
Aplicação de dados geofísicos na caracterização de falhas com potencial sismogénico no Vale Inferior do Tejo

Geophysical data applied to the characterization of potential seismic faults in the Lower Tagus Valley

J. CARVALHO – joao.carvalho@ineti.pt (LNEG, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, URMG)

C.C. PINTO – carlos.cancela@ineti.pt (LNEG, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, URMG)

M. COSTA – manuela.costa@ineti.pt (LNEG, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, URMG)

T. RABEH – taha.rabeh@ineti.pt (LNEG, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, URMG)

P. TERRINHA – pedro.terrinha@ineti.pt (LNEG, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, URMG)

H. DUARTE – henrique.duarte@ineti.pt (LNEG, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, URMG)

J. BORGES – jborges@uevora.pt (CGE, Centro Geofísica de Évora)

RESUMO: O Vale Inferior do Tejo (VIT) tem sofrido os efeitos de sismos históricos. Algumas das fontes sismogénicas não são conhecidas. Com vista a uma avaliação correcta das fontes sismogénicas em futuros estudos de perigosidade sísmica, integraram-se dados de reflexão sísmica, com dados de métodos potenciais e dados de epicentros relocados. As informações recolhidas a partir dos parâmetros das falhas irão ajudar à localização de fontes de sismos históricos utilizando elementos finitos de simulação de movimentos fortes.

PALAVRAS-CHAVE: Vale Inferior do Tejo, reflexão sísmica, métodos potenciais.

ABSTRACT: The region of the Lower Tagus Valley has suffered the effects of historical earthquakes. Some of the seismic sources are not known because of the difficulty in finding geological outcrops, low slip-rates, and processes that erase surface ruptures. In order to do future studies of seismic hazard, integrated interpretation of seismic reflection data, with data from potential methods, and data from relocated epicentres. Information gathered from faults parameters of the will help to locate sources of historical earthquakes using the finite element simulation of strong motions.

KEYWORDS: Lower Tagus Valley, seismic reflection, potential-field data.

1. INTRODUÇÃO

A zona de Lisboa e o Vale Inferior do Tejo (VIT) (Fig. 1) têm sofrido os efeitos de sismos ao longo da sua história, que provocaram danos importantes (Moreira, 1985). A sismicidade com origem em fontes locais foi recentemente considerada de grande importância (Vilanova e Fonseca, 2004; Peláez et al., 2002). No entanto, a sismicidade instrumental e as falhas geológicas conhecidas têm fraca correspondência e por esse facto, as fontes dos sismos históricos continuam em debate (e.g. Stich et al., 2005). A falta de afloramentos geológicos, juntamente com baixos slip rates e os processos de sedimentação e de erosão que tendem a apagar as rupturas superficiais contribuem para esta dificuldade. O nosso objectivo é identificar e caracterizar fontes locais sismogénicas utilizando dados geofísicos com vista a futuros estudos de perigosidade sísmica.

Utilizando uma interpretação integrada dos dados de sísmica de reflexão, métodos potenciais, sísmica instrumental e dados geológicos, foram identificadas e mapeadas diversas falhas com potencial sismogénico (Cabral et al., 2003, Carvalho et al., 2006; 2008). Nestas falhas, há evidências de actividade tectónica desde o Pliocénico, como o a falha do Pinhal Novo e a falha da Azambuja, (Cabral et al., 2003; 2004). Outras estruturas estarão muito provavelmente activas no Quaternário, como a falha Ota-V. F. Xira-Lisboa-Sesimbra (OVLS) ou a falha de Porto Alto (Cabral, 2004, Carvalho et al., 2006, 2008). Neste trabalho, apresentamos uma interpretação revista dos dados de reflexão sísmica complementada com um mapa estrutural do soco Paleozóico obtido a partir de interpretação magnética calibrada com furos efectuados pela indústria petrolífera, e dados sísmicos, a fim de contribuir para o conhecimento das principais estruturas geológicas da área em estudo.

