

# Geoboletim

Folha informativa do Centro de Geofísica de Évora

10 de Maio de 2009

Número 11



Centro de Geofísica de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7002 554 Évora, Portugal • Tel: 266 745300 • Fax 266 745394 • <http://www.cge.uevora.pt>

## Editorial

“Marketing” e informação são dois conceitos perfeitamente distintos mas que por vezes se entrecruzam e se confundem. Infelizmente, divulgar informação relevante pode ser confundido com “marketing”, tanto por quem a produz como por quem a consome.

Durante os primeiros quatro meses de 2009 o Centro de Geofísica de Évora esteve envolvido numa série de acontecimentos que consideramos relevantes, descritos com algum detalhe nos itens *Geocomentário* e *Geoinformação*, acontecimentos esses que no nosso entender não tiveram a atenção que mereciam por parte dos órgãos de comunicação social nacionais e regionais. Fazemos parte de uma sociedade global que evolui e se transforma a um ritmo progressivamente mais acelerado, de um mundo que se move em função da informação que é cada vez mais em tempo real e, neste sentido, a divulgação da actividade do Centro de Geofísica de Évora é fundamental para a sua continuidade. Desejamos que os destaques que damos nos dois referidos itens às nossas actividades não sejam entendidos como “marketing” por parte dos nossos leitores.

## Índice

<b>Editorial</b>	<b>1</b>
<b>GeoComentário</b>	<b>1</b>
<b>GeoInformação</b>	<b>2</b>
<b>Visit of the evaluation panel from FCT to CGE</b>	<b>2</b>
<b>Programa da visita de Sua Excelência o Senhor Presidente da República à Universidade de Évora</b>	<b>3</b>
<b>Geoagenda</b>	<b>5</b>
<b>GeoArtigo (The Évora Geophysics LIDAR: new observational potentials for the atmospheric Sciences in Portugal )</b>	<b>6</b>
<b>GeoArtigo (Breve descrição histórica e modelação Do tsunami de 1 de novembro de 1755)</b>	<b>7</b>
<b>GeoPalavra (Avaliação dos riscos de natureza económica e ambiental relativos aos usos múltiplos da água no Empreendimento de Alqueva)</b>	<b>9</b>

**A. Alexandre Araújo** *Centro de Geofísica de Évora, Departamento de Geociências da Universidade de Évora*

## GeoComentário

**Ana Maria Silva** *Centro de Geofísica de Évora, Departamento de Física da Universidade de Évora*

O Centro de Geofísica de Évora foi, nos últimos cinco meses, solicitado a ter encontros com a Comissão Parlamentar de Educação e Ciência da Assembleia da República (Dezembro de 2008), com o grupo de trabalho sobre Políticas Espaciais da Comissão de Educação e Ciência da Assembleia da República (Fevereiro de 2009) e, por último, no passado dia 15 de Abril, integrou, juntamente com os Centros de Investigação em Matemática Aplicada (CIMA) e de Estudos e Formação Avançada em Gestão e Economia (CEFAGE) a iniciativa presidencial dedicada à temática sobre a “Matemática e Avaliação de Riscos” incluída no 5º Roteiro da Ciência, que se iniciou na Universidade de Évora.

Relativamente à iniciativa presidencial o Centro de Geofísica de Évora foi ainda visitado por Sua Excelência o Senhor Presidente da República Cavaco Silva, que, no final da sessão de apresentação de áreas de aplicação da matemática pelos diferentes investigadores dos centros acima citados, fez questão de se inteirar mais de perto da investigação desenvolvida pelo Centro de Geofísica de Évora, particularmente nos domínios dos Riscos Sísmicos e Climáticos. Durante esta visita, foram evidenciadas as tecnologias de observação e de cálculo avançado que em ambas as áreas (Geofísica/Sismologia e Atmosfera e Clima) suportam a modelação dos Riscos Sísmicos e Climáticos desenvolvida pelos investigadores do Centro, exibidos através de uma mostra de posters os resultados científicos que as equipas do Centro de Geofísica têm publicado em revistas científicas internacionais e apresentado em Encontros Científicos das suas especialidades, e

ainda esclarecidas questões levantadas pelo Senhor Presidente relacionadas com estes Riscos Naturais.

Nas duas primeiras iniciativas, ficou perceptível o desconhecimento que a comunidade que integra a esfera de intervenção política nas áreas da educação e da ciência no parlamento tem, de uma forma geral, sobre a actividade científica, as dificuldades e constrangimentos assim como as potencialidades da comunidade científica portuguesa, em particular sediada fora dos grandes centros. Estas iniciativas revestem-se portanto de grande utilidade, aproximando a comunidade científica de legisladores que podem intervir no melhor funcionamento das Instituições, designadamente científicas.

Saudamos a iniciativa do Senhor Presidente da República mas lamentamos a forma como a comunidade jornalística exibiu nos telejornais nacionais da noite as duas visitas que sua Excelência fez à Universidade de Évora e ao Instituto Superior de Agronomia no âmbito da 5ª Jornada do Roteiro da Ciência, dedicadas a temática sobre a Matemática e suas aplicações. Não cremos terem conseguido evidenciar aos telespectadores os propósitos do Senhor Presidente para este Roteiro: i) nem em que é que a Matemática é uma ciência fundamental para o desenvolvimento do país; ii) nem quais os investigadores, que pelas diferentes aplicações que fazem desta ciência e pelas quais são conhecidos na comunidade científica nacional e internacional, ilustram a sua utilidade à sociedade e iii) nem que actividades concretas são por isso motivadoras para a comunidade estudantil em Portugal.

## GeoInformação

No dia 9 de Dezembro de 2008 o Centro de Geofísica de Évora recebeu a visita da Comissão Parlamentar de Educação e Ciência. No dia 4 de Fevereiro de 2009 o Centro de Geofísica de Évora recebeu o painel de avaliação da FCT, no âmbito do processo de avaliação 2007 das Unidades I&D;

A convite da Comissão Parlamentar de Educação e Ciência da Assembleia da República para uma audição parlamentar realizada no dia 11 de Fevereiro de 2009 sobre Políticas Espaciais - Impacto no Desenvolvimento do País, o Centro de Geofísica de Évora apresentou uma comunicação sobre esta temática.

Membros do CGE participaram no Fórum Científico e Tecnológico GALP Energia – Exploração & Produção, que decorreu nos dias 12 a 14 de Fevereiro de 2009. Neste Fórum foi apresentada a comunicação "Contribuição do Centro de Geofísica de Évora para Fórum Científico GALP Exploração & Produção";

Em Fevereiro de 2009 os investigadores do Centro de Geofísica de Évora submeteram à FCT 21 candidaturas a Projectos de Investigação onde são coordenadores e participam ainda em mais 15 candidaturas, coordenadas por investigadores externos.

- O Centro de Geofísica de Évora integrou a Comissão Organizadora e participou com exposição de equipamento na 1ª edição da FeiCiTEst 09 - Feira de Ciência e Tecnologia de Estremoz que decorreu nos dias 27 e 28 de Março e que foi organizado pelo Centro Ciência Viva de Estremoz.

