

EVENTOS EXTREMOS DESENCADEANTES DE MOVIMENTOS DE MASSA NAS ARRIBAS DO ALGARVE CENTRAL (PORTUGAL)

Sebastião BRAZ TEIXEIRA¹

1. Agência Portuguesa do Ambiente/ARH Algarve, Rua do Alportel 10, Faro, sebastiao.teixeira@apambiente.pt

RESUMO

Os movimentos de massa em arribas constituem elementos de risco para pessoas e bens. Aqui apresentam-se os resultados dos registos de movimentos de massa dos últimos 18 anos (2001-2019) nas arribas da costa do Barlavento do Algarve, onde se verificam, em média 20 desmoronamentos por ano, distribuídos numa frente de mar de 46km. Dois eventos mesológicos extremos (precipitação intensa e agitação marítima), com período de retorno superior a 20 anos, foram os fatores desencadeantes de excepcional número de ocorrências de movimentos de massa concentrados num só dia (7, no caso da precipitação e 9, no caso da agitação marítima), ultrapassando largamente o padrão de distribuição diário das rupturas.

Palavras-Chave: arribas; movimentos de massa; eventos extremos; risco.

1. INTRODUÇÃO

A morosidade e o investimento temporal que implica a obtenção de inventários contínuos de movimentos de massa, só têm permitido análises com elementos descontínuos no tempo. Tipicamente a investigação assenta em dados baseados na análise comparativa de fotografia aérea (Marques, 2006) e mais recentemente na análise de levantamentos topográficos com recurso a equipamento lidar/scanner (Letortu *et al.*, 2015). A descontinuidade temporal inerente aos inventários resultantes não possibilita o estabelecimento de relações causa-efeito entre os mecanismos desencadeantes diretos e os movimentos de massa. Apesar destas limitações, a generalidade da bibliografia aponta para a agitação marítima como o principal agente de degradação das arribas, (Budetta *et al.*, 2000), embora a precipitação surja como fator desencadeante igualmente importante. A relação entre movimentos de massa e picos de agitação e/ou precipitação é muito pouco conhecida, embora os eventos de maior energia, de carácter excepcional sejam normalmente descritos como fatores importantes, seja do ponto de vista de eventos extremos de precipitação (Colantoni *et al.*, 2004) seja de picos de ondulação de maior intensidade (Katz & Mushkin, 2013). O presente estudo versa sobre o efeito dos fenómenos extremos como fatores desencadeantes de movimentos de massa nas arribas rochosas do litoral central do Algarve, entre Porto de Mós e Olhos d'Água, cortadas em calcarenitos do Miocénico (fig.1).

