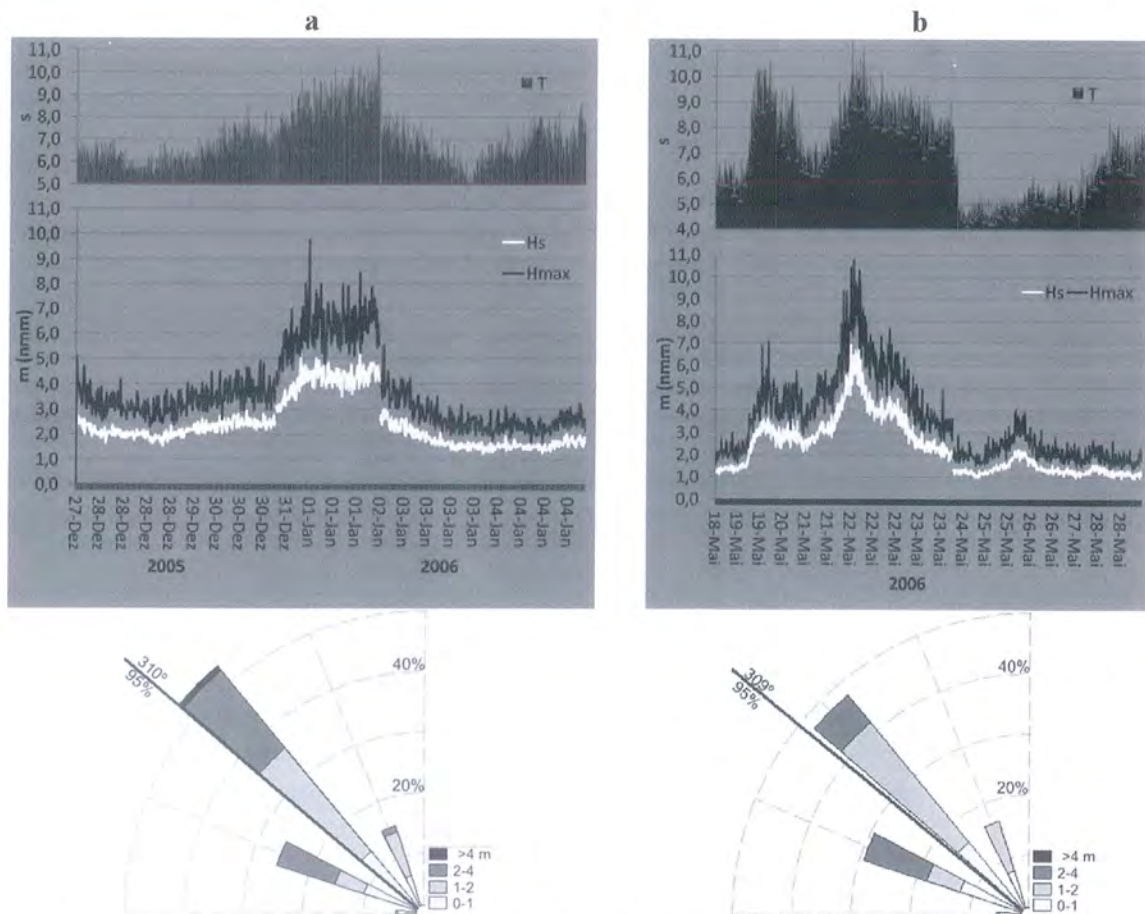


Figura 2 – Parâmetros da agitação marítima associados aos episódios de elevada hidrodinâmica de Janeiro (a) e Maio (b) de 2006 (bóia ondógrafo de Leixões).

a,b), ao grão mediano de cada amostra (D50, segundo Pas-sega, 1957). A adopção da eq. 5 depende da determinação do índice de fluabilidade de partículas (A – eq. 6), representando a eq. 5 valores de A entre 39 e 104 (Hallermeier, 1981 a,b).

$$L_o = \frac{gT^2}{2\pi} \quad \text{Equação 4}$$

$$w_s = \left[ \frac{(\rho_s - \rho)g}{\rho} \right]^{0,7} D_{50}^{1,1} \quad \text{Equação 5}$$

$$A = \frac{(\rho_s - \rho)gD_{50}^3}{\rho\nu^2} \quad \text{Equação 6}$$

em que:

$\rho_s$  corresponde à média das densidades dos grãos de quartzo ( $\approx 2,648 \text{ g/cm}^3/\text{m}$ ) e das conchas ( $\approx 2,800 \text{ g/cm}^3/\text{m}$ ), ponderada pela representatividade dos respectivos materiais em cada amostra;  $\rho$  é a densidade da água salgada ( $\approx 1,026 \text{ g/cm}^3$  a  $15^\circ\text{C} - 33 \text{ ppm}$ );  $\nu$  representa a viscosidade da água salgada ( $\approx 0,0119 \text{ cm}^2/\text{s}$  a  $15^\circ\text{C} - 33 \text{ ppm}$ ).

