

Workshop em Ciências da Terra e do Espaço 2015

Workshop em Ciências da Terra e do Espaço

Livro de Actas 2015

Programa Doutoral em Ciências da Terra e do Espaço

Universidade de Évora

UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ISBN: 978-989-98836-2-8



UNIVERSIDADE DE ÉVORA
INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO
E FORMAÇÃO AVANÇADA

Workshop em Ciências da Terra e do Espaço

Livro de Actas 2015

**no âmbito da Unidade Curricular de Seminário do
*Programa doutoral em Ciências da Terra e do Espaço***

e

Mestrado em ciências da Terra, da atmosfera e do Espaço

Universidade de Évora

Instituto de Investigação e Formação avançada e Departamento de Física

Editores:

Bento Caldeira

Maria João Costa

Titulo: Workshop em Ciências da Terra e do Espaço - Livro de Actas 2015

Coordenadores: Bento Caldeira e Maria João Costa

Editores: Bento Caldeira e Maria João Costa

Janeiro de 2014

(c) Universidade de Évora

Rua Romão Ramalho, 59

7000-671 Évora Portugal

ISBN: 978-989-98836-2-8

Índice

Prefácio	5
Agradecimentos	6
Programa	7
The Effect of Aerosols on the Local Fair Weather Atmospheric Electric Field-A Case Study <i>Marta Melgão, A.H. Reis, M.J. Costa, H. Silva</i>	9
Magy v1.0 – Programa de Processamento de Dados Magnéticos <i>Samuel Neves</i>	15
Avaliação e Caracterização da Contaminação de Sedimentos, Solos e Aluviões em Clima Tropical, na envolvente de uma Unidade de Processamento de Metais Pesados: Resultados Preliminares de um Projecto de Remediação do Córrego Consciência, Bacia do Rio São Francisco, MG, Brasil <i>Catarina Pinho</i>	27
Estudo da Sismicidade em Portugal no período 1300- 2014: Mapa de Intensidade Máxima Observada (IMO) <i>Célia Ferrão, M. Bezzeghoud, B. Caldeira, J.F. Borges</i>	39
Instrumentação Ambiental de Detecção Remota Aplicada ao Estudo de Componentes Minoritários na Atmosfera Antártica <i>Rui Mendes, D. Bortoli</i>	51
Contractional kink-bands in late variscan episodes on Iberian massif; genesis of flexural slip folds <i>Noel Moreira, R. Dias</i>	61
Tomografia de Refracção Sísmica Aplicada ao estudo de Contaminação de Solos. Estudo de Caso <i>Osório Cavacundo</i>	73

Regime Geotérmico da Região Sul de Portugal Continental: Descrição da Análise e Processamento de Dados Obtidos em Furos <i>Eduardo Eliseu</i>	87
Is wintertime air quality in Évora deteriorating as a consequence of the economical crisis in Portugal? <i>Nelson Monteiro, I. Malico, S. Pereira, M.J. Costa</i>	97
Desenvolvimento de Metodologias eficazes de Prospecção Geofísica Aplicadas a diferentes Ambientes Arqueológicos: o Caso de Horta da Torre (resultados preliminares) <i>Rui Oliveira, S. Neves, B. caldeira, J.F. Borges, T. Teixeira</i>	107
Idades U/Pb em Zircões dos Sienitos do Maciço Cretácico de Sines: novos resultados e implicações geodinâmicas <i>Luís Albardeiro, M. Pereira, C. Gama, M. Chichorro</i>	115
Radiação Solar: estudo e criação de plataforma de apoio conceção de um sensor de radiação solar <i>André Albino, R. Salgado, M. Tlemçani</i>	125
Um Planeta em Mudança: Discussão Museológica sobre a Teoria da Tectónica de Placas <i>Karina Garcia, R. Dias, J. Brandão</i>	135
Intensidades máximas observadas nos Açores (Portugal); resultados preliminaries <i>João Fontiela, M. Bezzeghoud, F. C. Rodrigues, P. Rosse</i>	145
Cloud Characterization from interpolation of seviri imagery <i>Vanda Salgueiro, M.J. Costa, A.M. Silva</i>	153
Main features associated to the precipitation in Madeira and the atmospheric rivers in the winter seasons <i>Flávio Couto, R. Salgado, M.J. Costa, V. Prior</i>	161