-A convite da CIUDEN (Fundação do Sector Público do Estado Espanhol), o Centro de Geofísica de Évora participou com outras Instituições nacionais (IST, INETI, FCUL, FEUP e Universidade Fernando Pessoa) no encontro promovido para criar uma base de cooperação entre entidades científicas portuguesas e espanholas, visando a utilização das tecnologias de captura e sequestro de

carbono em centrais termoeléctricas. Esta reunião teve lugar a 2 de Março no INETI, em Lisboa e foi apresentada uma comunicação sobre as competências do CGE nesta temática. Na sequência deste encontro, realizou-se em Madrid no passado dia 3 de Abril um segundo encontro promovido pela CIUDEN, com a participação do Centro de Geofísica de Évora, com o objectivo de preparar a candidatura a apresentar à Comissão Europeia no quadro do "EU recovery plan" de Dezembro de 2008.

Os Grupos de Geofísica Interna e de Física da Atmosfera e Clima participaram no 6.º Simpósio de Meteorologia e Geofísica / 10.º Encontro Luso-Espanhol de Meteorologia que decorreu de 16 a 18 de Março tendo apresentado um número elevado de comunicações. O Centro de Geofísica de Évora e duas outras Unidades de I&D da Universidade de Évora, foram convidados a participar no passado dia 15 de Abril na 5ª Jornada do Roteiro para a Ciência, da iniciativa de Sua Excelência o Senhor Presidente da República, dedicada à "Matemática e à Avaliação dos Riscos". Integrou ainda o Programa desta Jornada, a visita que o Senhor Presidente da República quis fazer ao Observatório do CGE.

Dois elementos do grupo de Geofísica Interna participaram no "6th International Workshop on Statistical Seismology" que decorreu de 12 a 16 de Abril de 2009 em Tahoe City, na Califórnia, tendo apresentado duas comunicações.

Os grupos de Geofísica Interna e de Física da Atmosfera e Clima participaram no European Geosciences Union, General Assembly 2009, realizado em Viena, Áustria, de 19 a 24 de Abril.

- O grupo de Geofísica Interna participou no 2º Seminário Internacional Previsão de Sismos "Prediction of Earthquakes", que se realizou no dia 29 de Abril, em Lisboa, evocando o 100º Aniversário do Sismo de Benavente, ocorrido em 1909.

Para mais informação, contactar:

**Maria Rosa Duque** Centro de Geofísica de Évora e Departamento de Física da Universidade de Évora [mrada@uevora.pt](mailto:mrada@uevora.pt)

## VISIT OF THE EVALUATION PANEL FROM FCT TO CGE

AGENDA (4/02/2009)

Place - Colégio Luis Verney, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000 Évora

15:00 – General meeting. Welcome to the visiting committee (10 min) - Anfiteatro 1- Colégio Luis Verney

15:10 – 15:40 – Presentation by the Director of the Centre (30 min, as suggested by the coordinator)- Anfiteatro 1- Colégio Luis Verney  
15:40 – 15:50 – Comments and questions by the visiting panel members (10 min)- Anfiteatro 1- Colégio Luis Verney

15:50 - 16:20 - Presentations by the FIDAC Coordinator and by the SEISMOLITOS Coordinator (15min/per group) - Anfiteatro 1- Colégio Luis Verney

16:20 - 16:30 - Comments and questions by the visiting panel members (10 min) - Anfiteatro 1- Colégio Luis Verney

16:30 -17:00 – Coffee break. Exhibition of the team scientific output (publications, books, posters) (30 min) - Anfiteatro 1- Colégio Luis Verney

17:00 -17:30 – Meeting of the panel members with Ph.D and Master students (30 min) – Room 138, Colégio Luis Verney

17:30-18:00 – Visits to the experimental or computational equipments or installations (two parallel visits) (30 min) – Colégio Luis Verney, observatory

18:00 -18:20 – Meeting of the visiting panel members with the Direction of the Centre and with the Coordinators of the Groups (20min) - Anfiteatro 1- Colégio Luis Verney.

## Programa da visita de Sua Excelência o Senhor Presidente da República à Universidade de Évora 15 De Abril de 2009

5.<sup>a</sup> jornada do roteiro para a ciência dedicado à matemática: “A matemática e a avaliação dos riscos”

### Programa

09.30 – Recepção no Colégio Luís Verney  
 09.35 – Intervenção do magnífico Reitor da Universidade de Évora, Prof. Jorge Araújo  
 09.50 – Apresentação de áreas de aplicação da matemática por Investigadores da Universidade de Évora  
 09.50 - *Novas aplicações das Probabilidades e Estatística na avaliação de riscos biológicos, médicos, agrícolas e industriais* (Prof. Carlos A. Braumann – Centro de Investigação em Matemática e Aplicações)  
 09.58 - *Riscos associados esperança de vida e ao mercado de capitais* (Prof.<sup>a</sup> Andreia Dionísio e Prof. Jorge Bravo - Centro de Centro de Estudos e Formação Avançada em Gestão e Economia)  
 10.06 - *Avaliação do risco sísmico* (Prof. Mourad Bezzeghoud - Centro de Geofísica de Évora)  
 10.14 - *Modelos de planeamento multi-objectivo envolvendo os riscos de natureza económica e ambiental* (Prof. Vladimir Bushenkhov – Centro de Investigação em Matemática e Aplicações)  
 10.22 - *Modelação matemática das Alterações Climáticas e dos Riscos Associados* (Prof.<sup>a</sup> Ana Maria Silva – Centro de Geofísica de Évora)  
 10.30 – Intervenção de Sua Excelência o Presidente da República (sujeito a confirmação)  
 10.45 – Visita aos observatórios do Centro de Geofísica de Évora  
 11.00 – Fim da visita

### Resumos das Apresentações

#### *Novas aplicações das Probabilidades e Estatística na avaliação de riscos biológicos, médicos, agrícolas e industriais*

Carlos A. Braumann

Grupo de investigação em Aplicações Estocásticas e Estatísticas em Ciências da Vida, **Centro de Investigação em Matemática e Aplicações**

Muitos fenómenos decorrem em ambientes com flutuações aleatórias cujos efeitos podem ser estudados por métodos probabilísticos e estatísticos e, no caso de fenómenos dinâmicos, por modelos estocásticos. Este grupo de investigação tem proposto e aplicado (em colaboração com cientistas das áreas de aplicação) modelos inovadores, com repercussão nacional e internacional, que permitem avaliar, prever e/ou prevenir de forma muito mais eficaz riscos de extinção de espécies ameaçadas, riscos de flutuações no crescimento de gado (para otimizar a produção pecuária), erros de avaliação da dimensão de grupos de risco (toxicodependentes, sem abrigo, etc.) e de populações animais, riscos de falha de comunicação nas futuras redes móveis *ad hoc*, riscos de qualidade na produção industrial e na saúde e seu controlo ou prevenção,

riscos ambientais e selecção das melhores variedades agrícolas, riscos para a saúde da poluição atmosférica e das vagas de calor e

frio, risco de longevidade e consequências sobre seguros e segurança social, etc.

#### *Riscos associados esperança de vida e ao mercado de capitais*

Jorge Bravo e Andreia Dionísio

**Centro de Centro de Estudos e Formação Avançada em Gestão e Economia**

É efectuada uma caracterização da natureza dos riscos de longevidade e de mortalidade humana e discutidas abordagens determinísticas e estocásticas na sua modelação. Entre as várias aplicações destas ferramentas, são apresentados resultados ao nível da construção de tábuas de mortalidade contemporâneas e prospectivas para a população portuguesa, estimativas do factor de sustentabilidade usado no cálculo das pensões do regime geral e da CGA e analisadas estratégias internas e de mercado de capitais para a cobertura do risco de longevidade.

