

Cartografia morfo-estrutural e de processos de instabilidade de vertente da zona da falha Marquês de Pombal utilizando imagens de sonar lateral de alta resolução (TOBI)

E. Grácia^(a,1), J. Gafeira^(b,2), P. Terrinha^(c,3), J. J. Dañobeitia^(a,4), P. Blondel^(d,5)
& O. Gomez^(d,6)

a – Centre Mediterrani d'Investigacions Marines i Ambientals, Passeig Marítim de la Barceloneta, 37-49 – 08003 Barcelona, Espanha

b - Instituto Geológico e Mineiro, Departamento de Geologia Marinha, Estrada da Portela, Zambujal, 2721-866 Amadora, Portugal

c – Lab. De Tectonofísica e Tectónica Experimental (LATTEX), Campo Grande, Ed. C5, 1749-016 Lisboa, Portugal

d – University of Bath, Dpt. of Physics, Claverton Down, BA2 7AY Bath, Inglaterra

1 - egracia@utm.csic.es; 2 - joana.gafeira@igm.pt; 3 – pterrinha@fc.ul.pt; 4 - jjdanobeitia@ija.csic.es; 5 – P.Blondel@bath.ac.uk

6 – O.M.Gomez@bath.ac.uk

RESUMO

Palavras-chave: falha Marquês de Pombal; TOBI; instabilidade de vertente.

A interpretação das imagens obtidas com o sonar lateral de fundo TOBI, durante a campanha HITS'01 (High Resolution Imaging of Tsunamigenic Structures in SW Ibéria), confirmou a existência de um escorregamento de grandes dimensões ao longo da vertente a tecto da FMP, afectando uma área total de aproximadamente 260 km², atingindo um comprimento de 20 km. Contudo, este escorregamento não é a única estrutura resultante de instabilidade da vertente. Toda a área circundante apresenta várias estruturas de instabilidade gravítica: podem identificar-se desde pequenos deslocamentos por reptação, formando corrugações lineares sobre o fundo do mar (slumps) até escorregamentos de dimensões médias. Podem distinguir-se blocos métricos a quilométricos de material, destacados do topo da vertente, o que indica a ocorrência de escorregamentos em prancha. Individualizam-se também sucessivos escorregamentos de material na vertente, assim como a evolução de estruturas de reptação para escorregamentos e a sequência cronológica entre estes tipos de estruturas. Podem definir-se ainda zonas em que o processo de escorregamento é diferente, provavelmente controlado por diferenças de declive, tais como desenvolvimento de dobras e reptação do material em zonas de declive menor, e outras, de maior declive em que se regista o desenvolvimento de fendas de tracção quilométricas que darão origem a um bloco único que eventualmente virá a escorregar como um todo. A cartografia de pormenor em curso revela uma correspondência entre a estrutura tectónica profunda e a distribuição e tipologia das estruturas de instabilidade de vertente na área de estudo, o que sugere que estas últimas possam eventualmente evidenciar a localização dos segmentos de actividade mais recente da FMP.

Introdução

A margem Sudoeste Portuguesa apresenta um registo sísmico de intensidade moderado, marcado por eventos pontuais de intensidade elevada como o sismo que devastou Lisboa no dia 1 de Novembro de 1755. Zitellini *et al.* (1999) indicam a Falha Marquês de Pombal (FMP), situada a leste do Banco de Gorringe, como a estrutura geradora do sismo de 1755.

A FMP foi caracterizada geometricamente em maior pormenor posteriormente, graças à realização do projecto BIGSETS (Big Source for Earthquake and Tsunami Structures) em 1998, durante cuja campanha se adquiriram 19 perfis de reflexão sísmica multicanal numa área cobrindo a metade oriental do Banco do Gorringe e a margem continental portuguesa até ao paralelo de Sines, aproximadamente. Foram entretanto, publicados ou encontram-se em vias de publicação, três artigos que sintetizam os dados adquiridos até 2000: sísmica de reflexão multicanal da área (Zitellini *et al.*, *in press*); sísmica monocanal de media resolução, sonar lateral de baixa resolução (OKEAN) e alta resolução (ORE-Tech) (Terrinha *et al.*, 2003) e batimetria multi-feixe de alta resolução (Grácia *et al.*, 2003).

A localização e orientação da estrutura da FMP é compatível com a localização proposta por Baptista *et al.* (1998) da área fonte do tsunami de 1º de Novembro de 1755.

Em 2000 as imagens obtidas pelo o sonar lateral OKEAN, durante a campanha TTR10 (Training Through Research, 10th), puseram em evidência a presença de escorregamentos de grandes dimensões associados à escarpa da FMP (Terrinha *et al.*, 2003), o que levanta a suspeita de que estes processos de instabilidade de vertente poderem ser induzidos pelos eventos de libertação de energia da falha.

Métodos e dados

A área coberta durante a campanha HITS'01 (High Resolution Imaging of Tsunamigenic Structures in SW Iberia) de 2 a 24 de Setembro de 2001, corresponde a uma área total de 3300 km², sobre a estrutura da FMP e de 2200km² sobre o canhão de São Vicente.