### 3. Resultados e discussão

Os episódios de Janeiro e de Maio de 2006 (fig. 2) correspondem a eventos de elevada energia hidrodinâmica, tendo apenas esporadicamente sido atingida a altura significativa ( $H_s > 5\text{m}$ ). Embora espaçados no tempo, estes eventos apresentam-se bastante semelhantes na sua duração (Janeiro – 53h; Maio – 54h), na  $H_s$  média (Janeiro – 3,89m; Maio – 3,67m), no pico de altura máxima ( $H_{\text{max}}$ ) (Janeiro – 9,77m; Maio – 10,77m), no período médio ( $T_z$ ) (Janeiro – 8,54s; Maio – 8,38s) e na direcção significativa ( $D_s$ ) (Janeiro –  $310^\circ$ ; Maio –  $309^\circ$ ).

Os valores elevados de  $H_s$  e a predominância de rumos de ondas do octante NW (Fig. 2) originam, em grande parte do litoral ocidental de Portugal, uma corrente de deriva li-

toral orientada para Sul.

Praia de Sta. Rita:

Nesta praia, os resultados da monitorização de Janeiro de 2006 revelaram uma elevada variabilidade dos volumes, tendo sido registada a diferença máxima pós e pré-evento de  $1093,3\text{m}^3/\text{m}$  (Fig. 3). Os resultados de Maio mostram uma resposta distinta (Fig. 3), com uma menor variação volumétrica ( $298,1\text{m}^3/\text{m}$ ). Após a ocorrência de ambos os episódios, o balanço entre o declive da face da praia pós e pré-evento é negativo (Fig. 4), indicando uma diminuição nos valores de declive e uma suavização do perfil após a ocorrência dos episódios de Janeiro e Maio, como seria previsível. Salienta-se que estas diferenças no declive da face da praia são superiores em Maio (Fig. 4).

A morfologia pré-evento de Janeiro caracterizava-se pela presença de uma barra submersa e ausência de berma de praia, enquanto em Maio foi observada a presença de várias barras longilitorais submersas associadas a crescentes de praia bem definidos que limitaram a resposta do perfil. As diferenças de declive entre Janeiro e Maio podem assim ser explicadas pela morfologia pré-existente e pela forma como esta condiciona a resposta do sistema a episódios de elevada energia hidrodinâmica.

O perfil da praia de Sta. Rita evoluiu até ao estado quasi dissipativo (Quadro 4) durante o evento de Janeiro, registando-se um decréscimo de  $\xi_b$ , indicador do aumento na quantidade de energia da onda dissipada ao longo do perfil imerso.

O evento de Maio não produziu diferenças tão acentuadas no parâmetro  $\Omega$  (Quadro 4), facto que é consistente com a menor variabilidade volumétrica registada nesta campanha (Fig. 3). É, no entanto, de salientar que a discrepância entre os valores de  $\xi_b$  pré e pós-evento (Quadro 4) é superior à do mês de Janeiro, confirmando as diferenças no declive da face da praia assinaladas na figura 4.

Exceptuando temporais mais energéticos e/ou de maior duração, pode assumir-se que a resposta máxima da



Figura 3 – Variabilidade volumétrica máxima, registada entre as campanhas pré e pós-eventos de Janeiro e Maio de 2006.

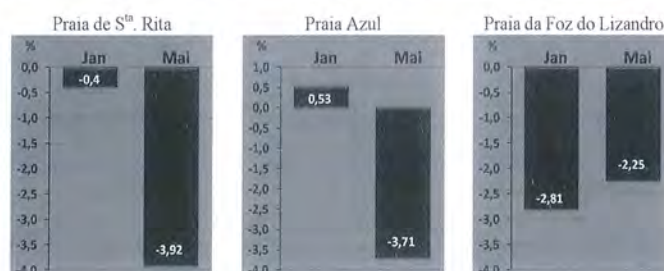


Figura 4 – Balanço no declive da face da praia, registado entre as campanhas pré e pós-eventos de Janeiro e Maio de 2006.