No âmbito do estudo do mercado de capitais é analisado o efeito de globalização, sendo dada especial atenção à actual crise financeira e à forma como os mercados bolsistas do G7 e de Portugal se correlacionam entre si. São utilizadas abordagens não-lineares com pressupostos pouco restritivos, algumas das quais têm origem na Física, mais concretamente na Termodinâmica, inserindo-se na área da Econofísica.

#### *Avaliação do risco sísmico*

Mourad Bezzeghoud

**Centro de Geofísica de Évora**

O risco sísmico pode exprimir-se, em termos matemáticos, como função da perigosidade e da vulnerabilidade. Se a perigosidade for alta e a vulnerabilidade baixa, ou vice-versa, então o risco é baixo. Esta apresentação pretende mostrar de entre as aplicações da matemática na resolução de problemas no domínio da sismologia, a avaliação do risco sísmico realizada no Centro de Geofísica de Évora. A avaliação do risco sísmico envolve o conhecimento detalhado do processo de ruptura que é responsável pela propagação das ondas sísmicas no interior da Terra e que por sua vez determinam a intensidade dos movimentos do solo e os danos assinalados. A teoria física da propagação de ondas de alta frequência em meios elásticos (elastodinâmica) permite calcular com muita precisão as ondas sísmicas observadas desde que sejam utilizados modelos estruturais tridimensionais realistas. Assim, a partir dos conhecimentos teóricos da física e pela utilização de modelos matemáticos adequados é-nos possível reproduzir as observações sísmicas e daí avaliar o risco e assim contribuir para a sua mitigação. Serão ilustradas algumas aplicações ao estudo de processos de ruptura sísmica responsáveis por certas catástrofes ocorridas recentemente através do mundo e também a da fonte sísmica responsável pelo tsunami que devastou a região de Lisboa e a costa algarvia em 1755.

*Modelos de planeamento multi-objectivo envolvendo os riscos de natureza económica e ambiental*

Vladimir Bushenkhov

**Centro de Investigação em Matemática e Aplicações**

Apresenta-se uma abordagem ao estudo dos modelos matemáticos económicos e ambientais quando se consideram os múltiplos critérios. Consideram-se as duas aplicações aos problemas regionais do Alentejo.

Na primeira estudam-se os usos múltiplos da água no empreendimento de Alqueva. A barragem de Alqueva constitui uma reserva estratégica de água para o Alentejo. Trata-se de um empreendimento de fins múltiplos em que se prevê o abastecimento de água domiciliário a mais de 200 mil pessoas, o aparecimento de novas actividades económicas como a agricultura de regadio e a agro-indústria, a produção e armazenamento de energia eléctrica e o aproveitamento do espelho de água da albufeira para fins náuticos e de turismo e lazer. Esses usos múltiplos da água podem competir entre si, colocando o problema da partilha do recurso entre os utilizadores e do uso sustentável da água na bacia hidrográfica do Guadiana, minimizando os riscos e os efeitos negativos que se possam a produzir.

A segunda aplicação está ligada ao planeamento florestal sustentável que se tornou, nas últimas décadas, um assunto complexo onde as políticas governamentais, a opinião pública, as preocupações ambientais, a prevenção e combate a incêndios, a sustentabilidade e a preservação dos recursos têm assumido um papel central. Em parceria com os investigadores do ISA UTL foi desenvolvido um protótipo do sistema de apoio à decisão para o planeamento e gestão florestal na área de montado.

*Modelação matemática das Alterações Climáticas e dos Riscos Associados*

Rui Salgado, Ana Maria Silva e M<sup>a</sup> João Costa

**Centro de Geofísica de Évora**

*A Segunda lei de Newton é tão bela como a Vénus de Milo.*

*O que há é pouca gente para dar por isso.*

óóóó — óóóóóóóóóó — óóóóóóóóóóóóóóóó

*(O vento lá fora.)*

Álvaro de Campos, 15-1-1928 (ligeiramente adaptado, por conveniência)

Fernando Pessoa sabia certamente que *o vento lá fora* respeita

esse princípio fundamental da dinâmica que conhecemos por 2<sup>a</sup> lei de Newton e traduzimos, simplificada, por  $F = ma$ . O que no seu tempo não podia saber é que aplicando essa lei, em conjunto com outras leis fundamentais da física, como a conservação da energia, a conservação da massa, a equação de estado dos gases ideais e a lei de Planck, é possível estimar com notável precisão o vento que vai fazer lá fora, amanhã, depois de amanhã ou ainda no dia a seguir. E que tal como o vento, é possível estimar a possibilidade de ocorrência de eventos de precipitação intensa, de ondas de calor ou as trajectórias de poluentes na atmosfera. E que é também com base nessas leis que podemos sondar a evolução do clima e antecipar as alterações climáticas que poderão ocorrer no futuro em resultado de actividades humanas que ocorreram no seu tempo ou a que assistimos no presente. A aplicação destas leis à atmosfera e ao sistema climático exige o recurso a várias áreas da matemática. As equações que as traduzem são equações diferenciais “particulares”, pois contêm termos que impossibilitam a sua resolução analítica e por isso temos de recorrer à sua resolução numérica, aos computadores e à estatística. Além disso estas equações são muito sensíveis às condições iniciais, o que exige um conhecimento o mais rigoroso possível do estado da atmosfera o que só pode ser obtido com o apoio de sofisticadas técnicas de observação designadamente de detecção remota, e de análise de séries de dados. Nesta apresentação procurar-se-á pôr em evidência a importância da matemática no estudo do tempo e do clima, focando aspectos ligados aos riscos meteorológicos e à estimativa de efeitos climáticos da acção humana. A ilustrar, serão apresentados exemplos de trabalhos de investigação efectuados e em curso no Centro de Geofísica de Évora.

Este boletim está disponível na internet em

<http://www.cge.uevora.pt>

Todas as informações para o **Geoboletim** deverão ser enviadas até ao dia 1 de Agosto de 2009

## Rede de Ciência e Tecnologia do Alentejo

O Centro de Geofísica de Évora é membro da Rede de Ciência e Tecnologia do Alentejo (RCTA), estrutura recentemente criada por iniciativa da Universidade de Évora que neste momento envolve quinze instituições públicas e privadas ligadas a actividades de I&D, as quais no seu conjunto representam várias dezenas de unidades de investigação. A RCTA encontra-se organizada em 5 sub-redes e o CGE assumiu a coordenação de uma destas sub-redes, dedicada às Tecnologias do Ambiente do Solo e da Água.