Prefácio

O presente livro foi produzido no âmbito das atividades da unidade curricular Seminário do programa de Doutoramento em Ciências da Terra e do Espaço (DCTE) e do Mestrado em Ciências da Terra, da Atmosfera e do Espaço (MCTAE), que inclui a organização do Workshop em Ciências da Terra e do Espaço da Universidade de Évora (WCTE). É um livro que reúne artigos de investigação produzidos pelos estudantes que frequentam a referida unidade curricular a que se juntam os trabalhos recentes em desenvolvimento pela maior parte dos restantes estudantes que frequentam o DCTE. O WCTE assume-se, desde a sua primeira edição em 2013, como um espaço de partilha de conhecimento e treino na comunicação desse conhecimento, proporcionado aos estudantes da Universidade de Évora que decidiram dedicar a sua vida a investigar no campo das Ciências da Terra. Este ano registámos 18 trabalhos submetidos, que abrangem as várias temáticas que dos cursos MCTAE e DCTE, a cujas apresentações teremos oportunidade de assistir no dia 28 de Janeiro de 2015, no Colégio Luis Verney.

Évora, 21 de Janeiro de 2015

Bento Caldeira e Maria João Costa
Docentes da unidade curricular Seminário

Agradecimentos

Os docentes das Unidades de Seminário do programa Doutoral em em Ciências da Terra e do Espaço e do mestrado em Ciências da Terra, da Atmosfera e do Espaço manifestam o seu reconhecimento aos autores dos trabalhos publicados. Um agradecimento especial ao Prof. Mourad Bezzegoud, diretor do Doutoramento em Ciências da Terra e do Espaço, por todo o apoio incentivo e conselhos, sem os quais este livro dificilmente existiria. Um profundo agradecimento aos orientadores que acompanharam os estudantes, ação que em muito fortaleceu a qualidade científica dos trabalhos aqui apresentados. Sem pretendermos diminuir todos os contributos dados por vários colegas para este trabalho, pretendemos demosntrar a nossa gratidão à Eng^a Cláudia Marques (IIFA/UE) e D. Ana Rita Ferreira pela permanente disponibilidade e pelo apoio na resolução dos problemas que surgiram para produzir o presente livro.

Agradecemos o contributo do Instituto de Investigação e Formação Avançada (IIFA) e da Escola de Ciências e Tecnologia (ECT) da Universidade de Évora

28 de Janeiro de 2015, 9h:00
Colégio Luís Verney
Anfiteatro 1
PROGRAMA WCTE 2015

09h 00 Registo no WCTE 2015

09h 30 Sessão de Abertura Moderação: *Célia Ferrão*

Módulo 1- Moderação: *Karina Garcia*

10h 00 “The Effect of Aerosols on the Local Fair Weather Atmospheric Electric Field-A Case Study” Marta Melgão (UE)

10h 20 “Magy v1.0 – Programa de Processamento de Dados Magnéticos” Samuel Neves (CGE/UE)

10h 40 “Avaliação e Caracterização da Contaminação de Sedimentos, Solos e Aluviões em Clima Tropical, na envolvente de uma Unidade de Processamento de Metais Pesados: Resultados Preliminares de um Projecto de Remediação do Córrego Consciência, Bacia do Rio São Francisco, MG, Brasil” Ana Catarina Pinho (CGE/UE)

11h 00 Pausa para café.

Módulo 2- Moderação: *Samuel Neves*

11h 30 “Estudo da Sismicidade em Portugal no período 1300- 2014: Mapa de Intensidade Máxima Observada (IMO)” Célia Ferrão (CGE/UE)

11h 50 “Instrumentação Ambiental de Detecção Remota Aplicada ao Estudo de Componentes Minoritários na Atmosfera Antártica” Rui Mendes (UE)

12h 10 “Contractional kink-bands in late variscan episodes on Iberian massif; genesis of flexural slip folds” Noel Moreira (CGE/LIRIO/UE)

12h 30 “Tomografia de Refracção Sísmica Aplicada ao estudo de Contaminação de Solos. Estudo de Caso” Osório Cavacundo (ECT/EU)

12h 50 Pausa para Almoço

Módulo 3- Moderação: *Osório Cavacundo*

- 14h 30** “Regime Geotérmico da Região Sul de Portugal Continental: Descrição da Análise e Processamento de Dados Obtidos em Furos” *Eduardo Eliseu* (ECT/UE)
- 14h 50** “Is wintertime air quality in Évora deteriorating as a consequence of the economical crisis in Portugal?” *Nelson Monteiro* (Departamento de Física/ ECT)
- 15h 10** “Desenvolvimento de Metodologias eficazes de Prospeção Geofísica Aplicadas a diferentes Ambientes Arqueológicos: o Caso de Horta da Torre (resultados preliminares)” *Rui Oliveira* (CGE/UE)
- 15h 30** Pausa para café.