		(Praia de S <sup>ta</sup> Rita)	(Praia Azul)	(Praia da Foz do Lizandro)
Janeiro	Pré	2,0160 <i>Low tide terrace</i>	1,8833 <i>Low tide terrace</i>	2,0744 <i>Low tide terrace</i>
	Pós	5,4572 <i>Longshore bar-trough</i>	4,9205 <i>Longshore bar-trough</i>	5,8853 <i>Dissipative</i>
Maio	Pré	2,6716 <i>Low tide terrace</i>	2,4435 <i>Low tide terrace</i>	3,1307 <i>Transverse bar &amp; rip</i>
	Pós	4,1886 <i>Rhythmic bar &amp; beach</i>	3,3307 <i>Transverse bar &amp; rip</i>	5,1195 <i>Longshore bar - trough</i>

Quadro 4 – Parâmetro morfodinâmico adimensional. Classificação segundo Masselink & Hughes (2003).

		$b$ (Praia de S <sup>ta</sup> Rita)	$b$ (Praia Azul)	$b$ (Praia da Foz do Lizandro)
Janeiro	Pré	0,3864 <i>Spilling breaker</i>	0,3879 <i>Spilling breaker</i>	0,5472 <i>Surging breaker</i>
	Pós	0,2808 <i>Spilling breaker</i>	0,3373 <i>Spilling breaker</i>	0,2641 <i>Spilling breaker</i>
Maio	Pré	0,6470 <i>Surging breaker</i>	0,4656 <i>Surging breaker</i>	0,5409 <i>Spilling breaker</i>
	Pós	0,3480 <i>Spilling breaker</i>	0,1985 <i>Spilling breaker</i>	0,3510 <i>Spilling breaker</i>

Quadro 5 – Tipo de onda na rebentação. Classificação segundo Masselink & Hughes (2003).

praia de Sta. Rita a episódios de elevada energia hidrodinâmica corresponde ao estado morfodinâmico da coroa-sulco(longshore bar-trough), podendo considerar-se o estado morfodinâmico modal como praia com terraço de maré baixa (low tide terrace).

**Praia Azul:**

A dinâmica sedimentar registada durante o evento de Janeiro (504,5m<sup>3</sup>/m – Fig. 3) distinguiu se claramente dos valores obtidos em Maio (122,1m<sup>3</sup>/m – Fig. 3). Tal como no caso da praia de Sta. Rita, as diferenças no declive da face da praia após a ocorrência dos picos de Hs são superiores no evento de Maio (Fig. 4). No conjunto observou-se, durante a realização das campanhas, uma diminuição do número de barras submersas após a ocorrência dos episódios de Janeiro (pré-evento =1 barra / pós-evento =0 barra) e de Maio (pré-evento = 2 barras / pós-evento = 1 barra). Os valores de  $\xi b$  apontam para elevados níveis de dissipação energética ao longo do perfil (Quadro 5) e poderão ser responsáveis, em conjunto com a presença das barras longilitorais, pela reduzida variabilidade do perfil emerso deste sistema relativamente aos restantes (Fig. 3). Existe, no entanto, uma diferenciação entre os episódios de Janeiro e de Maio. Tal como no caso da praia da Sta. Rita, também na praia Azul existe uma correspondência clara entre as diferenças nos valores de  $\Omega$  pré e pós-eventos de Janeiro e Maio e a respectiva variabilidade volumétrica máxima (Fig. 3 e Quadro 4).

Exceptuando temporais mais energéticos e/ou de maior duração, a resposta máxima da praia Azul a episódios mais energéticos e o seu estado morfodinâmico modal são semelhantes aos registados na Praia de Sta. Rita (Quadro 4).

**Praia da Foz do Lizandro:**

O valor de  $\Omega$  indica que o comportamento morfodinâmico do sistema passou por todos os estados intermédios (Quadro 4), demonstrando a elevada variabilidade desta praia. Apresenta os valores mais elevados de variabilidade volumétrica máxima (Fig. 3) dos sistemas analisados (Janeiro = 1289,5m<sup>3</sup>/m; Maio = 1523,1m<sup>3</sup>/m), tendo sido o único sistema que atingiu o estado dissipativo ( $\Omega_{Jan} = 5,8853$  – Quadro 4). Considera se, assim, o estado dissipativo como

a resposta máxima a condições de elevada hidrodinâmica marinha, encontrando-se o comportamento modal do sistema por determinar devido à elevada variabilidade registada durante as campanhas.