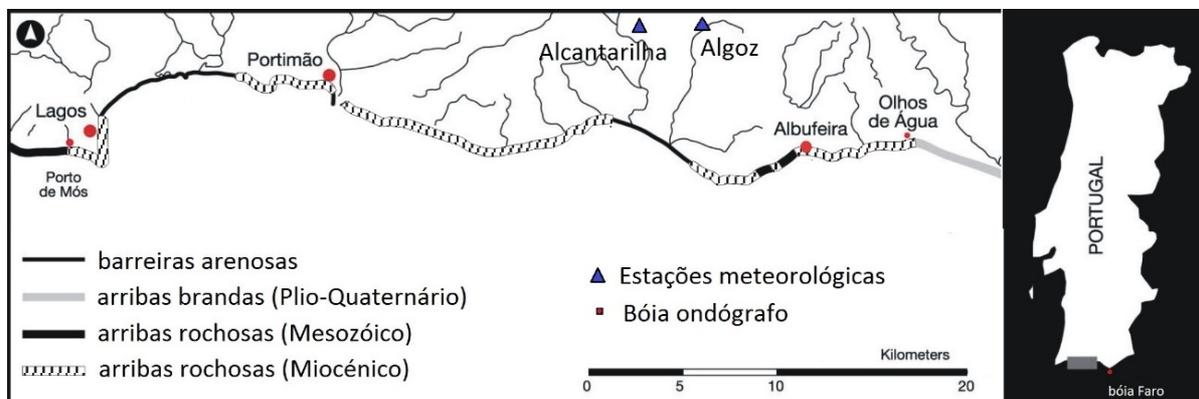


Figura 1- Localização da área de estudo, dos pontos de obtenção dos registos de precipitação – Algoz (SNIRH) e Alcantarilha (Direção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve) e da bóia ondógrafo de Faro Costeira (Instituto Hidrográfico).

2. ENQUADRAMENTO CLIMÁTICO

A costa sul do Algarve apresenta clima mediterrânico típico com verões quentes e invernos amenos e húmidos. A precipitação anual média ronda 500-600mm, concentrada no semestre húmido (outubro-março). O clima de agitação marítima é moderado com altura significativa (Hs) média anual de 1m (Costa *et al.*, 2001). Da série de dados registados na bóia de Faro, entre 1986 e 2015, com 81% de registos válidos, verifica-se que, em média, ocorrem anualmente sete episódios de temporal ($H_s \geq 2.5m$, com duração mínima de 6h). A duração máxima do temporal registado nesse período foi de 5.2 dias (Oliveira *et al.*, 2018).

3. MÉTODOS

A autoridade de gestão costeira do Algarve (a Agência Portuguesa do Ambiente e as entidades que a antecederam) iniciou a observação e o registo de movimentos de massa em 1995. Numa primeira fase, os registos resultaram sobretudo das denúncias das autoridades e utilizadores da zona costeira. Complementarmente, a observação das arribas era feita em saídas de campo de rotina ou específicas após a ocorrência de tempestades no mar ou de forte precipitação. A partir de 2001, o inventário passou a ser realizado de forma rotineira e sistemática com o auxílio de observação e fotografia feita a bordo de embarcação ao longo da costa e a bordo de aeronave em voos periódicos, por forma a registar integralmente todo o troço costeiro, correspondente a frente de mar de 46km de arribas. Este programa de observação com 18 anos de execução permitiu a identificação de 357 movimentos de massa, dos quais 55% estão datados do dia e 91% estão datados do mês da ocorrência.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados anteriores têm vindo a confirmar que 75-80% dos movimentos de massa ocorrem até 5 dias após a ocorrência de ondulação de tempestade ($H_s \geq 2.5m$) ou precipitação diária igual ou superior a 10mm. (Teixeira, 2003; 2014). A maior parte (90%) dos movimentos de massa registados são episódios singulares, ocorrendo isoladamente num dia. Apenas 5% dos movimentos ocorrem aos pares no mesmo dia. Os restantes 5% do conjunto de movimentos datados ocorrem em conjunto num mesmo dia. A máxima concentração de movimentos no mesmo dia é de 4. Este padrão de distribuição foi alterado por duas vezes nos últimos 18 anos: no dia 1 de novembro de 2015, quando foram registados 7 movimentos de massa e no dia 1 de março de 2018 quando ocorreram 9 movimentos. O primeiro coincide com a ocorrência de intensa precipitação (precipitação diária de 126mm, fig. 2B) e o segundo durante o pico de ocorrência da tempestade Emma (fig. 2A), com rumo de WSW, quando foi registado valor máximo de altura significativa média horária de 5.9m, em condições de preia-mar de águas vivas equinociais.