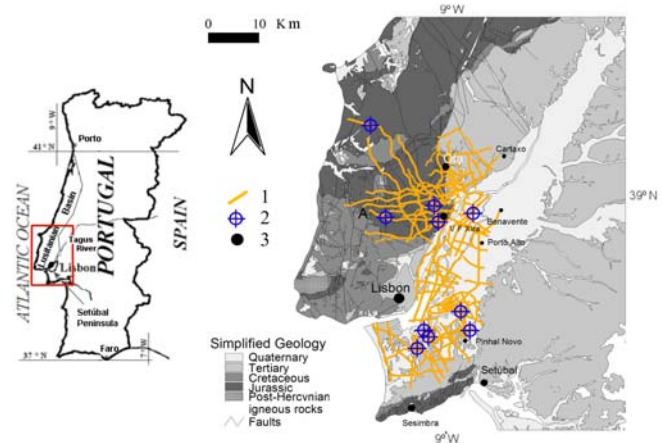


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo e geologia simplificada (adaptado de Oliveira et al., 1992). 1- perfis de reflexão sísmica adquiridos pela indústria petrolífera, ; 2- furos; 3-localidades.

2. METODOLOGIA

Milhares de quilómetros de perfis de reflexão sísmica foram adquiridos na área de estudo pela indústria petrolífera até 1981 (Fig. 1). Estes dados foram reprocessados por empresas e pelos próprios autores. Destes perfis, foram interpretados cerca de 2000 km em formato digital (Carvalho et al., 2007, 2008). Para este trabalho, a interpretação original foi efectuada utilizando secções em papel. Posteriormente o trabalho foi revisto utilizando o *Seisworks* e perfis sísmicos adicionais. Dados magnéticos e gravimétricos foram integrados na interpretação para a detecção de diapiros salinos, estruturas ígneas e para identificar o soco.

De modo a complementar a interpretação sísmica e cobrir as áreas onde essa informação não existe, um mapa do soco foi obtido a partir da interpretação de dados aeromagnéticos. Foram utilizados dados de uma campanha aeromagnética de 1969 adquirida para a indústria petrolífera e que foi reprocessada. Um modelo IGRF mais recente foi extraído, os dados foram reduzidos ao pólo e criou-se uma grelha de perfis de modo a amostrar devidamente as anomalias magnéticas. A interpretação incluiu análise de gradientes, desconvolução 2D de Euler e modelação magnética 2.5D. A modelação foi calibrada a partir de informação dos poços, da sísmica e de afloramentos e informação geológica. A topografia do soco (rochas metamórficas e ígneas do Paleozóico) foi obtida a partir da modelação e a localização das falhas foi elaborada utilizando esta informação, as soluções 2D de Euler e os picos do gradiente horizontal do campo magnético.

Para identificar potenciais estruturas sismogénicas, a sísmica relocada para o período 1970-2000 (Carrilho et al., 2004) foi sobreposta às interpretações magnéticas e sísmica. O erro médio das soluções epicentrais é de 5 km o que impede uma associação com uma falha específica, mas permite a correlação com zonas de falha acima de um determinado comprimento (Carvalho et al., 2008).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da interpretação dos perfis de reflexão sísmica complementada com a interpretação de dados magnéticos e gravimétricos, foram identificadas diversas falhas com potencial sismogénico (Fig. 2).

