

Avaliação da susceptibilidade a movimentos de massa nas arribas costeiras entre S. Pedro de Moel e a Praia da Polvoeira

Analysis of the mass movement's susceptibility in the coastal cliffs between S. Pedro de Moel and Polvoeira Beach

A. O. TAVARES – atavares@ci.uc.pt (Universidade de Coimbra, Departamento de Ciências da Terra e CES)

L. V. DUARTE – lduarte@det.uc.pt (Universidade de Coimbra, Departamento de Ciências da Terra e IMAR)

C. DUARTE – clarabd@clix.pt (Universidade Coimbra, Departamento de Ciências da Terra)

RESUMO: Foram analisados os factores intrínsecos dos movimentos de massa das arribas entre S. Pedro de Moel e a Praia da Polvoeira (a sul), num total de 5km de extensão da orla costeira. Estabeleceram-se 91 troços de análise onde condicionantes litológicas, estruturais, morfométricas e de coberto vegetal permitiram definir uma cartografia de graus de susceptibilidade à instabilidade. A análise individualizou 35 troços como muito elevada susceptibilidade a movimentos de massa sob a forma de quedas de blocos, desprendimentos, deslizamentos translacionais e rotacionais.

PALAVRAS-CHAVE: arribas, factores condicionantes, susceptibilidade, movimentos de massa.

ABSTRACT: It was analyzed the intrinsic factors associated with mass movements of the cliffs between S. Pedro de Moel and Polvoeira Beach (south), a total of 5 km long coastline. To this propose it was settled 91 sections of analysis where lithologic, structural, morphometric and vegetation cover characteristics were mapped which allowed a classification of degrees of susceptibility to instability. The analysis defined 35 sections with a very high susceptibility of mass movements in the form of rock falls, topples, translational and rotational slides.

KEYWORDS: cliffs, conditioning factors, susceptibility, mass movements.

1. INTRODUÇÃO

A orla costeira ocidental portuguesa apresenta inúmeros pontos críticos relacionados com a instabilidade das suas arribas (Marques, 2008). Um dos sectores em que estão assinalados movimentos de instabilidade sob a forma activa ou latente é o localizado entre a Praia Velha, em S. Pedro de Moel, e a Praia da Polvoeira, a sul (Dias *et al*, 1994; DRAOTC, 2002; Lopes, 2003; Duarte, 2007), nos concelhos de Marinha Grande e Alcobaça.

O troço em análise mostra 3 compartimentos morfologicamente distintos: arriba com elevada abrasão marinha entre a Praia Velha e S. Pedro de Moel, recortada pelas enseadas das praias da Concha e do Farol; as praias de S. Pedro de Moel e de Água de Madeiros, ligadas por um cordão longilitoral com arribas suaves; e o sector entre Água de Madeiros e a Praia da Polvoeira, em que o cordão longilitoral de praia é limitado por arribas com altura e declive pronunciados. O enquadramento geológico das arribas é representado pelas unidades litostratigráficas do Sinemuriano–Toarciano da Bacia Lusitânica (Duarte & Soares, 2002; Duarte *et al.*, 2008), envolvendo volumes carbonatados das formações de Coimbra, Água de Madeiros, Vale das

Fontes, Lemed e S. Gião, bem como volumes detríticos plio-quadernários (Zbyszewski & Assunção, 1965).

A relevância da análise da instabilidade associada às arribas calcárias costeiras neste troço está materializada pelo histórico de movimentos de massa que tem alterado a morfologia costeira com o deslizamento ou desprendimento de elevados volumes rochosos com incidência no património geológico e paisagístico, nas condições de acesso, circulação e permanência nas arribas e no areal das enseadas e cordão longilitoral, mas mais recentemente afectando o espaço urbano construído e as infra-estruturas em S. Pedro de Moel, Água de Madeiros e Pedra do Ouro.