[www.rcta.uevora.pt](http://www.rcta.uevora.pt)

## GeoAgenda

- Consulta de eventos em: <http://www.webofconferences.org/>
- EURISPET: High-Pressure Metamorphism and Subduction Zones, 01 Jun 2009 → 30 Jun 2009; Granada, Spain [http://www.eurispet.eu/index.php?option=com\\_content&task=view&id=15&Itemid=30](http://www.eurispet.eu/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=30)
- Curso de Especialização: Consolidação de taludes e encostas – problemáticas e abordagens técnicas de solução, 4 e 5 de Junho de 2009, Universidade de Évora, <http://www.cc-eg.uevora.pt/CartazTaludes20090604.pdf>
- Pedra e Arquitectura, 4 e 5 de Junho de 2009, Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNL, <http://www.dct.fct.unl.pt/index.asp>
- American Association of Petroleum Geologists (AAPG) Annual Convention and Exhibition, 07 - 10 Jun 2009; Denver, United States, <http://www.aapg.org/meetings/annual.cfm>
- Contact / Surface 2009 — Ninth International Conference on Computational Methods and Experimental Measurements for Surface Effects and Contact Mechanics, 09 - 11 Jun 2009; Algarve, Portugal, <http://www.wessex.ac.uk/conferences/2009/index.html>
- CMEM 2009 — Fourteenth International Conference on Computational Methods and Experimental Measurements, 10 - 12 Jun 2009; Algarve, Portugal, <http://www.wessex.ac.uk/conferences/2009/index.html>
- SGEM — International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference and Expo, 14 - 19 Jun 2009; Albena Resort, Bulgaria, <http://www.sgem.org/>
- Goldschmidt™2009 - "Challenges to Our Volatile Planet", June 21 - 26 in Davos, Switzerland, <http://www.goldschmidt2009.org/index>
- Engineering Mechanics, Structures, Engineering Geology (Emeseg '09), 22 - 24 Jul 2009; Crete Island, Greece, <http://www.wseas.org/index.html#upcoming>
- Decadal to Millennium-Scale Land-Ocean Interactions in the Geological Record: Blueprints for the 21st century?, 21 - 24 June, 2009, Egmond aan Zee (Netherlands), <http://www.geography.dur.ac.uk/projects/igcp495/ForthcomingMeetings/5thMeetingNetherlands09/tabid/3254/Default.aspx>
- Spain – China Symposium on Geophysical & Geochemical Systems (SG3), 22 – 25 June, University of Zaragoza, Spain.
- Royal Meteorological Society's 2009 Conference, University of Reading, UK, 29 June - 2 July.
- Global Conference on Global Warming 2009, Istanbul, Turquia, 5 - 9 Julho 2009.
- MAEGS-16 — Meeting of the Association of European Geological Societies, Geology for Society: Education and Cultural Heritage, 09 - 13 Jul 2009; Cluj-Napoca, Romania, <http://bioge.ubbcluj.ro/maegs16/>
- Base Metals Conference 2009, 27 - 31 Jul 2009; Kasane, Botswana, [http://www.saimm.co.za/events/SAIMM\\_Events.asp](http://www.saimm.co.za/events/SAIMM_Events.asp)
- 18th International Conference on Nucleation & Atmospheric Aerosols, Praga, República Checa, 10-14 Agosto, 2009.
- SPIE Europe Remote Sensing 2009, Berlin, Alemanha, 31 Agosto - 3 Setembro 2009.
- Rodinia 2009: Supercontinents, Superplumes, and Scotland, 6 - 13 September, Edinburgh, Scotland, UK, <http://www.geos.ed.ac.uk/research/subsurface/palaeomagnetism/Rodinia2009.html>
- European Aerosol Conference Karlsruhe, Germany, 06-11 September 2009, <http://aerosols.univie.ac.at/index.php?id=473>
- Sustainable development and management of groundwater resources of hard rock terrains. Joint IAH/IAHS International Convention combining 37th IAH Congress and 8th IAHS Scientific Assembly. 7-12 Sep 2009, Hyderabad, INDIA. <http://www.appliedhydrology.org/iahs/>
- 2nd International FEFLOW User Conference (FEFLOW 2009). 14-18 Sep 2009 Berlin, GERMANY, <http://feflow2009.dhi-wasy.de>.
- Congresso de Pós-graduação do CGE, 18 e 19 de Setembro, CGE, Universidade de Évora, <http://www.cge.uevora.pt>
- ModelCARE2009: Managing Groundwater and the Environment. 7th International Conference on Calibration and Reliability in Groundwater Modeling. Organised by International Commission for Groundwater (ICGW) of the International Association of Hydrological Sciences (IAHS). 20-23 Sep 2009, Wuhan, CHINA, <http://www.modelcare2009.org/>
- XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia - XVI CBA, Belo Horizonte, MG, Brasil, 22 a 25 de Setembro de 2009.
- 9º SILUSBA, Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, 28-30 Out 2009, Benguela, ANGOLA, <http://www.aprh.pt/9silusba/>
- 8th EARLINET-ASOS Workshop. Bucharest, Romania, 28-30 September, 2009
- 9th Annual Meeting of the European Meteorological Society (EMS) / 9th ECAM. Toulouse, France, 28 September – 02 October 2009
- Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa – CZCPP, 30 Set – 2 Out 2009, Santa Catarina, Brasil. <http://www.coastgis.com.br/czcopp/>
- Geological Society of America Annual Meeting, 18 - 21 October, Portland, OR, USA, <http://www.geosociety.org/meetings/2009/>
- Towards Other Earths: Perspectives and Limitations in the ELT Era, 19 - 23 Oct 2009; Porto, Portugal, <http://www.astro.up.pt/investigacao/conferencias/toe2009>
- International Geoscience Programme Project 495 Quaternary Land-Ocean Interactions. Driving Mechanisms and Coastal Responses, 24th - 30th October 2009, Conway, South Carolina, <http://www.geography.dur.ac.uk/projects/igcp495/ForthcomingMeetings/6thMeetingUSA09/tabid/3411/Default.aspx>
- Cities on Volcanoes 6 - Tenerife 2009, 16 Nov 2009 → 20 Nov 2009; Granadilla de Abona, Tenerife, Canary Islands, Spain, <http://www.citiesonvolcanoes6.com/>
- 34th International Geological Congress, 2012-August 5-15-IUGS-Brisbane, Australia, [www.ga.gov.au/igc2012](http://www.ga.gov.au/igc2012)

Para mais informação contactar:

**Joaquim Luís Lopes** Centro de Geofísica de Évora e Departamento de Geociências da Universidade de Évora - [lopes@uevora.pt](mailto:lopes@uevora.pt)

## Anúncio

Os Departamentos de Física e de Geociências da Universidade de Évora e o Centro de Geofísica de Évora, Centro de Excelência da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, oferecem para o próximo ano lectivo 2009/2010 **uma bolsa ao melhor estudante do Ensino Secundário**, que conclua em 2009 o 12º ano nos agrupamentos científico-naturais e que pretenda ingressar no Ensino Superior na Universidade de Évora, no curso de Ciências da Terra e da Atmosfera.

A bolsa consiste no pagamento da propina anual do 1º ano e poderá ser renovada para os anos subsequentes (2º e 3º anos) se o aluno concluir o 1º ano com média igual ou superior a 14.

A oportunidade de prosseguir no mestrado oferecido pela Universidade de Évora correspondente a este curso e de optar por investigação em Ciências da Terra, da Atmosfera e do Espaço será assegurada, desde que o aluno conclua o 1º ciclo de estudos ao fim dos três anos, com média igual ou superior a 14.

A candidatura à bolsa deverá ser enviada aos Presidentes do Departamento de Física e de Geociências da Universidade de Évora e ao Director do Centro de Geofísica de Évora, em carta explicando sumariamente as razões e as expectativas de opção pelo curso e fornecendo os dados pessoais (nome, idade, morada e contactos), acompanhada do certificado das notas dos 11º e 12º anos. Os candidatos poderão ser convidados a entrevista para apuramento final. A bolsa tornar-se-á efectiva logo após a colocação, através do concurso geral de acesso, dos candidatos seleccionados.

As candidaturas deverão ser enviadas até finais de Agosto, para o seguinte endereço:

Departamento de Física/Geociências/Centro de Geofísica de Évora

Universidade de Évora

Rua Romão Ramalho, 59, 7000 Évora

Fax: 266 745394

## GeoArtigo

### The Évora Geophysics LIDAR : new observational potentials for the atmospheric Sciences in Portugal

**Frank Wagner** *Centro de Geofísica de Évora, Universidade de Évora.*

Aerosol particles play a major role in the Earth climate system. They affect the climate directly due to their interaction with the incoming solar (short wave) and the outgoing thermal (long wave) radiation. They also affect the climate indirectly through the modification of cloud properties. Furthermore they play their part in environment issues and human health.