Módulo 4- Moderação: *Eduardo Eliseu*

- 16h 00** “Idades U/Pb em Zircões dos Sienitos do Maciço Cretácico de Sines: novos resultados e implicações geodinâmicas” *Luís Albardeiro* (UE/IDL/UL)
- 16h 20** “Radiação Solar: estudo e criação de plataforma de apoio conceção de um sensor de radiação solar” *André Albino* (CGE/UE)
- 16h 40** “Um Planeta em Mudança: Discussão Museológica sobre a Teoria da Tectónica de Placas” *Karina Garcia* (ICT/UE)
- 17h 00** **Sessão de Encerramento**

INTENSIDADES MÁXIMAS OBSERVADAS NOS AÇORES (PORTUGAL); RESULTADOS PRELIMINARES.

JOÃO FONTIELA

Instituto de Ciências da Terra, Departamento de Física, Escola de Ciências e Tecnologia
Universidade de Évora
Évora, Portugal, fontiel@gmail.com

MOURAD BEZZEGHOUD

Instituto de Ciências da Terra, Departamento de Física, Escola de Ciências e Tecnologia
Universidade de Évora
Évora, Portugal,

FRANCISCO COTA RODRIGUES

Departamento Ciência Agrárias, Universidade dos Açores
Angra Heroísmo, Portugal

PHILIPPE ROSSET

ICES, International Centre for Earth Simulation,
Geneva, Switzerland

O Arquipélago dos Açores é uma região sismicamente activa. Desde o seu povoamento no séc. XV o arquipélago foi afectado por 33 sismos de intensidade máxima (I_0) \geq VII. O objectivo é apresentar o primeiro mapa de intensidades máximas observadas (IMO) do arquipélago dos Açores. A elaboração do IMO visa identificar as áreas afectadas no passado por eventos de grande magnitude.

Do catálogo sísmico (1915-2003) foram seleccionados as intensidades máxima dos eventos \geq V. Foram adicionados 14 sismos históricos com $I_0 \geq$ VII que ocorreram entre 1522 e 1912. Os clusters sísmicos associados a erupções vulcânicas (1957/58 e 1964) assim como réplicas foram removidos para evitar o enviesamento dos resultados. Utilizou-se o método de krigagem ([1], [2]) para fazer a interpolação para obter os valores de intensidade dos pontos desconhecidos com base dos pontos e intensidades conhecidas.

O mapa IMO mostra que a parte oriental das ilhas de São Jorge e Graciosa têm os valores de intensidade mais elevados, XI e IX, respectivamente. Nas ilhas da Terceira e Pico as IMO, com intensidades VIII e VII, respectivamente, estão limitadas aos extremos oriental e ocidental. No Faial, uma faixa com direcção NW-SE apresenta os valores de intensidade (X) mais elevada. Em S. Miguel as IMO (VII e X) estão localizadas na parte ocidental, sudeste e norte da ilha. Por fim, só a parte oriental da ilha de Santa Maria apresenta os valores mais elevados de IMO (VI). Não apresentamos resultados para as ilhas Flores e Corvo, devido à reduzida sismicidade que não preenche os critérios estabelecidos para a selecção de sismos com $I_0 \geq$ V. Os mapas IMO não têm capacidade para discriminar os efeitos de sítio, apesar de mostrarem as áreas com elevado movimento do solo.

