

SÍSMICA 2007

7º Congresso Nacional
de Sismologia e
Engenharia Sísmica

LIVRO DE ACTAS

Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
26, 27 e 28 de Setembro de 2007

Inclui a Sessão Temática Especial “*Seismic Safety Assessment*”

Actas realizadas com o apoio da

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

Editado por:

Raimundo Delgado
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Aníbal Costa
Universidade de Aveiro

Xavier Romão
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Os artigos são da exclusiva responsabilidade dos seus autores.

Paginação e montagem: Serviço de Congressos, Formação Contínua e Publicações do
Departamento de Engenharia Civil da FEUP

Impressão e acabamentos: Sersilito-Empresa Gráfica, SA

Capa: Raquel Siza

Depósito legal:

ISBN: 978-972-752-094-7

© Os autores. 2007

© Os editores. 2007

© Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
R. Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto

COMISSÃO CIENTÍFICA

Carlos Sousa Oliveira (Presidente)
Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa

Alex Barbat
Universitat Politècnica de Catalunya, Espanha

Alfredo Campos Costa
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Álvaro Cunha
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Artur Vieira Pinto
Joint Research Centre, Itália

Carlos Rebelo
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Eduardo Júlio
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Eduardo Cansado Carvalho
Gabinete de Projectos, Engenharia e Serviços, S.A.

Elsa Caetano
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Ema Coelho
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Humberto Varum
Universidade de Aveiro

João Azevedo
Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa

Laura Caldeira
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Luís Guerreiro
Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa

Lúisa Senos
Instituto de Meteorologia

Manuel Américo da Silva
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Mário Lopes
Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa

Mário Rouxinol Fragoso
Laboratório Regional de Engenharia Civil dos Açores

Jorge Miguel Miranda
Instituto Geofísico do Infante D. Luís

Paula Teves Costa
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Paulo Barbosa Lourenço
Universidade do Minho

Rita Bento
Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa

Rui Faria
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Rui Calçada
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Rui Correia
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Rui Pinho
Università degli Studi di Pavia, Itália

COMISSÃO ORGANIZADORA

Raimundo Delgado (Presidente)
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Aníbal Costa
Universidade de Aveiro

Rui Carneiro de Barros
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

António Arêde
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

João Miranda Guedes
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Nelson Vila Pouca
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Xavier Romão
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Patrício Rocha
Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Esmeralda Paupério
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

ORGANIZAÇÃO

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica

Laboratório de Engenharia Sísmica e Estrutural

Instituto da Construção da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

SECRETARIADO

Clotilde Bento
Manuel Carvalho

AGRADECIMENTOS

A Comissão Organizadora agradece às seguintes empresas e instituições que apoiaram e patrocinaram o 7º Encontro Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica:

Reitoria da Universidade do Porto

FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia

Fundação Calouste Gulbenkian

IC – Instituto da Construção da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Ordem dos Engenheiros

Administração dos Portos do Douro e Leixões

Rave – Rede Ferroviária de Alta Velocidade, SA

STAP – Reparação, Consolidação e Modificação de Estruturas, SA

Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Construção Magazine

FiberSensing

Barbot, Indústria de Tintas SA

Associação Luso-Britânica do Porto

CTT – Correios de Portugal, SA

FNAC

Arktec Portugal, Lda

CXS Computing

MODELAÇÃO PELO MÉTODO DAS DIFERENÇAS FINITAS DOS MOVIMENTOS SÍSMICOS EM PORTUGAL CONTINENTAL – ALGUMAS IMPLICAÇÕES PARA O SISMO DE LISBOA DE 1755

JOSÉ. F. BORGES

Prof. Auxiliar
Universidade de Évora e
Centro de Geofísica de Évora
Évora – Portugal

BENTO CALDEIRA

Prof. Auxiliar
Universidade de Évora e
Centro de Geofísica de Évora
Évora – Portugal

RAPHAËL GRANDIN

Institut de Physique du Globe
de Paris, Laboratoire de
Tectonique et Mécanique de la
Lithosphère
Paris – France

MOURAD BEZZEGHOUD

Prof. Associado
Universidade de Évora e Centro de
Geofísica de Évora
Évora – Portugal