However the present knowledge of aerosol properties and their spatial as well as temporal distribution is far from sufficient to properly estimate the influence of aerosol particles on climate. Here should be highlighted that the vertical distribution of particles is one of the least known parameter though is very important for intercontinental or long-range transport of aerosols and for the direct radiative interaction between particles and clouds. It is a significant difference in terms of climate effects if a cloud is located below or above or if it is embedded in an aerosol layer.

Therefore the Geophysics Center of Évora purchased recently a portable so-called 3+2 Raman Lidar to determine the vertical profile of atmospheric aerosol particles. It will be the only lidar in Portugal of this type. The CGE-Lidar will emit laser light at the wavelengths 355, 532, 1064 nm and receive elastic backscattered light at the same wavelengths as well as the inelastic backscattered light

(Raman shifted) at 387 and 607 nm. The device is designed that the aerosol particles in the whole troposphere can be measured with a vertical resolution of 30 m.

The measured signals are then transformed into backscatter coefficients at 3 wavelengths (355, 532, 1064 nm) and extinction coefficients at 2 wavelengths (355 and 532 nm). Using a high sophisticated inversion algorithm enables to derive the vertical profile of the particle volume size distribution and the effective radius.

The CGE Lidar may be upgraded with a polarization channel at 532 nm. The perpendicular and parallel polarized light will be detected separately and consequently the depolarization ratio can be determined. From this ratio, information on particle shape can be obtained. This is especially important for cloud measurements in order to distinguish cloud droplets from ice crystals, which again is very important for climate studies.

It should be emphasized the location of Portugal with respect to the observation of various aerosol types (desert dust, European pollution, maritime aerosols) and the ability to detect small changes in the atmospheric aerosol load comparing with other places in Europe. This makes Portugal a very important observational site for aerosol studies.



### CGE Lidar in Networks

The CGE joined already or will join in the near future networks consisting of lidars. Such networks are very important because they produce datasets on regional or even continental scales which can be used for validation of models (e.g. climate models) and for validation of space-borne lidars such as CALIOP onboard the CALIPSO satellite (for more information see <http://www-calipso.larc.nasa.gov>).

Such networks aim maintaining measurements for all stations at the highest possible level. This includes spreading of good practice for system control and operation as well as end-to-end checks of performance.

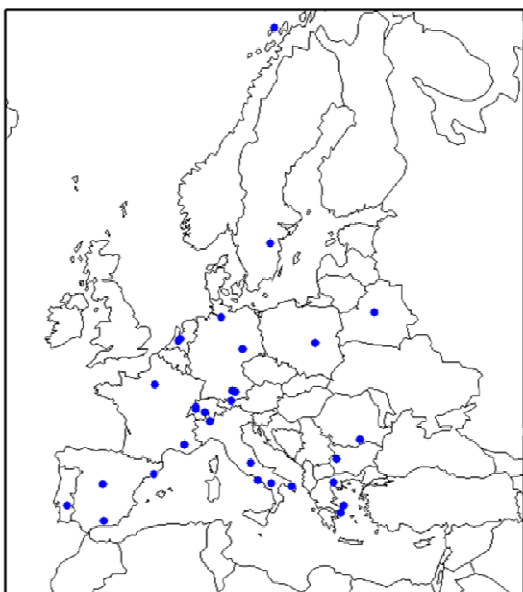


Fig.1 - Lidar stations in EARLINET

Lidar networks also provide common standards in data retrievals and algorithms and they establish a platform for cooperation and coordination. Hence all network members will highly benefit.

CGE already joined the European Aerosol Research Lidar Network (EARLINET, <http://www.earlinet.org>) and - as it can be seen in the figure 1 - it extends the network to the west. CGE is currently in the process of becoming a member of the SPANish Lidar NETWORK (Spalinet <http://www.lidar.es/spalinet>). In the near future it is planned that CGE will also join the so-called Polly-Net (<http://polly.tropos.de/lidar>) which is a network of portable Raman lidar systems.

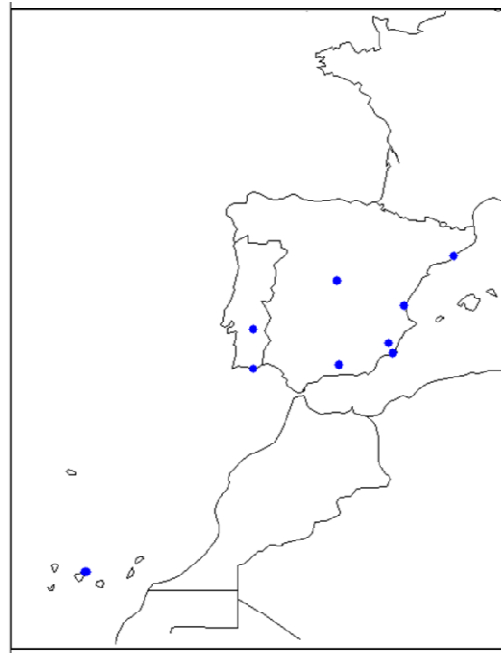


Fig.2 - Lidar stations in Spalinet

## GeoArtigo

### Breve descrição histórica e modelação do tsunami de 1 de novembro de 1755

Ângela Santos *Centro de Geofísica de Évora, Universidade de Évora.*

#### Introdução

Os testemunhos históricos que descrevem tanto o sismo como o tsunami são vastos e bastante completos, e um estudo focalizado apenas nos dados históricos referente ao tsunami deveria ser efectuado. Assim, devido à larga escala deste evento, não é possível reproduzir todos os testemunhos neste artigo, por limitação de espaço. Por estas razões, a hora e duração do sismo são apresentadas, sem discussão. Além disso, apenas os testemunhos que falam sobre os tempos de chegada do tsunami são apresentados. A modelação hidrodinâmica do tsunami é efectuada e a sua validação é obtida pela comparação entre os tempos de percurso observados e calculados.

#### Descrição histórica

Os locais onde há descrições históricas estão assinalados na Figura 1, e os testemunhos originais são os seguintes:

Kinsale: "[...] between the hours of 2 and 3 in the afternoon [...] a large body of water suddenly poured into this harbour [...]" (Borlase, 1756)

Mount-pier: "[...] A little after two o'clock in the afternoon [...] the sea was observed at Mount-pier to advance suddenly from the eastward [...]" (Borlase, 1756)

Penzance: "[...] Penzance pier lies three miles west of the Mount, and the reflux was first observed here 45 minutes after two [...]" (Borlase, 1756)

Newlyn: "[...] Here the flux was observed first, as at the Mount, and came in from the southward, nearly at the same time as at the Mount and Penzance [...]" (Borlase, 1756)

Ayamonte: "chegou 1h depois" (Solares and Arroyo, 2005)

Huelva: "chegou 55 min depois" (Solares and Arroyo, 2005)

Convento da Nossa Senhora Regla: "chegou 1h e 15min depois." (Solares and Arroyo, 2005)

Puerto Santa Maria: "Chegou 65 minutos depois." (Solares and Arroyo, 2005)

Carraca: "chegou 1h e 15 min depois." (Solares and Arroyo, 2005)