1.1. Introdução

A descrição dos efeitos causados pelos sismos remonta à 2 500 anos. Desde então, tem sido uma preocupação descrever os efeitos causados pelos sismos. Contudo, a qualidade

e o detalhe das descrições era heterogéneo devido à sensibilidade do observador. Uma vez que as descrições dos efeitos sísmicos encerravam fragilidades, criaram-se escalas macrosísmicas para parametrizar as observações dos efeitos. A intensidade é atribuída pelos efeitos do movimento do solo nas estruturas, tratando-se, portanto, de uma escala descritiva. Actualmente, a intensidade tem, também, sido utilizada na avaliação da perigosidade e do risco sísmico. Quando o número de observações da intensidade de um sismo é considerável, é possível desenhar os mapas de isossistas. Este tipo de mapa mostra o padrão e a distribuição da área afectada pelo eventos. Utilizando relações empíricas, é, ainda, possível estimar o epicentro, a profundidade, a magnitude e a geometria da zona sismogénica ([3], [4], [5], [6], [7], [8] [9])

Apesar dos mapas de isossistas serem desenhados cuidadosamente, estão sujeitos às incertezas relacionadas, por um lado, com a percepção do fenómeno pelo observador e por outro lado, com os critérios utilizados por quem interpreta os dados. [10] elaborou um estudo para avaliar o grau de incerteza na interpretação de dados macrosísmicos. O estudo mostra a necessidade de padronizar os procedimentos. Para evitar a subjectividade no desenho da mapas de isossistas é igualmente necessário criar um padrão para obter resultados aceitáveis.

Assim, para evitar introduzir mais incertezas na produção dos mapas IMO e estimar valores desconhecidos em pontos específicos recorreu-se à técnica geoestatística de krigagem. Vários autores (ex: [11], [12], [13] [14]) aplicaram o método de krigagem para produzir mapas de isossistas. [15] e [16] aplicam a krigagem para produzir mapas IMO para a Argélia e Portugal continental, respectivamente.

Os Açores desde o povoamento, séc. XV, foram assolados por fenómenos naturais, como sismos, vulcões, tsunamis, tempestades. De acordo com [17] foram reportadas 26 erupções, 12 das quais subaéreas. A par das erupções vulcânicas, registaram-se sismos fortes e muito fortes ($M \geq 5$) (Figura 1) causando elevados danos patrimoniais e perdas humanas. [18] identifica 33 eventos de intensidade $\geq VII$ (tabela 1). [19] e [20] fazem a reinterpretação da sismicidade histórica dos Açores e da ilha de São Miguel, respectivamente. Em ambos os trabalhos, os autores separam os eventos de natureza vulcânica dos eventos tectónicos.

1.2. Metodologia e resultados

Os catálogos sísmicos são instrumentos fundamentais para avaliar a sismicidade de uma região. Incorporam informação como a data e hora de ocorrência e intensidade atribuída às observações. Para produzir os mapas IMO é necessário uma série temporal longa para identificar os pontos sujeitos à acção sísmica. Para os Açores utilizou-se o Catálogo Sísmico dos Açores (CSAR) [21] que abrange o período 1850 - 1998 e o Catálogo Sísmico dos Açores (CSA) (Fontiela et al., em preparação). Apesar do CSRA conter dados macrosísmicos desde 1850 optou-se por utilizar os dados macrosísmicos referentes

TABELA 1: Principais sismos históricos nos Açores de intensidade \geq VII (Nunes et al. 2001)