No que respeita aos sedimentos das praias estudadas verificou-se que correspondem a areias médias a grosseiras na escala de Wentworth (0, 409mm - 0,642mm). A variação da dimensão dos grãos resultado da ocorrência de episódios de elevada hidrodinâmica foi reduzida, não ultrapassando 1 $\phi$ . Apesar da baixa variabilidade, constatou-se que a dimensão do grão médio diminuiu após a ocorrência dos eventos de Janeiro e de Maio de 2006 (Fig. 5). Assume-se que esta ligeira variação pode ser explicada a partir de alguns pressupostos de circulação sedimentar ao longo do perfil submerso das praias:

- a profundidade na qual as ondas iniciam a interacção com o fundo é variável e aumenta com a altura da onda;
- existe uma gradação das granulometrias no perfil de praia (imerso+emerso) que centra os grosseiros na faixa de rebentação, enquanto os finos tendem a depositar-se em direcção à linha de costa e em direcção ao limite da plataforma continental interna;
- na faixa de rebentação predomina a componente vertical do transporte de sedimentos, existindo uma selecção dos grãos que tende para o mais fino em direcção à superfície;
- na faixa de surf e, principalmente, na faixa de espraio domina a componente horizontal do transporte, com uma selecção dos materiais que tende para o mais fino em direcção à linha de costa.

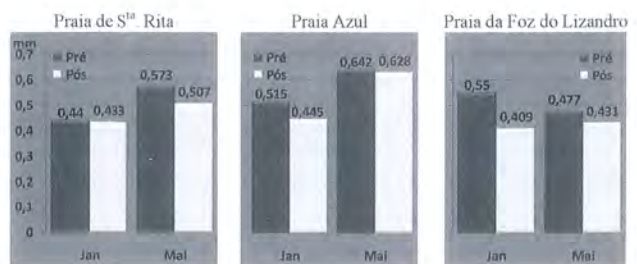


Figura 5 – Dimensão média dos grãos, registada entre as campanhas pré e pós-eventos de Janeiro e Maio de 2006.

O aumento da altura e comprimento das ondas desloca a profundidade de fecho e a linha de rebentação para o largo, onde se intensifica a interacção das ondas com o fundo, mobilizando verticalmente sedimentos mais finos quer em direcção à linha de costa quer para a deriva litoral. Tratando-se apenas de um episódio, onde os processos de transporte estão mais activos, os sedimentos pré-existentes mais característicos de condições medianas são impregnados com a componente mais fina, inicialmente mobilizada verticalmente na faixa de rebentação e posteriormente transportada horizontalmente nas faixas de surf e espraio. As recolhas efectuadas imediatamente após o episódio deixaram muito pouca margem para que o sistema recupere os seus valores granulométricos mais característicos.

#### 4. Conclusão

A variação no declive da face da praia após a ocorrência dos episódios de Janeiro e de Maio apresentou, predominantemente, valores negativos, já esperados, típicos de uma transição do perfil de praia intermédio para uma morfologia de carácter dissipativo, como resposta ao aumento da energia das ondas incidentes.

De acordo com a classificação de Masselink & Hughes (2003), baseada no parâmetro morfodinâmico adimensional (Wright & Short, 1984), os dados disponíveis revelam que os três sistemas apresentam estados morfodinâmicos entre o dissipativo e o intermédio, nunca chegando a atingir o perfil reflectivo.

A amplitude de variação entre  $\Omega$ pré-evento e  $\Omega$ pós-evento é destacadamente inferior em Maio nas praias de Sta. Rita e Azul (quadro 4). Na Foz do Lizandro, a menor diferença entre  $\Omega$ pré-evento e  $\Omega$ pós-evento é encontrada em Janeiro. Estes resultados são validados pelos dados da variabilidade volumétrica máxima (Fig. 3), sendo menor a variação nos volumes das praias de Sta. Rita e Azul após o evento de Maio, ao contrário do que sucede na praia da Foz do Lizandro.