Cadiz: “chegou 78 min depois” (Solares and Arroyo, 2005); “[...] quando pelas 11 horas [...] se retirou, e em poucos voltou depois com tanto impetu [sic] [...]” (Pereira de Sousa, 1919)

Sale: “Depois do terramoto, mais ou menos quinze minutos, ouvimos um grande ruído no mar e logo depois desapareceu a água [...]. Por força disso ficaram os barcos assentes na terra, em virtude da água ter desaparecido. Depois a água voltou, num instante e com grande furor e, tendo ultrapassado o nível habitual [...]” (Abdelaziz, 2005)

Freguesia de Lavos, Conselho da Figueira da Foz: “[...] mas sim se vio mea ora [sic] com pouca diferença depois deste terremoto [sic] que o rio obrigado do grande e estranho fluxo do mar (---) e se inundou com tanta força que algumas pessoas se precisavão [sic] fugir a toda a preça [sic] [...]” (IMP, 1756)

Praia do Porto Novo: “[...] O mar estava acabando de encher ao tempo do terremoto [sic] e cinco quartos depois e que se viu, levantando, enchendo primeiro e vazando depois [...]” (Pereira de Sousa, 1928)

Cruz Quebrada: “[...] O mar depois dos tres [sic] movimentos da terra, estando a maré via [sic] teria passado um quarto de hora, tres [sic] vezes entrou pela terra pelo mesmo espaço com que foram os movimentos da terra, e com tanto impeto [sic] que botou abaixo as guardas da ponte da Cruz Quebrada, limite d'esta freguezia [sic] [...]” (Pereira de Sousa, 1928)

Farol do Bugio: “[...] about half an hour after the earthquake, a great sea wave was seen from the Bugio Tower, at the mouth of the Tagus, approaching Lisbon [...]” (Kozak et al, 2005)

Cabo São Vicente: “Passados 6 ou 7 minutos recolheu-se [sic] o mar; [...] e depois cresceu [sic] com tanta furia [sic], que igualou a rocha e muralhas da fortaleza do Beliche [...]” (Pereira de Sousa, 1919)

Lagos: “[...] e depois do terramoto, passado um quarto de hora, pouco mais ou menos, se elevou o már [sic] de sorte, que parecia tocár [sic] as nuvens [...]” (Pereira de Sousa, 1919)

Funchal: “[...] About an hour and a half after the shock had ceased, the sea, [...] was observed to retire suddenly some paces and then arise with a great swell [...]” (Heberden, 1756)

O choque mais forte foi sentido cerca das 9:45 – 9:50 da manhã. A duração total do sismo variou entre 8 e 15 minutos. Atendendo a estas considerações e aos testemunhos originais, os tempos de percurso e resposta iniciais estão representados na Tabela 1.

No Reino Unido considerou-se um tempo mínimo e máximo por causa das incertezas relacionadas com a hora do sismo e os tempos de chegada do tsunami. A exceção é em Newlyn, onde a testemunha diz que o tsunami chegou quase à mesma hora que em Mount-pier (com um tempo mínimo estimado em 255 minutos) e Penzance (tempo de percurso máximo de 300 minutos), conduzindo a um intervalo de 45 minutos.

Em Cadiz houve uma retirada do mar cerca de 70 a 75 minutos (considerando a incerteza relativa à hora do sismo) e aos 78 minutos a primeira onda foi observada.

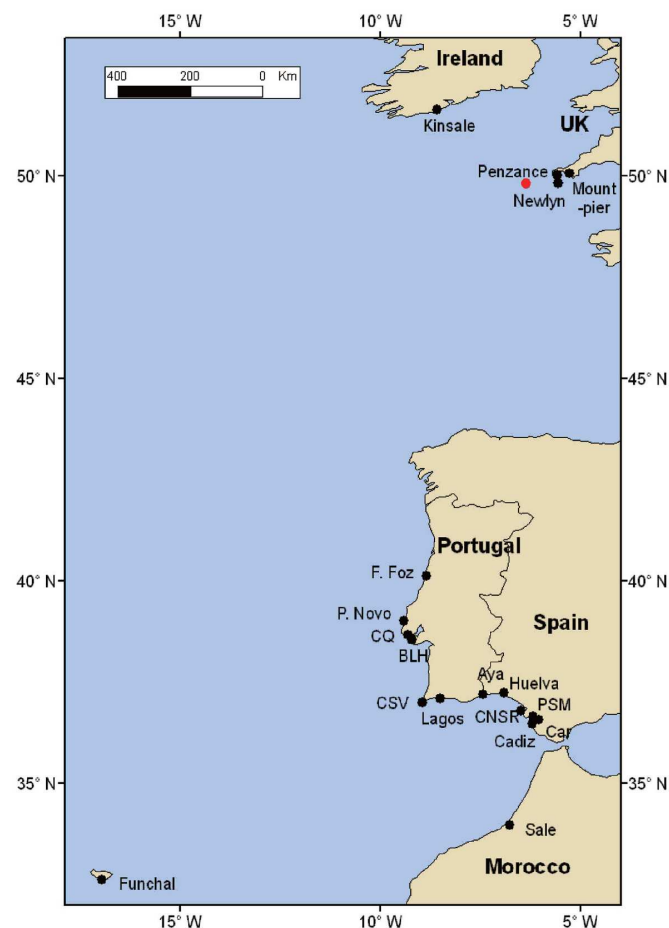
Em Sale, a testemunha diz que cerca de 15 minutos depois do sismo, ouviram um som vindo do mar. Depois houve uma retirada da água e finalmente a água regressou. Isto significa que o som ocorreu entre 23 e 30 minutos depois do sismo ter iniciado (considerando a incerteza relativamente à longa duração do sismo). Neste estudo as palavras depois e finalmente são interpretadas como 10 minutos, e este intervalo deve ser adicionado à sequência dos eventos descrita pela testemunha. Assim sendo, o tempo total desde que o sismo teve início até à água ter recuado deve ser entre 33 e 40 minutos. Este intervalo será considerado como o tempo de percurso.

Na Freguesia de Lavos, Conselho da Figueira da Foz, Cruz Quebrada e Lagos as testemunhas dizem explicitamente que um determinado tempo depois do sismo ter terminado, a primeira onda chegou. Pelo que os tempos de percurso nestes locais foram obtidos pela adição dos tempos mínimo e máximo da duração do sismo.

No Cabo São Vicente, 6 a 7 minutos depois do sismo ter iniciado, o abaixamento da água foi observado. Isto significa que a testemunha viu a água a retirar-se enquanto o sismo estava a ocorrer. Tal como em Sale, a expressão depois é interpretada como 10 minutos, e portanto a primeira onda chegou cerca de 16 a 17 minutos depois do sismo ter iniciado.

### Discussão

Neste estudo a fonte do tsunami foi considerada no Banco de Gorringe (Jonhston, 1996) e os resultados da simulação hidrodinâmica do tsunami são apresentados na Tabela 1. No caso de um evento histórico como o tsunami de 1755 é sempre necessário ter em consideração que a informação disponível é limitada e que a interpretação dos testemunhos históricos é subjectiva. No entanto, pode-se concluir que a simulação no Gorringe fornece, de um modo geral, melhores tempo de percurso, quando comparado com estudos anteriores (Baptista *et al.*, 1996; Baptista *et al.*, 1998; Baptista *et al.*, 2003; Gutter *et al.*, 2006), como é apresentado na Tabela 1. Por outro lado, a modelação numérica da intensidade sísmica conduzida por Grandin *et al.*, 2007 mostrou que a fonte do Gorringe é a fonte que explica melhor as intensidades observadas, para o sismo de 1755, dando credibilidade extra a este estudo. Uma discussão mais detalhada é desenvolvida em Santos *et al.*, 2009.