Data	Localização/ ilha mais afectada	Epicentro	Int. máx.	Mag.	N.º de mortos
1522/10/22	V. Franca / S. Miguel	37.7°N; 25.4°W	X		4000 a 5000
1547/05/17	N zone / Terceira		VII/VIII		> 3
1571/08/?	? / Terceira		VII ?		
1591/07/26	V. Franca / S. Miguel		VIII/IX		Desconhecido
1614/05/24	Praia da Vitória / Terceira	A este de Praia da Vitória	IX		> 200
1713/12/08	Ginetes / S. Miguel		VIII		
1730/06/13	Luz / Graciosa	Caldeira	VIII/IX?		
1757/07/09	Calheta / S. Jorge	38.6°N; 28.0°W	XI	M=7.4	1046
1800/06/24	Praia da Vitória / Terceira	A este da Terceira	VII/VIII		
1801/01/26	S. Sebastião / Terceira	A este da Terceira	VIII		2
1837/01/21	Guadalupe e Sta Cruz / Graciosa		IX ?		3
1841/06/15	Praia da Vitória / Terceira	A este de Praia da Vitória	IX		
1852/04/16	Rib. Grande / S. Miguel		VIII		9 a 12
1881/02/09	Povoação / S.Miguel		VII ?		1
1912/01/26	Angra do Heroísmo / Terceira		VII		
1912/06/11	Praia da Vitória / Terceira		VII/VIII		
1926/08/31	Horta / Faial	38.5°N; 28.6°W	X	Mb=5.3-5.9	9
1932/08/05	Povoação / S.Miguel	37.8°N; 25.1°W	VII		
1935/27/04	Povoação / S.Miguel		VII		1
1937/11/21	Sto Espírito / Santa Maria	36.8°N; 26.1°W	VII		
1939/05/08	Sto Espírito / Santa Maria e Rib. Quente / S.Miguel		VII	Mb=7.0-7.1	
1945/06/15	Capelo / Faial		VII		
1946/12/27	Serreta / Terceira		VII/VIII		
1950/12/29	Aguilva / Terceira	38.7°N; 27.2°W	VII		
1952/06/26	Povoação e Rib.Quente / S.Miguel	37.7°N/25.3°W	VII		
1952/06/26	Rib.Quente / S.Miguel	37.7°N/25.3°W	VIII		
1958/05/13	Praia do Norte e Rib.ª Funda / Faial	38.6°N/28.8°W	VIII/IX		
1964/02/21	Rosais/ S.Jorge	38.7°N/28.2°W	VIII	Mb= 5.5	
1967/08/10	M. Escuro / S. Miguel	37.8°N/25.4°W	VII	M=4.6	
1968/06/17	Várzea / S. Miguel	37.7°N/25.9°W	VII	M=4.6	
1973/11/23	Bandeiras / Pico	38.5°N/28.4°W	VII/VIII	Mb=5.0	
1980/01/01	Doze Rib.ª / Terceira	38.8°N/28.5°W	VIII/IX	M=7.2	61

ao período 1904-1997. A opção prende-se com o facto de que os eventos foram reportados pela mesma instituição, mantendo os critérios de atribuição de intensidade e escala (MMI). Para alargar a base do estudo adicionaram-se os dados macrosísmicos do período 1998 - 2003 do CSA, que utiliza a mesma escala de intensidade sísmica. Seleccionaram-se os sismos cuja intensidade atribuída em algum ponto de observação fosse $\geq V$. Aplicando este critério foram seleccionados 12 sismos no período entre o povoamento (séc. XV) e 1903 e 155 eventos entre 1904 - 2003.

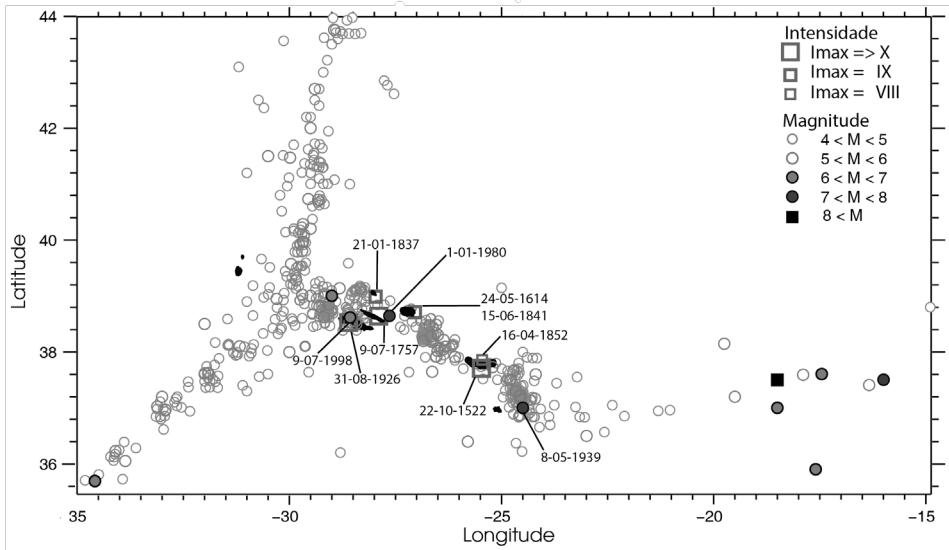


Figura 1. Sismicidade nos Açores. Os círculos referem-se a sismicidade instrumental com magnitude ≥ 4 enquanto que os quadros azuis vazios representam sismicidade histórica com intensidade máxima $\geq VIII$.

