



## METODOLOGIA INOVADORA PARA MONITORIZAÇÃO DA EROSÃO COSTEIRA

Paulo Baptista<sup>1</sup>, Telmo Reis Cunha<sup>2</sup>, Cristina Bernades<sup>1</sup>, Cristina Gama<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Geociências & Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM), Universidade de Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal. [renato.baganha@ua.pt](mailto:renato.baganha@ua.pt); [cbernaredes@ua.pt](mailto:cbernaredes@ua.pt).

<sup>2</sup>Instituto de Telecomunicações, Universidade de Aveiro 3810-193 Aveiro, Portugal. [trcunha@ua.pt](mailto:trcunha@ua.pt)

<sup>3</sup>Departamento de Geociências & Centro de Geofísica da Universidade de Évora, Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora. [cgama@uevora.pt](mailto:cgama@uevora.pt).

### 1. Introdução

A erosão costeira e o conseqüente recuo da linha de costa tem-se assumido nas últimas décadas como uma realidade preocupante em diversos sectores litorais de Portugal continental, obrigando frequentemente à realização de intervenções diversas, como são os casos de construção, reparação e manutenção de obras de defesa costeira, de alimentação artificial de praias, e da reconstrução e preservação de cordões dunares. O desenvolvimento de metodologias de monitorização inovadoras, aplicáveis a escalas espaciais da ordem das dezenas de quilómetros, que se caracterizem pela sua eficiência e precisão, a custos relativamente baixos, e que permitam: (i) quantificar volumes sedimentares, (ii) determinar valores de recuo de linha de costa, (iii) avaliar a morfologia da praia sub-aérea e (iv) determinar a granulometria de sedimentos, responde às actuais necessidades de quantificação das variáveis físicas em praias arenosas. No âmbito do projecto INSHORE (*INtegrated System for High Operational RESolution in Shore Monitoring*), foi desenvolvido um sistema de monitorização morfológica da praia emersa. Este sistema visa a monitorização morfológica da praia sub-aérea com o objectivo de gerar modelos digitais de elevação (DEM) em sectores litorais com dezenas de quilómetros. Neste mesmo projecto foi também desenvolvido um sistema de análise textural semi-automático, usando técnicas de processamento de imagem, consistindo no desenvolvimento de um algoritmo que permite a determinação de parâmetros granulométricos a partir de imagens obtidas por uma câmara fotográfica digital.

### 2. Metodologias desenvolvidas no contexto das metodologias actuais

Tradicionalmente, quando se consideram áreas geográficas reduzidas, da ordem do hectare (ha), a que corresponde um segmento de praia com algumas dezenas a centenas de metros de extensão, é utilizado o teodolito ou estação total. Este tipo de levantamento reveste-se de elevada precisão horizontal e vertical no posicionamento de elementos morfológicos do terreno. Contudo, esta metodologia de aquisição de dados é pouco eficiente, com produtividade muito baixa no levantamento de campo, tornando-se, por conseguinte, consideravelmente dispendiosa. Em alternativa, quando se consideram áreas geográficas alargadas, da ordem das centenas ou milhares de hectares, a que correspondem segmentos de praia com dezenas de quilómetros de extensão, as técnicas aerofotogramétricas costumam ser as mais utilizadas. Nestes casos, a precisão no posicionamento de elementos morfológicos do terreno é inferior, dificultando a criação de modelos de elevação do terreno fiáveis. A realização de levantamentos topográficos de elevada precisão em áreas geográficas alargadas, com objectivo de criação de DEMs tem sido conseguida com recurso a modernas técnicas de laser aéreo de varrimento. A aplicação destas técnicas envolve, contudo, custos de execução bastante elevados, os quais são normalmente incompatíveis com a realização de programas regulares de monitorização.

Com base nas constatações acima referidas e tomando como referência as lacunas que actualmente existem nos sistemas de monitorização adaptados a plataformas móveis, foi desenvolvido um protótipo que integra receptores GPS e um distanciómetro laser de elevadas cadência e precisão, permitindo o posicionamento de elementos da superfície do terreno com rigor muito elevado. Ao contrário de outros sistemas de monitorização GPS adaptados a plataformas móveis, neste protótipo o sistema de aquisição de sinal não é montado directamente sobre a carroçaria do veículo mas sim numa estrutura anexa, fixa lateralmente, cuja distância ao solo é medida à cadência do milissegundo. Resulta como vantagem, relativamente a outros sistemas referidos na bibliografia internacional (Lancker et al., 2004, List et al., 2006), a não afectação de variáveis do veículo ou de variáveis associadas à dinâmica do movimento do veículo no terreno (como sejam a pressão dos pneus, a suspensão do veículo, a penetração diferencial dos pneus no solo função da compactação do sedimento ou a inclinação do terreno) à precisão no posicionamento. A precisão final do posicionamento determinado por este sistema é, por conseguinte,



consideravelmente superior à que é obtida em sistemas de posicionamento montados directamente sobre a carroçaria dos veículos, sendo da ordem dos 2 a 3 centímetros, independentemente das variáveis acima referidas.