**Figura 1:** Locais onde há descrições históricas referentes à hora da chegada do tsunami.



Tabela 1: Sumário dos tempos de percurso observados e modelados. Autores anteriores são: Baptista *et al.*, 1996 [1]; Baptista *et al.*, 1998 [2]; Baptista *et al.*, 2003 [3]; Gutscher *et al.*, 2006 [4]. \* Modelado em Oeiras.

Local	Tempos de percurso observados (min) (-/+)	Resultados dos modelos: Tempo de percurso - 1º pico (min)					
		Fonte G [1,2]	Fonte S [2]	Fonte L [1,2]	[3]	[4]	Este estudo
Kinsale	250 – 315(+)	---	---	---	---	---	<b>256 – 262(+)</b>
Mount-pier	255 – 260(+)	---	---	---	---	---	238 – 246(+)
Penzance	295 – 300(+)	---	---	---	-- 268	---	232 – 240(+)
Newlyn	255 – 300(+)	---	---	---	---	---	232 – 239(+)
Ayamonte	60(+)	---	---	---	---	---	<b>54 – 60(+)</b>
Huelva	55(+)	-- 98	-- 80	-- 74	-- 83	-- 52	76 – 82(+)
C N S Regla	75(+)	---	---	---	---	---	77 – 82(+)
P. Sta Maria	65(+)	---	---	---	---	---	79 – 85(+)
Carraca	75(+)	---	---	---	---	---	80 – 86(+)
Cadiz	70 – 75(-) 78(+)	-- 88	-- 70	-- 70	-- 58	-- 36	<b>70 – 73(-) 77 – 81(+)</b>
Sale	33 – 40(-) 43 – 50(+)	---	---	---	---	---	47 – 53(-) 56 – 60(+)
Lavos, F. Foz	38 – 45(+)	-- 80	-- 53	-- 50	-- 86	-- 83	72 – 78(+)
Porto Novo	75(+)	---	---	---	---	---	51 – 60(+)
Cruz Quebrada	23 – 30(+)	-- 43 *	-- 28 *	-- 22.6 *	-- 35 *	-- 51 *	<b>29 – 35(+)</b>
Farol do Bugio	30(+)	---	---	---	---	---	23 – 27(+)
Cabo São Vicente	6 – 7(-) 16 – 17(+)	-- 43	-- 25	-- 21	-- 19	-- 22	<b>17 – 22(+)</b>
Lagos	23 – 30(+)	---	---	---	---	---	32 – 38(+)
Funchal	90(+)	-- 70	-- 78	-- 81	-- 83	-- 72	55 – 58(+) <b>98 (Max)</b>

## Referências

Abdelaziz, C., "Os Efeitos do Terramoto de Lisboa em Marrocos 1 de Novembro de 1755," 1755 - O Grande Terramoto de Lisboa, Vol.1, pp. 265-294, Gradiva, 2005  
 Baptista, M. A., Miranda, P. M., Miranda, J. M. and Mendes Victor, L., "Rupture Extent of the 1755 Lisbon Earthquake Inferred From Numerical Modeling of Tsunami Data," Phys. Chem. Earth, Vol.21, No.12, pp. 65-70, 1996  
 Baptista, M. A., Miranda, P. M., Miranda, J. M. and Mendes Victor, L., "Constraints on the Source of the 1755 Lisbon Tsunami inferred from numerical modeling of historical data on the source of the 1755 Lisbon Tsunami," Jour. Geodynamics, Vol.25, No.2, pp. 159- 174, 1998  
 Baptista, M. A., Miranda, J. M., Chierici, F. and Zitellini, N., "New study of the 1755 earthquake source based on multi-channel seismic survey data and tsunami modeling," Natural Hazards and Earth System Sciences, 3, pp. 333-340, 2003  
 Borlase, W., "Letter From the Rev. William Borlase, A.M.F.R.S. to the Rev. Charles Lyttleton, LL. D. Dean of Exeter," Philosophical Transactions, 49-58, Letter 15, pp. 373-378, 1756  
 Grandin, R., Borges, J. F., Bezzeghoud, M., Caldeira, B. and Carrilho, F., "Simulations of strong ground motion in SW Iberia for the 1969 February 28 (Ms 8.0) and the 1755 November 1 (Ms = 8.5) earthquakes - II. Strong ground motion simulations," Geophys. J. Int., 171, pp. 807-822, 2007  
 Gutscher, M.-A., Baptista, M. A. and Miranda, J. M., "The Gibraltar Arc seismogenic zone (part 2): Constraints on a shallow east dipping fault plane source for the 1755

Lisbon earthquake provided by tsunami modeling and seismic intensity," Tectonophysics, 426, pp. 153-166, 2006  
 Heberden, T., "An Account of the Earthquake in the Island of Madeira, Nov. 1, 1755, in a Letter from Dr. Tho Heberden, To His Brother Dr. William Heberden, F.R.S.," Philosophical Transactions, 49-59, Letter 17, pp. 432-434, 1756  
 IMP, "Arquivo do Ministério do Reino, Maço N. 638, Respostas Paroquiais ao Inquérito do Marquês de Pombal, Arquivo Nacional da Torre do Tombo, Lisboa, 1756  
 Johnston, A., "Seismic moment assessment of earthquakes in stable continental regions - III. New Madrid 1811-1812, Charleston 1886 and Lisbon 1755," Geophys. J. Int., 126, pp. 314 -344, 1996  
 Kozak, J.T., Moreira, V.S and Oldroyd, D. R., "Iconography of the 1755 Lisbon Earthquake," Geophysical Institute of the Academy of Sciences of the Czech Republic, 78 pp, Praha, 2005  
 Pereira de Sousa, L., "O terramoto do 1.- de Novembro de 1755 em Portugal," Serviços Geológicos, Vol.1, pp 1-277, 1919  
 Pereira de Sousa, L., "O terramoto do 1.- de Novembro de 1755 em Portugal," Serviços Geológicos, 3, pp. 480-940, 1928  
 Santos, A., Koshimura, S. and Imamura, F., "The 1755 Lisbon Tsunami: Tsunami source determination and its validation", Journal Disaster Research, vol.4, No. 1, pp. 41-52, 2009  
 Solares, J and A. Arroyo, A., "O Terramoto de 1755 em Espanha," 1755 - O Grande Terramoto de Lisboa, Vol.1, pp. 237-264, Gradiva, 2005

## GeoPalavra Avaliação dos riscos de natureza económica e ambiental relativos aos usos múltiplos da água no Empreendimento de Alqueva

V. Bushenkov<sup>(1)</sup>, R. Frago<sup>(2)</sup>, C. Marques<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidade de Évora, Departamento de Matemática, CIMA-UE

<sup>(2)</sup> Universidade de Évora, Departamento de Gestão, CEFAGE-UE

O Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA), para além da regularização do rio Guadiana em Portugal, prevê o abastecimento urbano-industrial que poderá vir a beneficiar mais de 200 mil pessoas, a instalação de novos regadios (110 mil ha) e a produção de energia hidroelétrica (240 GWh). A Barragem de Alqueva é a principal infra-estrutura, podendo a água armazenada ser utilizada na agricultura, no abastecimento urbano-industrial, na produção de energia elétrica e nos usos ambientais e recreativos. Este uso múltiplo da água coloca o problema da afectação eficiente entre os diversos utilizadores e principalmente entre a agricultura e o ambiente, com a necessidade de garantir níveis mínimos de água na

albufeira de Alqueva e no rio Guadiana a jusante da barragem, minimizando os riscos e os efeitos negativos que se possam a produzir.