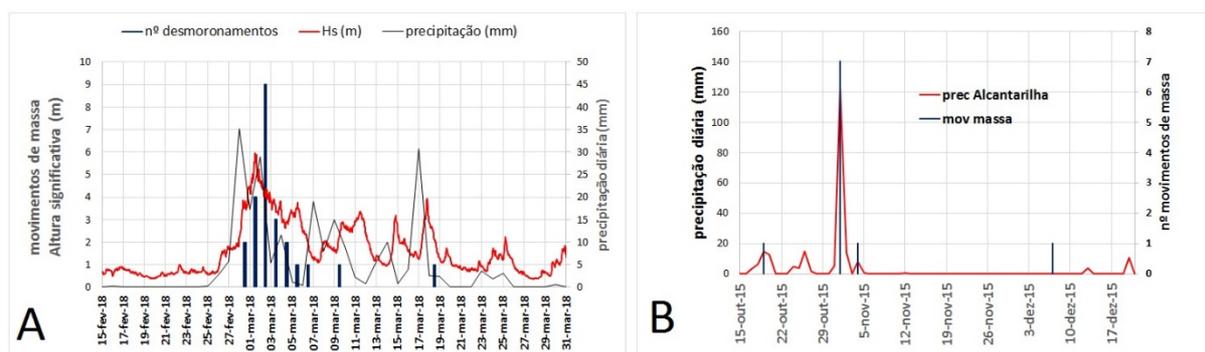


Figura 2 - Eventos extremos. A) Altura significativa (média horária) registada na bóia ondógrafo de Faro entre 15 fevereiro e 31 março de 2018, nº de movimentos de massa registados e precipitação diária registada na estação de Alcantarilha. B) Precipitação diária registada na estação de Alcantarilha, entre 15 outubro de 2015 e 31 dezembro de 2015 e nº de movimentos de massa registados.

A figura 3A mostra a variabilidade anual do registo dos movimentos de massa nos últimos 18 anos. Em média, são registados anualmente 20 movimentos de massa (variando entre 6 e 52), afetando frente de mar média de 150m (variando entre 50m e 352m). A figura 2B ilustra a variação mensal dos movimentos registados na série de

análise, sendo notória a identificação de dois picos destacados, em março de 2010 e março de 2018. O primeiro refere-se ao mês em que foram registados 3 dias de ondulação de tempestade ($H_s \geq 2.5m$) e o segundo, mais expressivo, coincide com a incidência de uma sequência de três tempestades registadas na bóia ondógrafo de Faro (fig.2A): Emma (28 fevereiro-6março 2018); Giselle (9-11 março) e Félix (17-18março), em que os valores médios horários máximos da altura significativa registados na bóia de Faro, atingiram, respetivamente, 5.9m, 3.4m e 4.0m.

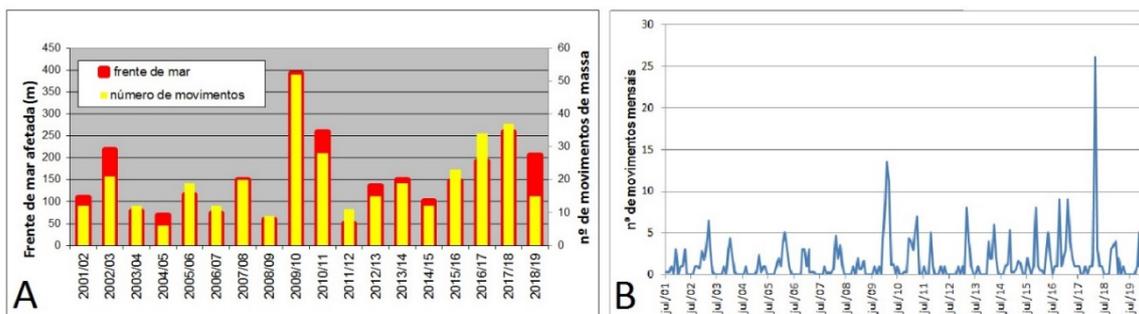


Figura 3 - A) Variação anual, entre 2001/02 e 2018/19, do número de movimentos de massa e frente de mar afetada nas arribas da costa do Algarve central (ano decorre entre julho e junho). B) Variação mensal dos movimentos de massa registados entre julho de 2001 e dezembro de 2019.