FERNANDO CARRILHO

Instituto de Meteorologia

Lisboa - Portugal

SUMÁRIO

Ao longo da sua história a margem sudoeste da Península Ibérica foi palco de vários terremotos cujos efeitos produziram elevados danos materiais e perdas de vidas humanas: o sismo Lisboa de 1 de Novembro de 1755 ($M_w \sim 8.5$) [1] foi o mais importante evento histórico e um dos mais devastadores sismos alguma vez descritos, quer pela destruição devida ao forte movimento do solo por ele produzido, quer pelo tsunami que desencadeou. Embora considerado um marco na história da sismologia, a fonte deste sismo, e em particular a área precisa da sua localização, permanece ainda hoje uma incógnita. Este estado de desconhecimento sobre a fonte do terremoto de Lisboa, ou da existência de uma região com potencial para originar um evento similar, introduz incertezas profundas na capacidade de prever a amplitude dos movimentos máximos do solo e, em última análise, na avaliação do risco sísmico sobre o Território Nacional.

A caracterização quantitativa do movimento sísmico do solo é a chave para a decisão sobre iniciativas de mitigação do risco sísmico. São três os principais factores que controlam a intensidade do movimento sísmico do solo: a fonte, o percurso das ondas sísmicas e os efeitos de sítio. Sendo incompleto ou inexistente o conhecimento da forma como estes factores actuam, surge como natural abordagem ao problema da caracterização do movimento do solo, o recurso ao estudo dos registos de eventos sísmicos e em particular dos registos do tipo strong-motion. Esta solução pela via empírica depara-se com o problema da escassez de dados ao dispor. Como em Portugal, pese embora o enorme esforço dispendido pelas instituições portuguesas com responsabilidades na área do risco sísmico, em particular o Instituto de Meteorologia (IM), ou o IST através da sua rede strong-motion, o acervo que foi possível reunir é ainda insuficiente face aos objectivos que se pretendem atingir.

Em virtude do crescente número de estudos de natureza geofísica e geológica acerca da região Oeste Ibérica e o conhecimento que deles decorre, quer no domínio da estrutura, quer sobre os processos dinâmicos que, às diversas escalas temporais e espaciais nela ocorrem, é possível enfrentar o problema em apreço por uma via completamente diferente: a via determinística. Nesta perspectiva, a descrição do movimento do solo é feita à custa das equações matemáticas que regem a propagação das ondas sísmicas em meios elásticos e dos parâmetros que controlam a radiação que as fontes sísmicas emitem.

A aproximação adoptada neste trabalho envolveu a construção de um modelo detalhado de estrutura 3D para a região sudoeste da Península Ibérica e o cálculo do movimento sísmico através do emprego de métodos de diferenças finitas [2]. Nesta metodologia o campo de movimento sísmico é particularmente sensível aos modelos de propagação, e em particular aos modelos das regiões de bacia onde frequentemente ocorrem fenómenos de amplificação – efeito de sítio.

A metodologia empregue e o modelo de velocidades 3D foram validados recorrendo à simulação dos movimentos de três recentes sismos de magnitude moderada ($4.6 < M_w < 5.3$) recentemente ocorridos na região a Sudoeste do Cabo São Vicente (2003/07/29; $M_w=5.3$, 2004/12/13 $M_w=4.6$ e 2006/06/26, $M_w=4.8$) [4] e do sismo de 1969 ($M=7.9$). Em seguida geraram-se 3 cenários para o sismo de 1755 os quais correspondem a outras

tantas propostas publicadas: i) fonte do Gorringe [3]; modelo de falha Marquês de Pombal [5,6]; iii) modelo de subducção no golfo de Cádiz [7]. Os resultados obtidos (figura 1) demonstram claramente que o modelo mais provável corresponde a uma fonte localizada no banco de Gorringe. Mostra-se também haver uma forte dependência entre a direcção e sentido de propagação da ruptura e a distribuição das intensidades máximas sobre o território nacional [8]. Embora limitados a três cenários é possível extrair algumas consequências para um tema actualmente em debate – a aplicação do Eurocódigo 8. Com efeito constata-se que os cenários aqui analisados produzem, em geral, movimentação sísmica com amplitude superior ao que tem vindo a ser proosto. . Encontram-se presentemente em execução novas simulações recorrendo a malhas de maior resolução e ao emprego de cálculo paralelo intensivo a realizar no cluster do Centro de Geofísica de Évora adquirido para essa finalidade. Serão testados novos modelos de ruptura e novas localizações do sismo de 1755 com vista a estabelecer correlações mais precisas entre o campo de movimentação sísmica calculado e as observações disponíveis.