A monitorização realizada antes e após os eventos de elevada energia hidrodinâmica de Janeiro e de Maio de 2006 e a classificação dos dados revela que o aumento na energia das ondas, indirectamente evidenciado pela  $H_s$  e  $T$  da onda, é responsável pela transição generalizada dos perfis de praia para uma morfologia de carácter próximo do dissipativo. Apesar de, no essencial, o tipo de evento energético registado na bóia ondógrafo de Leixões ser semelhante em Janeiro e em Maio, o comportamento morfodinâmico do perfil de praia de cada sistema é distinto e principalmente condicionado pela morfologia pré-episódio.

A parametrização de dados hidrodinâmicos, morfológicos e sedimentológicos recolhidos permitiu determinar o comportamento morfodinâmico modal dos sistemas de praia em Sta. Rita e na praia Azul como correspondendo tipicamente a um sistema de terraço de maré. Os mesmos dados revelaram que é necessária mais informação para caracterizar o comportamento morfodinâmico mais frequente na praia da Foz do Lizandro, que evidencia grande variabilidade. A resposta máxima das praias de Sta. Rita e Azul corresponde ao estado morfodinâmico de barra longitudinal. A praia da Foz do Lizandro atinge com relativa

facilidade o perfil dissipativo, representando este tipo de perfil à resposta máxima do sistema a episódios de elevada energia hidrodinâmica.

Os resultados demonstram o elevado potencial que as metodologias de monitorização utilizadas neste trabalho possuem na interpretação e previsão do comportamento dos sistemas de praia sob a influência de elevados níveis de energia hidrodinâmica.

#### Referências bibliográficas

- Anfuso, G. & Benavente, J., 2006. Approximation to the classification and morphodynamic behaviour of the beaches between Chipiona and Rota (Cádiz, SW Spain). *Ciencias Marinas* 32 (4), p. 605 – 616
- Baptista, P., 2006. O sistema de posicionamento global aplicado ao estudo de litorais arenosos. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, 278p.
- Battjes, J., 1974. Surf similarity. *Proceedings of the 14th International Conference on Coastal Engineering*, ASCE, p. 466 – 480
- Benavente, J.; Del Río, L.; Anfuso, G.; Garcia, F. & Reyes, J., 2002. Utility of morphodynamic characterization in the prediction of beach damage by storms. *Journal of Coastal Research* SI36, ICS Proceedings, p. 56 – 64
- Benedet, L.; Finkl, C. & Klein, A., 2004. Morphodynamic classification of beaches on the Atlantic coast of Florida: geographical variability of beach types, beach safety and coastal hazards. *Journal of Coastal Research* SI39, *Proceedings of the 8th International Coastal Symposium*
- Benedet, L.; Finkl, C. Campbell, T. & Klein, A., 2004. Predicting the effect of beach nourishment and cross-shore sediment variation on beach morphodynamic assessment. *Coastal Engineering* 51, p.839 – 861
- Bettencourt, P. & Ângelo, C., 1992. Faixa costeira Centro-Oeste (Espinho-Nazaré): Enquadramento geomorfológico e evolução recente. *Geonovas* 1, Lisboa, p. 7 – 30
- Carvalho, F., 2004. Temporais no mar da região costeira de Portugal continental. In Alveirinho Dias, J. & Ferreira, Ó. (Eds.) *Methods for determining and representing coastal hazards*. Universidade do Algarve, p. 34 – 35
- Carvalho, M., 1992. Valores extremos de agitação marítima (Figueira da Foz). *Tratamento local dos dados existentes*. Rel. 13/92 – A, PO-WAVES, IH – LNEC: 108p.
- Costa, C., 1994. Wind wave climatology of the portuguese coast. Final report of sub-project A. Rel. 6/94 – A, PO-WAVES, IH – LNEC, 79p.
- Ferreira, Ó., 1998. Morfodinâmica de praias expostas: aplicação ao sector costeiro de Aveiro – Cabo Modogo. Dissertação de Doutoramento, Universidade do Algarve, 337p.
- Friedman, G. & Sanders, J., 1978. *Principles of sedimentology*. John Wiley & Sons. U.S.A., 792p.
- Goodfellow, B. & Stephenson, W., 2005. Beach morphodynamics in a strong-wind bay: a low-energy environment?. *Marine Geology* 214, p. 101 – 116
- Hallermeier, R. J., 1981a. Terminal settling velocity of commonly sand grains. *Sedimentology* 28, p.859 – 865
- Hallermeier, R. J., 1981b. Fall velocity of beach sands. *Coastal Engineering Technical Note*, CETN-B-4, Coastal Engineering Research Center, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, 2p.
- Henriques, R., 2004. SEDMAC/SEDPC: An application to support particle size analysis of unconsolidated sediments. *32nd International Geological Congress, Abs. Vol. 1, abs. 154-6*, p.726
- Komar, P. & Gaughan, M., 1972. Airy wave theory and breaker height prediction. *Proceedings of the 13rd Conference on Coastal Engineering*, ASCE, p.405 – 418
- Larangeiro, S.; Oliveira, F. & Freire, P., 2002. Numerical characterization of the longshore sediment dynamics at Buarcos Beach, West coast of Portugal. *Littoral 2002, The changing coast*, EUROCOAST – EUCC, Porto, p. 369 – 374
- Masselink, G. & Hegge, B., 1995. Morphodynamics of meso- and macro-tidal beaches: examples from central Queensland, Australia. *Marine Geology* 129, p. 1 – 23
- Masselink, G. & Hughes, M., 2003. *Introduction to coastal processes and geomorphology*. Hodder Arnoldress, 354p.
- Munk, W., 1949. The solitary wave theory and its applications to surf problems. *Annals of the New York Academy of Science* nº51 (3), p. 376 – 424