As falhas identificadas afectam o horizonte do intra-Neogénico, junto ao topo do Miocénico Superior. Segundo diversos autores (João Cabral, com. pessoal), as falhas que afectam este horizonte mantiveram-se activas até ao Quaternário. Devido à incapacidade de ver correctamente estruturas mais superficiais (incluindo o Quaternário), é necessário adquirir dados geofísicos de alta resolução de forma a confirmar a actividade no Quaternário. No mapa apresentado também foram incluídas algumas falhas que afectam apenas o Mesozóico: zona de falha A, mostra uma boa correlação com a sismicidade; falha B foi inferida a partir de dois perfis sísmicos e dados de métodos potenciais e foi incluída no mapa porque será muito provavelmente um segmento da zona de falha OVLS e que, segundo os dados de sísmica de reflexão de alta resolução adquiridos recentemente, é muito provavelmente uma estrutura activa (Carvalho et al., 2009) e falha C, para as quais os perfis sísmicos sugerem uma ruptura nos sedimentos Cenozóicos à escala da resolução sísmica. Em alguns casos não foi possível determinar a geometria e a cinemática das falhas. Por vezes esta é inferida a partir de evidências indirectas: análise do tipo e da largura de deformação dos perfis sísmicos e/ou dados geológicos. O mapa do soco da figura 3 amplia a cobertura da sísmica de reflexão e cobre toda a zona de estudo e permite tirar ilações sobre as estruturas profundas da zona do VIT. O mapa produzido apresenta estruturas geológicas bem conhecidas, através de dados de reflexão sísmica e de dados de poços tais como a sub-bacia de Arruda, a Ota ou o *horst* de Samora. A presença destas estruturas permite-nos ter confiança na interpretação das zonas onde não estavam disponíveis dados de reflexão sísmica ou furos. Tentámos associar os epicentros relocalizados com as zonas de falha obtidas neste trabalho. Como já foi assumido em trabalhos anteriores, a zona de falha OVLS controla a sismicidade na área (Carvalho et al., 2007, 2008), e está de acordo com deformação esperada do bloco *upthrust* da grande falha de cavalgamento crustal que constitui o limite oeste da bacia tipo *foreland* do VIT (Carvalho et al., 2007). Outras zonas de falha apresentam uma relação clara com a sismicidade, como o cavalgamento de Montejunto (falha zona A, na Fig. 3), falha D e falha E. Outras falhas que, segundo dados de afloramento geológico estiveram activas no Plio-Quaternário (Cabral et al., 2003, 2004).

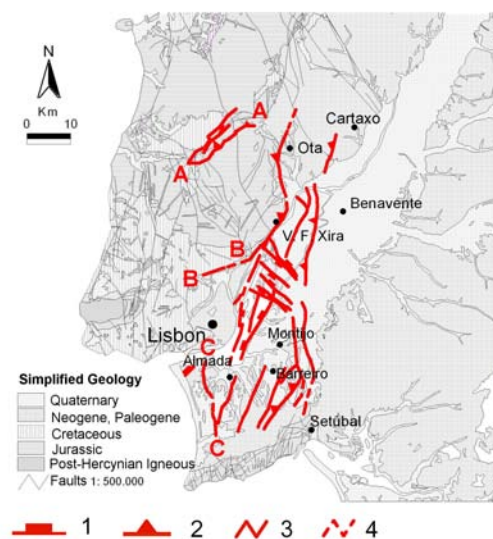


Figura 2 - Mapa com as estruturas com potencial sismogénico que afectam o Miocénico Superior e Mesozóico (falhas A, B e C), elaborado a partir da interpretação de sísmica de reflexão complementada com dados de métodos potenciais. 1- Falha normal; 2- Falha inversa; 3- Falha com geometria desconhecida, provavelmente strike-slip; 4- Falha provável, interpretada utilizando dados de métodos potenciais.

4. CONCLUSÕES

Utilizando dados de sísmica de reflexão e dados potenciais, fomos capazes de mapear falhas anteriormente desconhecidas. Parte das estruturas detectadas apresenta uma relação com a sismicidade instrumental, mas outras, que de acordo com dados geológicos e geofísicos estiveram activas no Plio-Quaternário, não são sismogénicas ou os taxas de deslizamento são demasiado baixos para produzir sismicidade no intervalo de tempo abrangido pelo catálogo sísmico. Portanto, para determinar se as estruturas estiveram activas no Quaternário, são

necessários estudos geológicos e geofísicos de alta resolução. Estes estudos já foram realizados sobre a falha de Vila Franca de Xira (Carvalho et al., 2006, 2008) e sobre a falha de Porto Alto, e os resultados sugerem que ambas as estruturas estão activas. Utilizando as informações dos parâmetros de falha recolhidos neste trabalho também ajudará a localizar as fontes de eventos históricos, como o terramoto de Benavente de 1909 utilizando para o efeito a simulação de movimentos fortes através de elementos finitos e comparando com intensidades sísmicas registadas (Grandin et al., 2007).