No que diz respeito à caracterização textural de sedimentos de praias arenosas o método tradicionalmente adoptado é o da peneiração. Este método requer além da recolha de amostras em campo o moroso tratamento das mesmas em laboratório com recurso frequente à secagem individual de cada amostra em estufa e posterior utilização da coluna de peneiros e respectiva pesagem de cada uma das fracções obtidas. Como alternativa começaram a ser desenvolvidos métodos de análise de imagens obtidas por câmaras fotográficas digitais (Rubin, 2004). Frequentemente neste tipo de abordagem a aquisição de imagens no campo é efectuada em ambiente controlado obrigando à utilização de uma caixa escura na qual a câmara fotográfica é posicionada a uma distância pré-definida em relação à superfície do terreno. Esta metodologia revela-se pouco prática principalmente quando se pretende uma amostragem representativa em segmentos litorais com dezenas de quilómetros. No que respeita à determinação granulométrica são frequentemente adoptados métodos correlação com imagens padrão, o que obriga a existência dessas imagens para a calibração granulométrica.

O método desenvolvido no presente projecto consiste na aquisição de imagens à luz natural, considerando apenas uma folha de acetato sobre a qual está definida uma grelha calibrada para determinação da escala de cada sector da imagem. O algoritmo de processamento das imagens digitais consiste na determinação de uma imagem de variação local da tonalidade (i.e., gradiente da imagem) a qual salienta, na maior parte dos casos, os limites dos grãos (pois são as zonas onde a variação da tonalidade é a maior). Seguidamente, é escolhido um ponto interior de cada grão a partir do qual saem 16 linhas rectas (com inclinação  $n \cdot 360/16$ ,  $n=0, \dots, 15$ ) cuja intersecção com zonas de elevada variação de tonalidade é registada (obtendo-se, assim, um conjunto de 16 pontos de intersecção). Destes 16 pontos são escolhidos os 13 pontos que melhor se ajustam a uma elipse cujos parâmetros se extraem por mínimos quadrados a partir desses pontos. Assim, e depois de executados testes de robustez para aumentar a probabilidade de identificação correcta de cada grão, os grãos positivamente identificados ficam caracterizados por uma elipse representativa. O resultado do processamento de cada imagem é um conjunto de elipses coordenadas, cujas dimensões são posteriormente analisadas de forma automática.

### 3. Resultados

As metodologias desenvolvidas foram aplicadas à monitorização integral plurianual do Arco litoral Tróia-Sines, que contempla mais de 60 km de praias arenosas. Pretendeu-se avaliar a robustez e eficiência do sistema e também testar limites de aplicabilidade. Os resultados obtidos permitiram verificar a adequação das metodologias para contexto de monitorização em contexto de macro-escala. O monitorização foi efectuada em 8 dias de trabalho tendo sido gerado o respectivo modelo digital do terreno para todo o Arco litoral bem como definido o padrão granulométrico do Arco. Os resultados foram validados com base em testes efectuado com estação total, relativamente ao sistema monitorização morfológico, e com base na aquisição de amostras de sedimento e respectivo tratamento em laboratório (peneiração), relativamente ao sistema de análise de imagens digitais.

### 4 Conclusões

A metodologia de monitorização desenvolvida demonstrou ser muito adequada à determinação de DEMs de elevada precisão de segmentos de litoral extensos, sendo simultaneamente muito eficiente e pouco dispendiosa. Este processo é complementado com a análise de fotografias digitais de amostras de sedimentos o que vem, também, tornar muito mais eficiente a análise textural dos sedimentos (parâmetro este que é importante na geração de modelos de análise morfodinâmica).

A obtenção de informação quantitativa numa base georreferenciada contribui de forma essencial para que gestores e todos aqueles que exercem actividades no domínio da gestão litoral possam fundamentar decisões com base em dados fiáveis.

### 5. Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (projecto PTDC/AMB/73169/2006). Agradece-se a colaboração de Luís Albardeiro nos trabalhos.

### 6. Referências Bibliográficas



## Morfodinâmica Estuarina e Costeira

Lisboa, LNEC, 3-4 de Fevereiro de 2011

Lancker V., Lanckneus J., Hearn S., Hoekstra P., Levoy F., Miles J., Moerkerke G., Monfort O., Whitehouse R. 2004. "Coastal and nearshore morphology, bedforms and sediment transport pathways at Teignmouth (UK)". *Continental Shelf Research* 24: 1171–1202.

List, J.H., Farris, A.S., and Sullivan, C. 2006 . "Reversing storm hotspots on sandy beaches: Spatial and temporal characteristics". *Marine Geology*, 226: 261–279.

Rubin D. M. 2004 , "A simple autocorrelation algorithm for determining the grain size from digital images of sediment". *Journal of Sedimentary Research*, 74 (1): 160-165.