

## **Neotectónica e períodos de recorrência de grandes sismos e tsunamis na margem SW Ibérica e Golfo de Cádiz**

### ***Neotectonics and recurrence period of large earthquakes and tsunami in the Gulf of Cadiz and SW Iberia margin***

**T. A. CUNHA** – [tiago.cunha@ineti.pt](mailto:tiago.cunha@ineti.pt) (Unidade de Geologia Marinha, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Lisboa; Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa-Instituto Don Luiz, Lisboa)

**L. M. MATIAS** – [lmarias@fc.ul.pt](mailto:lmarias@fc.ul.pt) (Centro de Geofísica da Universidade Lisboa- Instituto Don Luiz, Lisboa)

**P. TERRINHA** – [pedro.terrinha@ineti.pt](mailto:pedro.terrinha@ineti.pt) (Departamento de Geologia Marinha, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Lisboa)

**A. M. NEGREDO** – [anegredo@fis.ucm.es](mailto:anegredo@fis.ucm.es) (Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, Espanha)

**F. ROSAS** – [frosas@fc.ul.pt](mailto:frosas@fc.ul.pt) (Laboratório de Tectonofísica e Tectónica Experimental (LATEX), Instituto D. Luiz, Lisbon, Portugal)

**R.M.S. FERNANDES** – [rmanuel@di.ubi.pt](mailto:rmanuel@di.ubi.pt) (Centro de Geofísica da Universidade Lisboa, Instituto D. Luiz, Lisboa)

**L.M. PINHEIRO** – [lp@geo.ua.pt](mailto:lp@geo.ua.pt) (Departamento de Geociências e CESAM, Universidade de Aveiro, Aveiro)

**RESUMO:** Neste trabalho usámos o método numérico das placas finas (Bird, 1999) para modelar a Neotectónica no Golfo de Cadiz e estimar os períodos de recorrência de grandes sismos e tsunamis. Foram testadas várias configurações de falhas e condições fronteira, e os resultados comparados com as observações de GPS, tensão e deformação sísmica. O melhor ajuste às observações é obtido com um modelo que apresenta uma taxa de movimentação de 1mm/a nos cavalgamentos com orientação E-O e NE-SO, o que corresponde a períodos de recorrência de 1150, 3620 e 9900 anos para sismos de magnitude Mw de 7, 8 e 8.75.

**PALAVRAS-CHAVE:** Neotectónica, placa fina, período de retorno, sismo, tsunami.

**ABSTRACT:** We used a thin-shell approximation (Bird, 1999) to model the neotectonics of the Gulf of Cadiz and SW Iberia Margin and put constraints on the recurrence periods of large earthquakes and tsunamis. Different plate boundary conditions and fault networks have been tested and the results compared with the seismic strain, GPS observations and stress data. In our preferred tectonic model, maximum slip rates of 1 mm/y are estimated in E-W and NE-SW trending thrusts. This corresponds to minimum return periods of 1150 yr, 3620 yr and 9900 yr for an earthquake of Mw 7, 8 and 8.7, respectively.

**KEYWORDS:** neotectonics, thin-sheet, return period, earthquake, tsunami.

## 1. INTRODUÇÃO

O sector ocidental da fronteira de placas Açores-Gibraltar caracteriza-se por uma deformação distribuída em compressão e transpressão que acomoda a convergência oblíqua entre as placas Africana e Eurasiática. Apesar de não se ter uma fronteira de placas bem definida, as falhas activas nesta região podem causar grandes sismos e tsunamis destruidores, como o grande sismo de Lisboa a 1 de Novembro de 1755 ( $M_w \sim 8.7$ ). O maior sismo instrumental registado foi o de 28 de Fevereiro de 1969 ( $M_w = 8.0$ ) localizado na planície abissal da Ferradura, com um mecanismo em cavalgamento quase puro.