A interpolação espacial através do método de krigagem permite estimar valores em pontos desconhecidos. De acordo com [22] a principal condição quando se aplica a krigagem é que os dados analisados pertencem a amostras de uma variável regionalizada. Isto é, as variáveis regionalizadas variam continuamente de tal forma que pontos próximos uns dos outros têm um certo grau de correlação espacial. O algoritmo de krigagem atribui um peso a cada ponto baseado na distância entre o ponto a interpolar e o ponto de valor conhecido. Utilizou-se o software Surfer para interpolar os dados de macrosísmica para produzir o mapa IMO dos Açores.

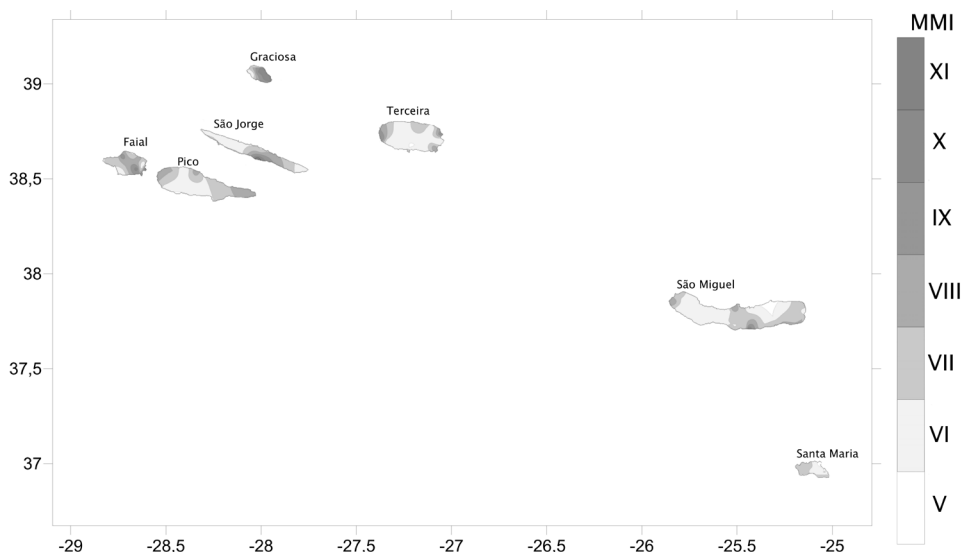


Figura 2. Mapa de intensidade máxima observado do arquipélago dos Açores. Na imagem não estão representadas as ilhas Flores e Corvo devido à reduzida sismicidade.

A interpolação espacial através do método de krigagem permite estimar valores em pontos desconhecidos. De acordo com [22] a principal condição quando se aplica a krigagem é que os dados analisados pertencem a amostras de uma variável regionalizada. Isto é, as variáveis regionalizadas variam continuamente de tal forma que pontos próximos uns dos outros têm um certo grau de correlação espacial. O algoritmo de krigagem atribui um peso a cada ponto baseado na distância entre o ponto a interpolar e o ponto de valor conhecido. Utilizou-se o software Surfer para interpolar os dados de macrosísmica para produzir o mapa IMO dos Açores.

Uma vez que a krigagem estima valores de intensidade em pontos desconhecidos, quanto mais elevado for o número de valores por ponto conhecidos, mais detalhe tem a interpolação. Para avaliar o impacto de cada um dos períodos da sismicidade histórica no detalhe da interpolação aplicamos o rácio total de locais de observação de intensidade máxima (LIM) pelo número total de sismos (NS) em cada período.

Numa primeira instância utilizou-se a totalidade das intensidades que cumpriram o critério de selecção. Verificou-se que a presença de réplicas, no caso dos sismos tectónicos, e os sismos fortes associados a erupções vulcânicas (1957/58 e 1964) enviesavam os resultados. Para corrigir este efeito removeram-se os clusters identificados. De acordo com [11] e [12] analisamos o variograma para identificar e remover possíveis erros decorrentes da aplicação da técnica de krigagem na interpolação dos dados macrosísmicos.