Com este trabalho identificam-se e classificam-se os factores litológicos, estruturais, morfométricos e de coberto vegetal determinantes na instabilidade das arribas (Del Rio & Gracia, 2009). Com base no histórico da instabilidade e no levantamento da actividade dos movimentos produz-se uma cartografia de susceptibilidade e identifica-se a tipologia dos movimentos de massa activos ou latentes presentes.

2. METODOLOGIA

Para caracterização dos factores litológicos, estruturais, morfométricos e de coberto vegetal condicionantes da instabilidade foram realizados levantamentos de campo detalhados nos anos de 2006 e 2007. Com base na morfologia da margem costeira foram estabelecidos, para o total de 5km de extensão, 91 troços de análise (Duarte, 2007). Identificaram-se as diferentes unidades litostratigráficas representadas, que permitiram identificar dois enquadramentos distintos: (i) arribas coesivas e (ii) arribas não coesivas ou sistemas praia/duna. Foi ainda efectuado o levantamento e projecção cartográfica dos principais alinhamentos estruturais e famílias de fracturação. Para cada troço foi avaliado (1) a largura do cordão longilitoral de praia, (2) a altura, (3) a inclinação da arriba e (4) a existência de protecção de sopé. Utilizando a metodologia de Ferrer e Vallejo. (1999) foi ainda calculado para cada troço das arribas coesivas (5) a inclinação média da estratificação, (6) densidade de fracturação, (7) a espessura média das camadas, (8) o espaçamento e (9) a abertura das diaclases, e (10) o grau de alteração; para as arribas não coesivas foi ainda avaliado (11) a densidade do coberto vegetal.

Uma metodologia de base heurística, recorrendo ao software ArcGIS 9.1 (ESRI®), foi utilizada no somatório dos 11 parâmetros na instabilidade, organizados em classes de incidência, e ponderados duplamente no caso da natureza lítica, protecção de sopé, largura do cordão de praia e coberto vegetal, o que determinou classes com graus distintos de susceptibilidade à instabilidade relacionada com os movimentos de massa. A cartografia obtida foi validada utilizando os registos de movimentos em estado activo no sector em análise, utilizando a ferramenta ModelBuilderTM (ArcGIS-ESRI®) (Jiménez_Perálvarez *et al.*, 2009) para cálculo do grau de ajustamento (DF). Utilizando a tipologia descrita em WP/WLI-UNESCO (1993) e a representação de Fall & Noubactep (2006) foram classificados os movimentos de massa por cada troço em análise, com características de actividade em progresso ou latentes.

3. RESULTADOS E CONCLUSÕES

O levantamento de campo fez ressaltar que, do total dos 91 troços em análise, 16 representavam arribas não coesivas ou sistemas praia/duna e 75 representavam arribas coesivas. O somatório e ponderação dos 11 factores reconhecidos, permitiu definir 3 classes qualitativas de susceptibilidade para as arribas não coesivas ou sistemas praia/duna e 4 classes para as arribas coesivas de acordo com os dados da Tabela 1. O grau de susceptibilidade observado em cada troço, apresentado na Figura 1, mostra uma maior incidência a norte de S. Pedro de Moel e entre as praias de Água de Madeiros e a Pedra do Ouro. O reconhecimento dos processos de instabilidade sob a forma activa ou latente, permitiu individualizar quedas de blocos, desprendimentos, deslizamentos translacionais e deslizamentos rotacionais superficiais. Na Tabela 2 aparece representada a tipologia dos movimentos de massa característica para cada um

dos troços considerados, tendo-se assumido o dominante, em termos volumétricos, existindo contudo 8 troços em que não foi possível assumir esta classificação. A validação da carta de susceptibilidade, através do reconhecimento dos movimentos de instabilidade activos, permitiu obter um grau de ajustamento de 0,77 (DF) para as áreas com elevada e muito elevada instabilidade.