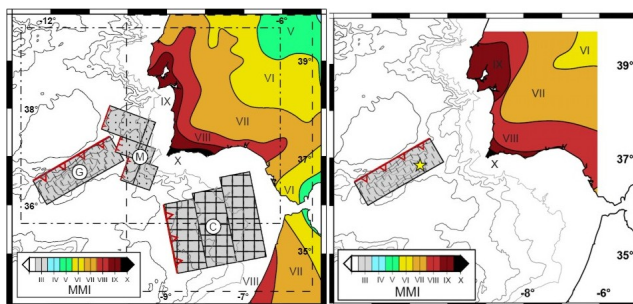


Figura 1: À esquerda - isossistas sísmico de e as três fontes estudadas para este sismo: C – fonte localizadaa no Golfo de Cádiz; M – fonte localizada na falha Marquês de Pombal; G – fonte localizada no Gorringe. À direita - intensidades calculadas para o cenário que melhor reproduz as observações – Ruptura no Gorringe com propagação de NE para SW

1. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito dos projectos POCTI/CTE-GIN/59994/2004, POCTI/CTE-GIN/59750/2004 e contou com o apoio do Centro de Geofísica Évora (Projecto SEISMOLITOS). Agradece-se a todos as instituições que contribuíram com os dados para este estudo (IM, FCT, IST, e a rede WM).

2. REFERÊNCIAS

- [1] Pereira de Sousa F. L. (1919), O terremoto do 1º de Novembro de 1755 em Portugal e um estudo demográfico (Serviços Geológicos de Portugal) Vol. I-IV.
- [2] Larsen, S.C. and C.A. Schultz (1995) ELAS3D, 2D/3D elastic finite-difference wave propagation code, Lawrence Livermore National Laboratory, UCRLMA-121792, 18 pp.
- [3] Borges J.F. , M. Bezzeghoud, B. Caldeira, R. Grandin, 2007. The recent 2007 Portugal earthquake (Mw=6.1) in the seismotectonic context of the SW Atlantic area. EMSC Newsletters, special issue, N° 22, May 2007.
- [4] Johnston A. (1996), Seismic moment assessment of earthquakes in stable continental regions – III. New Madrid 1811-1812, Charleston 1886 and Lisbon 1755, Geophys. J. Int. 126, 314-344
- [5] Zitellini N., L. Mendes-Victor, D. Córdoba, J. Dañobeitia, R. Nicolich, G. Pellis, A. Ribeiro, R. Sartori, L. Torelli, R. Bartolomé, G. Bortoluzzi, A. Calafato, F. Carrilho, L. Casoni, F. Chierici, C. Corela, A. Correggiari, B. Della Vedova, E. Gràcia, P. Jornet, M. Landuzzi, M. Ligi, A. Magagnoli, G. Marozzi, L. M. Matias, D. Penitenti, P. Rodriguez, M. Rovere, P. Terrinha, L. Vigliotti and A. Zahinos Ruiz (2001), Source of the 1755 Lisbon earthquake and tsunami investigated, EOS Trans. Amer. Geophys. U., 82, 285.
- [6] Terrinha P., L. M. Pinheiro, J.-P. Henriot, L. Matias, Ivanov M. K., Monteiro J. H., Akhmetzhanov A., Volkonskaya A., Cunha T., Shaskin P., and Rovere M. (2003), Tsunamigenic-seismogenic structures, neotectonics, sedimentary processes and slope instability on the southwest Portuguese Margin, Mar. Geol. 195, 55-73
- [7] Gutscher M. A., J. Malod, J. P. Rehault, I. Contrucci, F. Klingelhoefer, L. Mendes-Victor and W. Spackman (2002), Evidence for active subduction beneath Gibraltar, Geology, 30, 1071-1074.
- [8] Grandin R., J.F. Borges, B. Caldeira, M. Bezzeghoud, and F. Carrilho. Simulations of strong ground motion in SW Iberia for the February 28th, 1969 (Ms=8.0) and the November 1st, 1755 (M=8.5) earthquakes. Submetido Geophys. Jour. Int.