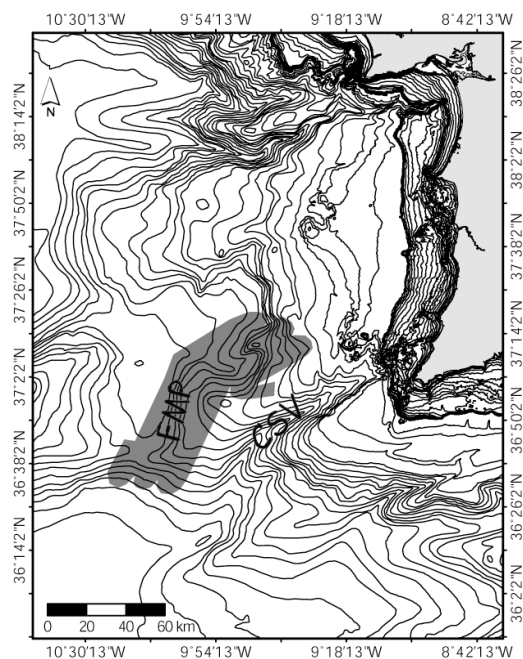


Figura 1 – Localização da área coberta (a sombreada) pelo sonar lateral TOBI, durante a campanha HITS. FMP- Falha Marquês de Pombal e CSV- Canhão S. Vicente.

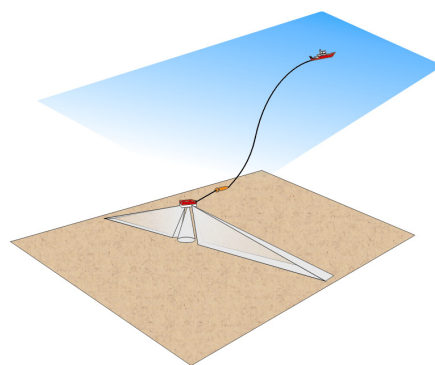


Figura 2 – Esquema ilustrativo do funcionamento do sonar lateral TOBI.

A área cartografada relativa à estrutura da FMP encontra-se enquadrada entre 37°20' N – 36°10' N e 10°30' W – 9°30' W (Fig. 1). Utilizaram-se o sonar lateral de fundo - sistema TOBI (Towed Ocean Bottom Instrument) – o sistema de sísmica de reflexão de alta resolução – TOPAS - e, ainda a sonda EM2 de batimetria multifeixe de alta resolução. Desta forma obtiveram-se dados de elevada resolução e qualidade sobre a morfologia e os processos de instabilidade de vertente que ocorreram recentemente na área de estudo, fundamentais para o estudo da sismotectónica e prevenção de perigosidade sísmica e tsunâmica.

O sonar TOBI, desenvolvido pelo SOC (Southampton Oceanography Centre), opera a uma altitude de 200-400 metros do fundo até profundidades de 5000 metros, utilizando uma frequência de 30 kHz e uma faixa de varrimento de 6 km com resolução padrão de 6m e de 3m para áreas específicas após processamento pós-cruzeiro. A sobreposição entre faixas adjacentes é aproximadamente entre 1 e 0.5km e a navegação efectuada à média de 2.5nós. A interpretação da imagem de sonar é feita tendo em consideração a intensidade do *backscatter* (intensidade do retorno do sinal acústico ou retrodispersão) observada e o conhecimento prévio da batimetria da área de estudo.

Resultados

A interpretação das imagens obtidas com TOBI confirmou a existência de um escorregamento de grandes dimensões ao longo da vertente a tecto da FMP, afectando uma área total de aproximadamente 260km² e com um comprimento total atingindo os 20km. Este escorregamento bifurca em dois braços principais tal como indicava a interpretação realizada a partir das imagens obtidas com OKEAN durante o TTR-10 (Terrinha *et al.*, 2003). Esta bifurcação deve-se a uma elevação topográfica existente na zona média da vertente. O braço meridional contorna a elevação mas ao atingir a base da vertente, em vez de formar um leque deposicional, descreve uma curvatura de 90° para norte, na direcção do actual depocentro na base da escarpa. Pode ainda ver-se em pormenor como este escorregamento maior é, na realidade definido pela sobreposição de cicatrizes de escorregamentos menores, de cabeceira e laterais, cujas relações de corte mostram a repetição de eventos no tempo e, ainda pelas as zonas de acumulação do material escorregado, quer na parte terminal da vertente quer na base da mesma, com geometria em tudo semelhantes às que se observam nos processos de avalanche sub-aéreas.

Contudo, este escorregamento de grandes dimensões não é a única estrutura resultante de instabilidade da vertente. Toda a área circundante apresenta várias estruturas de instabilidade gravítica: podem identificar-se desde pequenos deslocamentos por reptação, formando corrugações lineares sobre o fundo do mar (slumps) até escorregamentos de dimensões médias.