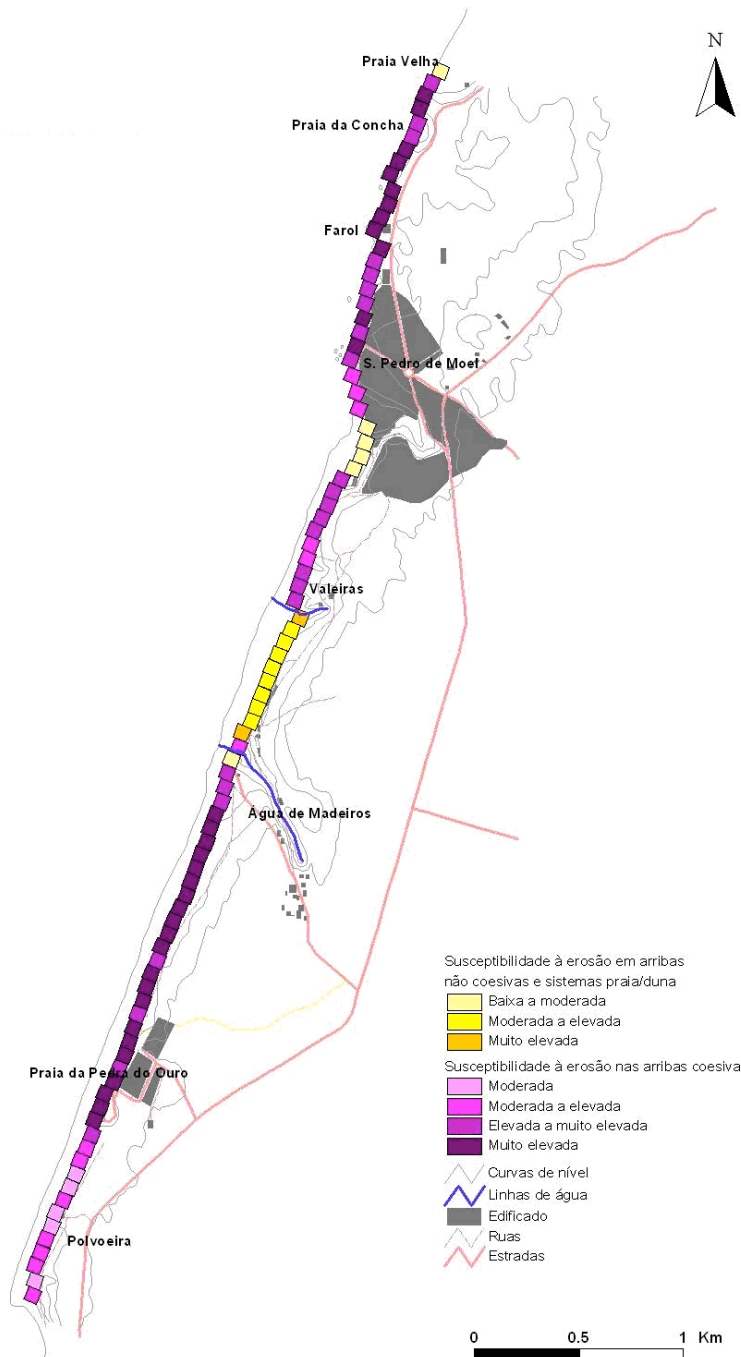


Tabela 1 – Troços de susceptibilidade

Susceptibilidade das arribas não coesivas e sistemas praia/duna	Nº de troços
Baixa a moderada	6
Moderada a elevada	8
Muito elevada	2

Susceptibilidade das arribas coesivas	Nº de troços
Moderada	5
Moderada a elevada	13
Elevada a muito elevada	24
Muito elevada	33

Figura 1 – Grau de susceptibilidade à instabilidade

A avaliação da distribuição dos movimentos faz ressaltar a associação dos movimentos translacionais aos termos líticos da Formação de Coimbra, os movimentos rotacionais à Formação de Vale das Fontes, bem como os desprendimentos à inclinação e altura das arribas

em S. Pedro de Moel e a norte, assim como a sul da Praia da Pedra do Ouro. As arribas não coesivas apresentam localmente cicatrizes de desligamento de movimentos de desprendimento latentes.