Para o estudo do problema multi-objectivo da afectação eficiente da água entre os seus diversos utilizadores no EFMA foi aplicado o Feasible Goals Method / Interactive Decision Maps (FGM/IDM). O FGM/IDM permite fazer a descrição de todas as soluções possíveis para todos os objectivos considerados (Lotov, et al 2004). Uma das suas grandes vantagens é que possibilita a apresentação, numa forma explícita, da informação agregada contida num modelo de decisão multi-objectivo.

No caso do modelo linear, o conjunto dos valores atingíveis dos objectivos pode ser descrito como um poliedro.

Para a aplicação ao EFMA, foi desenvolvido um modelo de programação linear multi-objectivo (Bushenkov et al, 2007; e Fragoso, Bushenkov, et Marques, 2009), que descreve os objectivos de maximização do rendimento agrícola (F1), de minimização da poluição agrícola de nitratos (F2), de maximização da produção de energia hidroeléctrica (F3), de maximização do consumo de água nos usos urbano-industriais (F4) e de minimização dos gastos de água na albufeira de Alqueva (F5). Estes objectivos estão condicionados pela disponibilidade média anual de água nas albufeiras de Alqueva e Pedrogão e pelas condições de uso da terra.

Começou-se por maximizar F1 e F3, revelando os resultados que a fronteira de Pareto é constituída por um único ponto, que corresponde aos valores máximos destes critérios (F1 = 139,84 milhões € e F3 = 240 GWh).

A análise trade-off entre F1 e F5 (Figura 1), permite concluir que é no ponto C (F1=132 milhões € e F5 = 2275 hm<sup>3</sup>) que se verifica o maior compromisso entre o rendimento agrícola e o gasto de água em Alqueva. Por isso, as análises seguintes serão realizadas para um máximo de F1 de 132 milhões €.

Na análise do compromisso entre F1, F2 e F5, em que se limitou o valor superior de F2 a 1800 Ton (Figura 2), é possível identificar um compromisso razoável de concretização simultânea dos objectivos F1, F2 e F5 na proximidade do ponto C.

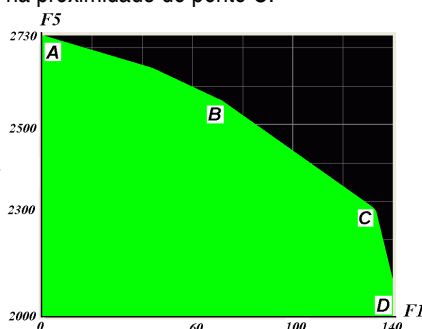
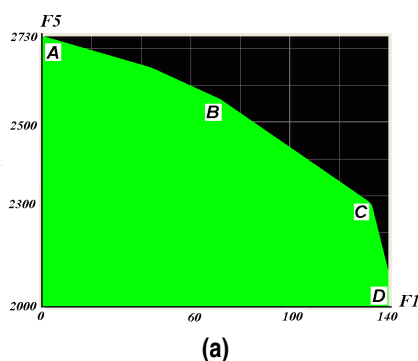
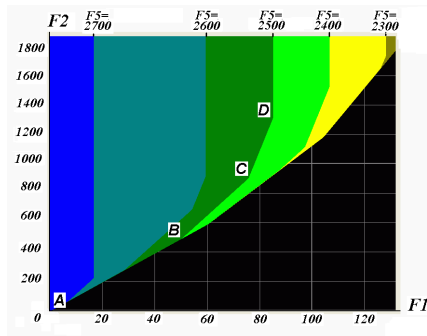


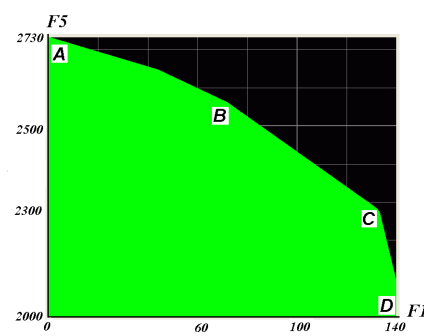
Figura 1



(a)



(b)



(c)

Figura 3

Os desenhos tridimensionais apresentados na Figura 3 representam as fronteiras de Pareto obtidas na análise do compromisso entre F1, F2, F4 e F5, para diferentes valores de F5 (2200, 2300 e 2400 hm<sup>3</sup>), onde os valores de F4 estão representados por diferentes lâminas (0, 10, 20, ..., 80), sendo no desenho (c), para um valor de F5 de 2400 hm<sup>3</sup>, que o conflito entre esses quatro objectivos aumenta significativamente.

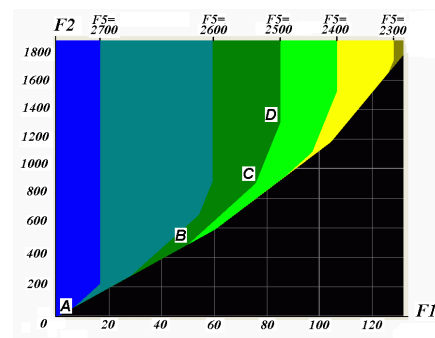


Figura 2

No desenho (b) da Figura 3 correspondente a F5 de 2300 hm<sup>3</sup> foi escolhida para análise a lâmina correspondente a um F4 de 70 hm<sup>3</sup>, i.e., cerca de 80% das estimativas das necessidades de água para o consumo urbano-industrial, sendo identificado o ponto C para o compromisso entre o rendimento agrícola (F1 = 108 milhões €) e a poluição de nitratos (F2 = 1400 Ton).

Esta solução traduz transferências anuais de água da albufeira de Alqueva para a albufeira de Pedrogão de 755 hm<sup>3</sup> e um consumo na agricultura de 363 hm<sup>3</sup> destinados à rega de frutos (30.000 ha), vinha (22.000 ha) e olival (37.000 ha).

### Bibliografia.

- [1] A.Lotov, V.Bushenkov, G.Kamenev "Interactive Decision Maps. Approximation and Visualization of Pareto Frontier". – In Series: Applied Optimization, vol. 89, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2004.
- [2] V.Bushenkov, R.Fragoso, et C.Marques. Usos múltiplos da Água no empreendimento de Alqueva: uma abordagem multi-objectivo, International Congress Energy and Environment Engineering and Management, Badahoz, Spain, July 2007.
- [3] R.Fragoso, V.Bushenkov, et C.Marques. Usos múltiplos da Água no empreendimento de Alqueva: uma abordagem multi-objectivo, Investigação Operacional, 2009.

### Direcção e Coordenação Editorial

Alexandre Araújo

Correio electrónico: gboletim@uevora.pt

Depósito legal: 238091/06

ISSN: 1646-3676, Maio, 2009

### Painel Editorial

Alexandre Araújo, Ana Maria Silva, Maria Rosa Duque, Joaquim Luís Lopes, Mourad Bezzeghoud e Rui Namorado Rosa

Tiragem: 500 Exemplares

Este Boletim é impresso em papel reciclado no Serviço de Reprografia e Publicações da Universidade de Évora.

Apoio: **FCT** Fundação para a Ciência e a Tecnologia  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