Porém, com os novos dados TOBI, podem distinguir-se blocos métricos a quilométricos de material, destacados do topo da vertente, o que indica a ocorrência de escorregamentos em prancha. Estes blocos, em posição instável constituem, provavelmente uma réplica doutros já deslizados anteriormente para a planície abissal. Os perfis de alta resolução sísmica TOPAS realizados durante este cruzeiro, permitiram individualizar em sobreposição vertical

imagens de deslizamentos antigos sobrepostos. A análise das imagens TOBI, permite também a individualização de sucessivos escorregamentos de material na vertente, assim como a evolução de estruturas de reptação para escorregamentos e a sequência cronológica entre estes tipos de estruturas. Podem definir-se ainda zonas em que o processo de escorregamento é diferente, provavelmente controlado por diferenças de declive, tais como desenvolvimento de dobras e reptação do material em zonas de declive menor, e outras, de maior declive em que se regista o desenvolvimento de fendas de tracção quilométricas que darão origem a um bloco único que eventualmente virá a escorregar como um todo.

Os dados de sonar TOBI, vieram ainda ratificar e pormenorizar as estruturas de transporte de massa, de sedimentos oriundos da cabeceira da escarpa da falha Pereira de Sousa (PSF), na parte norte da área coberta pela imagem TOBI, de orientação N-S e localizada a norte da FMP já descritas por Terrinha *et al.* (2003) como cristas turbidíticas que chegam a atingir 20km de comprimento. Estas estruturas bem visíveis na sísmica de alta resolução e sonar lateral indicam actividade tectónica recente de ambas as escarpas de falha (FMP e FPS), *i.e.*, elevação em ambas do bloco oriental, embora a FMP se trate de uma falha inversa e a PSF duma falha normal.

Síntese

A conjugação de dados de alta resolução de sonar lateral e batimetria multifeixe permite agora a realização de modelos tridimensionais da morfologia deste segmento da margem continental, permitindo a sua visualização mais adequada e melhor entendimento dos processos de instabilidade de vertente e o controlo de transporte de sedimentos desde a fonte até à sua acumulação. Estes dados permitirão também o início de modelos ainda não tentados para a margem portuguesa de estimativa de probabilidades de ocorrência de escorregamentos em função de diversos parâmetros, tais como o declive da vertente, a magnitude sísmica e posição de epicentros ou, a uma escala temporal mais alargada, a sua relação com possíveis variações do nível do mar. Esta modelação contribuirá para a realização de mapas de risco tsunâmico.

A cartografia de pormenor em curso revela uma correspondência entre a estrutura tectónica profunda e a distribuição e tipologia das estruturas de instabilidade de vertente na área de estudo, o que sugere que estas últimas possam eventualmente evidenciar a localização dos segmentos de actividade mais recente da FMP.

Agradecimentos

A campanha HITS'01 foi financiada pelo projecto europeu "Access to Research Infrastructures, European Access to seafloor Survey Systems" (EASSS III) e a bolsa de iniciação à investigação de Joana Gafeira é financiada pelo projecto "Major Tectonic and Sedimentary Processes on the Portuguese Margins (MATESPRO)".

Bibliografia

- Baptista, M. A.; Miranda, P. M. A.; Miranda, J. M. & Mendes-Victor, L. (1998) - Constraints on the source of the 1755 Lisbon tsunami inferred from numerical modelling of historical data. *Journal Geodynamics*, 25: 159-174.
- Grácia, E.; Dañobeitia, J. J.; Terrinha, P.; Blondel, P.; Farran, M.; Jacobs, C. & HITS cruise party (2002) - Active processes on the SW Iberian Margin: High-resolution sidescan sonar mapping of the "Marques de Pombal" fault and associated structures. *27th European Geophysical Society (E.G.S.)*, Nice (France), (21-26 April).
- Gracia, E.; Danobeitia, J. J.; Vergés J. & Parsifal cruise party (2003) - Mapping active faults offshore Portugal (36°N-38°N): Implications for seismic hazard assessment along the southwest Iberian Margin (38°-36°) from high-resolution swath-bathymetry data. Implications for earthquake hazard assessment. *Geology*; January; v. 31; n.º 1: 83-86.
- Terrinha, P.; Pinheiro, L. M.; Henriot, J.-P.; Matias, L.; Ivanov, M. K.; Monteiro, J. H.; Akhmetzhanov, A.; Volkonskaya, A.; Cunha, T.; Shaskin, P.; Rovere, M. & TTR10 Shipboard Scientific Party (2003) - Tsunamigenic-seismogenic structures, neotectonics, sedimentary processes and slope instability on the southwest Portuguese Margin. *Marine Geology*, vol. 195, 1-4: 55-73.
- Zitellini, N.; Chierici, F.; Sartori, R. & Torelli, L. (1999) - The tectonic source of the 1755 Lisbon earthquake and tsunami, *Annali Geofisica*, vol.42, 1, 49-55.
- Zitellini, N. *et al.* (2001) - Source of the 1755 Lisbon earthquake and tsunami investigated. *EOS* (Transactions, American Geophysical Union), 82: 285-291.