Tabela 2 – Representação da tipologia dos movimentos de massa activos ou latentes

Tipologia do movimento de massa dominante	Nº de troços
Quedas de blocos	11
Desprendimentos	15
Deslizamentos translacionais	16
Deslizamentos rotacionais	6
Compósitos	8

Os dados agora apresentados demonstram a elevada susceptibilidade relacionada com movimentos de massa na faixa costeira entre as praias Velha e da Polvoeira, nomeadamente afectando as arribas calcárias, indiciando a instabilidade potencial a partir de movimentos activos ou na forma latente. Este trabalho demonstra a necessidade da implementação de medidas de estabilização em algumas arribas, nomeadamente em contexto urbano, de adopção de medidas de prevenção e redução do risco através da monitorização de alguns troços com movimentos activos, a protecção para com projecções de blocos ou desprendimentos localizados, o aviso e alerta na circulação e permanência na crista ou na base das arribas.

Referências

- Del Rio, L. & Garcia, F. (2009) - Erosion risk assessment of active coastal cliffs in temperate environments, *Geomorphology*, 112, 82-95.
- Dias, J. A.; Ferreira, O. & Pereira, A. R. (1994) - *Estudo sintético de diagnóstico da geomorfologia e da dinâmica sedimentar dos troços costeiros entre Espinho e Nazaré*. Instituto de Conservação da Natureza, Lisboa, 96p.
- DRAOTC (2002) - *Carta verde do Litoral Centro*. Direcção Regional do Ambiente e Ordenamento do Território Centro, NEMUS, 2ª Edição, Lisboa, 59 p.
- Duarte, C. (2007) - *As Arribas Calcárias de S. Pedro de Moel. Importância da Geologia na Valorização do Território*. Diss. Mestrado, Fac. Ciências e Tecn. Univ. de Coimbra, 157 p.
- Duarte, L. V., Silva, R. L., Duarte, C. B., Azerêdo, A. C. & Comas-Rengifo, M. J. (2008) - Litostratigrafia do Jurássico Inferior da região de S. Pedro de Moel (Bacia Lusitânica). In Callapez et al (eds) - *A Terra, Conflitos e Ordem. Homenagem ao Professor Ferreira Soares*, MMGUC, Coimbra, 175-185.
- Duarte, L. V. & Soares, A. (2002) - Litostratigrafia das séries margo-calcárias do Jurássico inferior da Bacia Lusitânica (Portugal). *Comunicações Inst. Geol. e Mineiro*, 89, 115-134.
- Fall, M. & Noubactep, C. (2006) - A multi-methods study of the stability of natural slopes and landslide susceptibility mapping, *Int J Eng Geol*, 82(4), 241-263.
- Ferrer, M. & Vallejo, L. (1999) - *Manuel de campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos*. Inst. Tecn. GeoMinero España, Ministerio del Medio Ambiente, Madrid, 81 p.
- Jiménez-Perálvarez, J.; Irigaray, C.; El Hamdouni, R. & Chacón, J. (2009) - Building models for automatic landslide-susceptibility analysis, mapping and validation in ArcGIS, *Nat Hazards*, 50, 571-590.
- Lopes, A. (2003) - *O Litoral da Região Centro de Portugal. Um caso preocupante de risco e perda de território*. Ministérios das Cidades, Orden. do Território e do Ambiente, Lisboa 38 p. + 8 anexos.
- Marques, F. (2008) - Magnitude-frequency of sea cliff instability, *Natural Hazards and Earth System Science*, 8, 1171-1171.
- WP/WLI-UNESCO (1993) - *Multilingual landslide glossary*. International Geotechnical Societies, Canadian Geotechnical Society, Richmond: BiTech, 59p.
- Zbyszewski, G. & Assunção, C. (1965) - *Notícia explicativa da Folha 22-D (Marinha Grande) da Carta Geológica de Portugal na escala 1/50000*, Serv. Geológicos de Portugal, Lisboa, 45 p.