- Neves, M., 2004. Evolução actual dos litorais rochosos da Estremadura Norte. Estudo de Geomorfologia. Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, 554p.
- Oliveira, I.; Valle, A. & Miranda, F., 1982. Littoral problems in the portuguese West coast. Coastal Engineering Proceedings, Vol. III, p.1950 – 1969
- Pires, H., 1989. Alguns aspectos do clima de agitação marítima de interesse para a navegação na costa de Portugal. O clima de Portugal Fasc. XXXVII, vol 2, INMG, Lisboa, 34p.
- Pires, H. & Carvalho, F., 1996. Fundamento e características do modelo de ondas de terceira geração MAR3G. Instituto de Meteorologia, Lisboa, 38p.
- Passaga, R., 1957. Texture as characteristic of clastic deposition. American Association of Petroleum Geologists Bulletin 41, p.1952 – 1974
- Ramos-Pereira, A., 1987. Aspectos da evolução do relevo de Portugal. Litoral entre a serra de Sintra e a praia de S. Julião (Ericeira). Finisterra XXII (44), p.423-434
- Ramos-Pereira, A., 1991. A margem continental portuguesa. Breve síntese do conhecimento actual. Finisterra 51, p. 149 – 185
- Ramos-Pereira, A., 1999. A importância do conhecimento do clima de agitação marítima na planificação de obras costeiras. O exemplo de Sines. In A. Ramos-Pereira, César Andrade, Maria Conceição Freitas, Mário Neves, Jorge Trindade, Anabela Cruces e Ana Maria Viegas (Eds.) Livro – Guia da visita de estudo ao litoral entre S. André e Vila Nova de Milfontes; EUROCOAST – Portugal
- Taborda, R., 1993. Modelação da dinâmica sedimentar induzida pela ondulação na plataforma continental portuguesa. Tese de Mestrado, Universidade de Lisboa, 126p.
- Taborda, R. & Dias, J. A., 1992. Análise da Sobreelevação do Mar de Origem Meteorológica durante os Temporais de Fevereiro/Março de 1978 e Dezembro de 1981. Geonovas I, p.89-97
- Trindade, J.; Pereira, A. R.; Neves, M.; Borges, B. & Paixão, R., 2007. Monitorização da morfodinâmica de praias com dGPS e Estação Total. Comparação de resultados. Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos Vol. V, p. 293 - 301
- Vidinha, J.; Andrade, C. & Teixeira, S., 1997. Análise morfológica do cordão dunar entre Espinho e o Cabo Mondego (Portugal). In. Colectânea de ideias sobre a zona costeira de Portugal, Associação EUROCOAST – Portugal, Porto, pp. 391 – 416
- Weishar, L. & Byrne, R., 1978. Maximum breaker height: Journal of Waterways, Harbours and Coastal Engineering Division, ASCE 98, p. 529 – 548
- Wright, L. & Short, A., 1984. Morphodynamic variability of beaches and surf zones, a synthesis. Marine Geology 56, p.92 – 118



ISBN 978-989-96462-0-9 90000 >



9 789899 646209