A figura 4 ilustra a distribuição do período de retorno da precipitação diária registada nas estações de Algoz (1979-2005) e Alcantarilha (2006-2019), sendo claro que o evento de 1 de Novembro de 2015 corresponde a ocorrência excecional, a maior registada desde 1979. A distribuição espacial dos movimentos registados na sequência do episódio de novembro de 2015 (fig. 5) mostra a concentração das ocorrências no concelho de Albufeira, coincidindo com a concentração da precipitação (fig. 4B). Na frente de mar afetada, este episódio foi responsável por 5 movimentos de massa por cada 10km.

Relativamente à tempestade Emma, a distribuição espacial da ocorrência dos movimentos de massa é mais abrangente, com registos deste Portimão a Albufeira (fig.5). Na frente de mar afetada, esta tempestade foi responsável por 5 movimentos por cada 10km, tal como no anterior episódio de precipitação extrema. De acordo com a avaliação de **Ferreira et al. (2018)**, as condições de agitação marítima associadas à tempestade Emma configura período de retorno de 16 anos. Relativamente à duração da tempestade (5.8 dias com $H_s \geq 2.5m$), o evento excedeu o máximo registado entre 1988 e 2015 (5.2 dias), o que permite concluir que o período de retorno é seguramente superior a 20 anos.

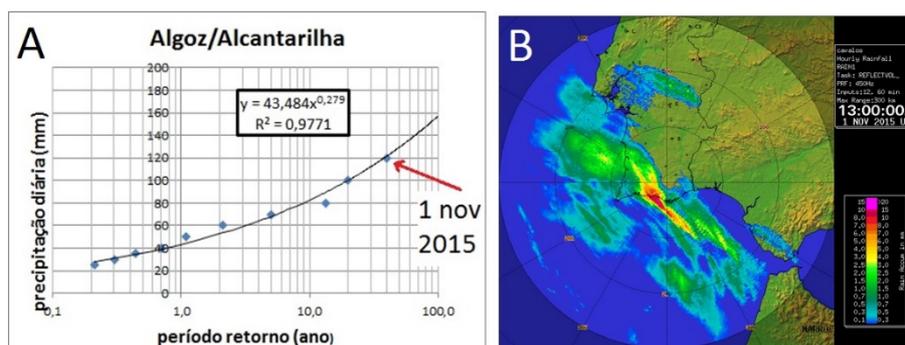


Figura 4 – A) Distribuição do período de retorno da precipitação diária nos últimos 40 anos (1979-2019) baseado nos registos das estações meteorológicas de Algoz (1979-2005, dados acedidos em SNIRH) e Alcantarilha (2006-2019, dados acedidos em DRAPAlgarve). B) Imagem de radar acedida em IPMA no dia 1 novembro 2015).

5. CONCLUSÕES

O registo contínuo de movimentos de massa, mantido para as arribas do Algarve central há quase duas décadas, permitiu concluir sobre a relação entre a frequência e distribuição espacial dos movimentos de massa nas arribas e os eventos mesológicos extremos que funcionam como fatores desencadeantes. A ocorrência de concentração

de movimentos de massa num mesmo dia corresponde a episódios excepcionais e nos dois casos descritos está associada a episódios mesológicos extremos, com períodos de retorno superiores a 20 anos, seja de intensidade da precipitação diária, seja da duração e elevada altura significativa da ondulação em marés de águas vivas. Nestas condições a distribuição espacial dos movimentos de massa podem atingir concentrações de 5 ocorrências diárias por cada 10km de frente de mar.