Neste trabalho usamos o método de modelação numérica por placas finas (código SHELLS de Bird, 1999) para simular a actividade neotectónica neste segmento da fronteira de placas. O nosso objectivo é o de obter estimativas realistas para o período de retorno dos grandes sismos e tsunamis. Relativamente a modelos neotectónicos anteriores (e.g. Negredo et al., 2002), este trabalho beneficia de um conhecimento estrutural mais detalhado, fruto da análise dos dados mais recentes de batimetria multi-feixe, sonar de varrimento lateral e linhas sísmicas mono e multi-canal, obtidos por vários grupos de investigação no Golfo de Cadiz (e.g. Zitellini et al., 2009, Terrinha et al., 2009). O novo mapa estrutural da região mostra a existência de vários cavalgamentos com uma orientação geral de NNE-SSO a ENE-OSO, associados a proeminentes relevos observados na batimetria, assim como um conjunto de longos lineamentos ONO-ESE em desligamento (lineamentos SWIM, até 600 km de comprimento) que se estendem entre a Planície Abissal da Ferradura e o bordo Oeste do Golfo de Cadiz (Zitellini et al., 2009).

## 2. RESULTADOS

No processo de modelação numérica foram ensaiadas várias configurações para a fronteira de placas (geometria e modelos cinemáticos) assim como várias geometrias para o sistema de falhas activas. Os resultados da modelação foram depois comparados com as observações fornecidas pelo GPS, orientação da tensão e deformação sísmica. O modelo de partida encontra-se ilustrado na Figura 1a.

Considerando os lineamentos SWIM como contínuos, e tendo uma expressão à escala da litosfera, a modelação numérica mostra que nesse caso eles absorveriam a maior parte da movimentação relativa entre as placas, ( $\sim 4$  mm/a), numa fronteira de placas do tipo transformante (ver Figura 1b). Nesta circunstância apenas se observaria uma actividade tectónica em cavalgamento residual a norte dos lineamentos, além do que se teria uma grande atenuação do campo de velocidades entre o norte de Marrocos e Gibraltar, em contradição com as mais recentes observações por GPS.

No modelo por nós escolhido, como sendo aquele que está mais de acordo com as observações (ver avaliação dos modelos na Figura 2), os lineamentos SWIM aparecem fragmentados e uma parte significativa da movimentação relativa das placas (1 a 2 mm/a) é acomodada pelo sistema de falhas em cavalgamento de orientação NE-SO situado no norte do Golfo de Cadiz e na Margem SO Ibérica (ver modelo na Figura 1.c). Este sistema de falhas estará provavelmente ligado entre si por falhas de transferência em desligamento com uma orientação NE-SO. As falhas identificadas no modelo podem originar sismos com uma magnitude de 8, com um período de recorrência da ordem de 2000-4000 anos. A ocorrência de um sismo do tipo de 1755, magnitude  $M_w \sim 8.7$ , implica a rotura em cadeia de várias destas falhas e teria um período de recorrência da ordem de 10000 anos.

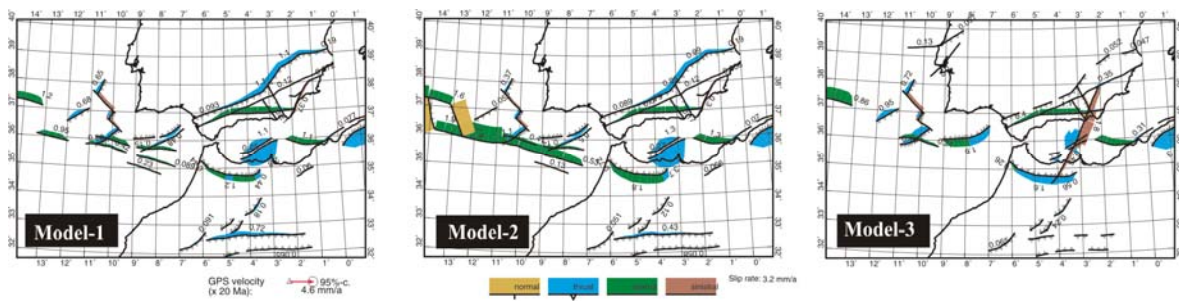


Figura 1 – Modelos neotectónicos usados na modelação por placas finas. Os valores representam a taxa de movimentação inferida para a falha em mm/a. As cores traduzem o tipo de movimentação. (a) Modelo inicial de referência. (b) Modelo com lineamentos SWIM contínuos. (c) Modelo final preferido.