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a Fundação para a Ciência e Tecnologia pelo financiamento dos projectos SISMOTECTO-POCTI/CTE-GIN/58250/2004 e LISMOT/Strong Ground Motion in the Lower Tagus Valley-PTDC/CTE-GIN/82704/2006. Também os nossos agradecimentos à Unidade de Geologia Marinha do LNEG pela partilha de uma licença de Openworks.

Referências

- Cabral, J., Ribeiro P., Figueiredo P., Pimentel N., Martins A. (2004) – The Azambuja fault: An active structure located in an intraplate basin with significant seismicity (Lower Tagus Valley, Portugal). *Journal of Seismology*, 8, pp. 347–362.
- Cabral, J., Moniz, C., Ribeiro, P., Terrinha, P., Matias, L. (2003) – Analysis of seismic reflection data as a tool for the seismotectonic assessment of a low activity intraplate basin- the Lower Tagus Valley (Portugal). *Journal of Seismology* 7, pp. 431-447.
- Carrilho, F., Nunes, J.C., Pena, J., Senos, M.L. (2004) – Catálogo Sísmico de Portugal Continental e Região Adjacente para o período 1970-2000, Instituto de Meteorologia, ISBN 972-9083-12-6.
- Carvalho, J., Ghose, R., Pinto, J. Borges, (2009) – Characterization of a Concealed Fault Zone Using P and S-wave Seismic Reflection Data, extended abstracts of the EAGE Near Surface 2009, Dublin, A14, 5 p.
- Carvalho, J., Rabeh, T., Carrilho, F., Cabral, J., Miranda, M. (2008) – Geophysical characterization of the Ota-Vila Franca de Xira-Lisbon-Sesimbra fault zone, Portugal. *Geophysical Journal International*.
- Carvalho, J., Pinto, C., Costa, M., Rabeh, T., (2007) – Looking for earthquake sources in the Lisbon area, extended abstracts of the EAGE Near Surface 2007, Istanbul, P45, 5 p.
- Carvalho, J., Cabral, J., Gonçalves, R., Torres, L., Mendes-Victor, L.(2006) – Geophysical Methods Applied to Fault Characterization and Earthquake Potential Assessment in the Lower Tagus Valley, Portugal. *Tectonophysics* 418, pp. 277-297.
- Grandin, R., Borges, J. F., Bezzeghoud, M., Caldeira, B., Carrilho, F. (2007) – Simulations of strong ground motion in SW Iberia for the 1969 February 28 (MS = 8.0) and the 1755 November 1 (M ~ 8.5) earthquakes – II. Strong ground motion simulations, *Geophysics. J. Int.*, Vol. 171, Issue 2, 807-822, November 2007.
- Moreira, V.S. (1985) – Seismotectonics of Portugal and its adjacent area in the Atlantic. *Tectonophysics* 117, 85-96.
- Oliveira, T. (coord.) et al.(1992) – Carta Geológica de Portugal, escala 1: 500.000. Serviços Geológicos de Portugal.
- Peláez, J. A. M., Casado, C. L., Romero, J. H. (2002) – Deaggregation in magnitude, distance, and azimuth in the South and West of the Iberia Peninsula. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 92, 6, pp. 2177-2185.
- Ribeiro, A., Kullberg, M. C., Kullberg, J. C., Manupella, G., Phipps, S. (1990) – A review of Alpine tectonics in Portugal: Foreland detachment in basement and cover rocks. *Tectonophysics* 184, pp. 357-366.
- Vilanova, S. P., Fonseca, J. F. B. D. (2004) – Seismic hazard impact of the Lower Tagus Valley Fault Zone (SW Iberia). *Journal of Seismology*, 8, pp. 331-345.
- Stich, D., Batlló, J., Macià, R., Teves-Costa, P., Morales, J. (2005) – Moment tensor inversion with single-component historical seismograms: The 1909 Benavente (Portugal) and Lambesc (France) earthquakes. *Geophys. Journal International* 162, pp. 850–858.