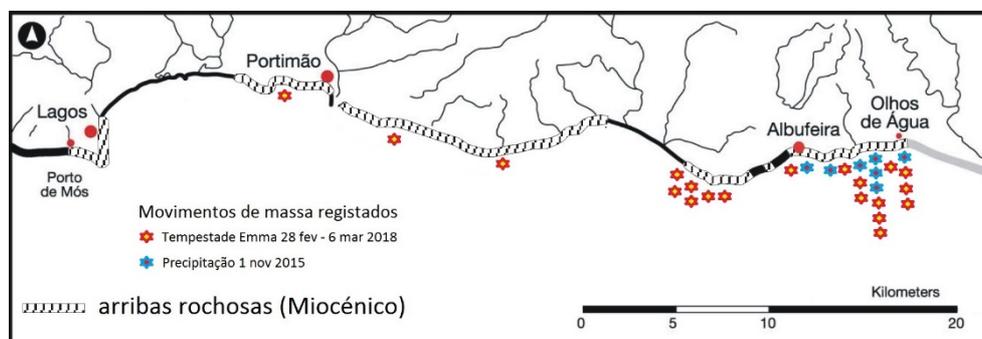


Figura 5 - Localização dos movimentos de massa registados nos eventos mesológicos extremos verificados no dia 1 Novembro 2015 e durante a permanência da tempestade Emma (28 fevereiro- 6 março 2018).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Budetta, P., Gaietta, G., Santo, A., 2000. A methodology for the study of the relation between coastal cliff erosion and the mechanical strength of soils and rock masses. *Eng. Geol.* 56, 243-256.
- Colantoni, P., Mencucci, D., Nescib, O. (2004) Coastal processes and cliff recession between Gabicce and Pesaro (northern Adriatic Sea): a case history. *Geomorphology* 62, 257-268.
- Costa, M., Silva, R., Vitorino, J., 2001. Contribuição para o estudo do clima de agitação marítima na costa portuguesa. *Com. 2ª Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária*. Associação Nacional de Navegação. Sines. CD-ROM, 20p.
- Ferreira Ó, Plomaritis, T.A., Costas, S. (2018) Effectiveness assessment of risk reduction measures at coastal areas using a decision support system: Findings from Emma storm. *Science Total Environment*. 657, 124-135.
- Katz, O. & Mushkin, A. (2013) Characteristics of sea-cliff erosion induced by a strong winter storm in the eastern Mediterranean. *Quaternary Research* 80:20-32.
- Letortu, P., Costa S., Maquaire, O., Delacourt, C., Augereau, E, Davidson, R., Suanez, S. Nabucet, J. (2015) Retreat rates, modalities and agents responsible for erosion along the coastal chalk cliffs of Upper Normandy: The contribution of terrestrial laser scanning. *Geomorphology* 245, 3-14
- Marques F. M. S. F. (2006) A simple method for the measurement of cliff retreat from aerial photographs. *Zeitschrift für Geomorphologie – Supplementbände*, 144, 39–59.
- Oliveira, T. A. C., Neves, M. G., Fidalgo, R., Esteves, R. (2018) Variability of wave parameters and Hmax/Hs relationship under storm conditions offshore the Portuguese continental coast. *Ocean Engineering* 153, 10-22.
- Teixeira S. B. (2003) A actividade dos agentes mesológicos e os movimentos de massa nas arribas em Miocénico do Algarve (Portugal). *Com. VI Cong Nac. Geol. Ciências da Terra (UNL)*, Lisboa, nº esp. V, CD-ROM, pp. L61-64.
- Teixeira, S. B. (2014) Coastal hazards from slope mass movements: Analysis and management approach on the Barlavento Coast, Algarve, Portugal. *Ocean & Coastal Management* 102, 285-293.

REFERÊNCIAS INTERNET

- Agência Portuguesa do Ambiente. Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) disponível em <http://www.snirh.ambiente.pt>.
- Direção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve. Estações meteorológicas automáticas. Disponível em <http://www.drapalg.min-agricultura.pt>.

15º Congresso da Água

Instituto Hidrográfico – Bóia ondógrafo de Faro Costeira. Disponível em <http://www.hidrografico.pt/boias-ondografo.php>.

Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA). Daily weather forecast. www page, <http://www.ipma.pt>.