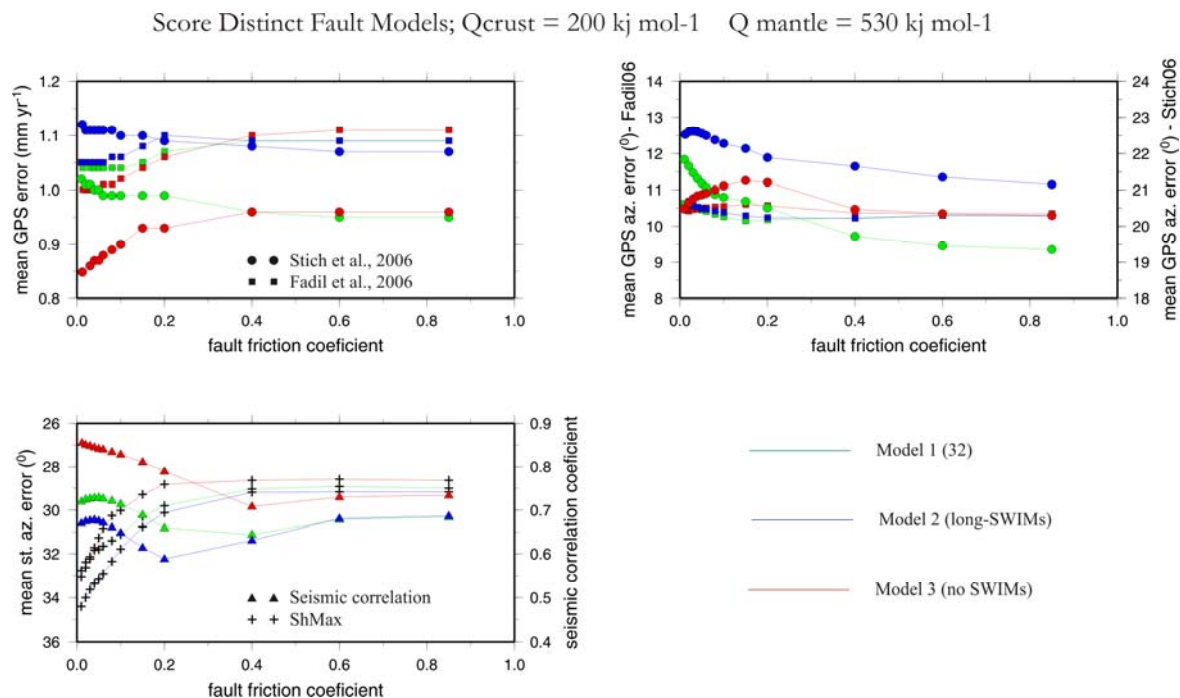


Figura 2 – Avaliação dos diferentes modelos por comparação com as observações. O modelo 3 é aquele que apresenta melhores resultados por comparação com o valor da velocidade medida por GPS, com a correlação da deformação sísmica e com a orientação da máxima tensão horizontal.

### Agradecimentos

*Este trabalho foi apoiado pelos projectos MATESPRO (PDCTM/P/MAR/15264/1999), SWITNAME (PDCT/CTE-GIN/59244/2004), EUROMARGINS SWIM (01-LEC-EMA09F), MVSEIS (01-LEC-EMA24F; PDCTM 72003/DIV/40018), NEAREST (n. 01-LEC-EMA09F contract n. 037110) e TOPOMED (TOPOEUROPE/0001/2007).*

**Referências**

- Bird, P. (1999) - Thin-plate and thin-shell finite element modeling programs for forward dynamic modeling of plate deformation and faulting, *Comput. Geosci.*, 25, pp. 383– 394.
- Negredo A.M., P. Bird, C. Sanz de Galdeano and E. Bufo (2002) - Neotectonic modeling of the Ibero-Maghrebian region, *J. of Geoph. Res.*, V107(B11), 2292, doi:10.1029/2001JB000743.
- Terrinha, P., L. Matias, J. Vicente, J. Duarte, J. Luís, L. Pinheiro, N. Lourenço , S. Diez, F. Rosas, V. Magalhães, V. Valadares, N. Zitellini, C. Roque, L. Mendes Víctor, and MATESPRO Team (2009) - Morphotectonics and strain partitioning at the Iberia–Africa plate boundary from multibeam and seismic reflection data, *Marine Geology*, 267, pp. 156-174.
- Zitellini, N., E. Gràcia, L. Matias, P. Terrinha, M.A. Abreu, G. DeAlteriis, J.P. Henriot, J.J. Dañobeitia, D.G. Masson, T. Mulder, R. Ramella, L. Somoza, S. Diez (2009) - The quest for the Africa–Eurasia plate boundary west of the Strait of Gibraltar, *Earth and Planetary Science Letters*, 280, pp. 13–50.