A figura 2 mostra que todas as ilhas do Grupo Central e São Miguel foram no passado afectadas por sismos de $I \geq VIII$ e a ilha de Santa Maria de $I \geq VII$. Nas ilhas do Grupo

Ocidental (não representado na Figura 2) a sismicidade é muito reduzida, não cumprindo o critério de selecção. Na ilha do Faial as intensidade mais elevadas (IX) e máximas (X) estão ao longo de uma faixa com direcção NW-SE. Ainda, existe outra área, na parte oriental da ilha, com intensidade X. Na ilha do Pico as áreas de IMO estão limitadas às partes ocidental e oriental e numa área confinada no lado norte da ilha. A parte central da ilha apresenta intensidade mais baixa (VI). Relativamente a São Jorge, as partes ocidental e oriental da ilha apresentam características macrosísmicas distintas. Na parte ocidental, a intensidade mais elevada (VII) está limitada a uma faixa ao longo da costa sul, e a norte dessa faixa a intensidade é VI. A metade oriental é marcada por IMO XI. O extremo oriental da ilha a intensidade é VI. Na Graciosa, a parte oriental da ilha apresenta IMO X, decrescendo gradualmente em direcção a ocidente onde a intensidade é VI. Na Terceira, a distribuição da intensidade apresenta um padrão irregular, semelhante a uma amíeba. As intensidades mais elevadas e máximas estão circunscritas ao extremo sudeste e nordeste e à parte oeste da ilha. No caso da ilha de São Miguel, as intensidades mais elevadas (VIII) estão confinadas numa área na parte ocidental, na parte norte e sudeste. A IMO (X) está localizada na parte sul em zona mediana. Na ilha de Santa Maria a IMO (VII) ocupa a metade ocidental da ilha e intensidade VI na parte oriental.

O resultado do rácio LIM/NS para cada período é de 1.1 (séc XV - 1904) e 1.9 (1904-2003).

1.3. Discussão e conclusões

A aplicação da krigagem para avaliar a intensidade máxima observada nos Açores demonstra as potencialidades do método. Importa realçar a diferença do número de sismos nos períodos séc. XV e 1912 (12 eventos) e 1912-2003 (155 eventos) que se traduz num rácio LIM/NS de 1.1 e 1.9, respectivamente. Estes valores evidenciam a necessidade de rever as descrições históricas dos sismos de intensidade $\geq V$ para colmatar lacunas existentes.

A metodologia utilizada para localizar no espaço o ponto de intensidade máxima observada e o reduzido número de locais de intensidade máxima introduz alguma incerteza no resultado final. Outro factor que limita a qualidade da krigagem em cada ilha é a localização das freguesias junto à costa. Assim, a incerteza na interpolação da intensidade aumenta em direcção ao interior das ilhas.

O mapa IMO (Figura 2) apresenta um bom nível de discretização da intensidade máxima observada. No entanto, este tipo de mapa não tem capacidade para discriminar os efeitos de sítio apesar de evidenciar as áreas que no passado estiveram sujeitas a movimento fortes do solo. Se os fortes movimentos do solo durante um episódio vulcânico possam ser mitigados pelas medidas de segurança adoptadas devido à erupção o mesmo não poderá ser feito num evento tectónico. Várias localidades dos Açores, estiveram exposta à acção sísmica, seja de origem vulcânica ou tectónica. Assim, este tipo de documento é uma abordagem à avaliação do perigo sísmico, sendo bastante útil em áreas onde existe um bom registo de sismicidade histórica.

AGRADECIMENTOS

João Fontiela é financiado pela bolsa M3.1.2/F/060/2011 do Fundo Regional da Ciência e Tecnologia do Governo Regional dos Açores. Este estudo foi parcialmente financiado pelo Centro de Geofísica de Évora/Instituto de Ciências da Terra da Universidade de Évora, Portugal, através do contracto com a FCT, PEst-OE/CTE/UI0078/2011 (Portugal)

BIBLIOGRAFIA:

1. Krige, D.G, Master's thesis of the University of Witwatersrand. (1951).
2. Matheron, G., *Economic Geology*, **58**, 1246 (1963).
3. Shebalin, N.V., *Phys. Earth Planet. Int.* **6**, 316 (1973).
4. Nuttli, O.W., Zollweg, J.E., *Bull. Seismol. Soc. Amer.* **64**, 73 (1974).
5. Gupta, H., Combs, J., *Bull. Seismol. Soc. Amer.* **68**, 108 (1978).
6. Rojas, W., Linkimer, L., Montero, W., Flores, H., Redondo, C., Boschini, I., RSN report, 31 (2003).
7. Frankel, A., *Bull. Seismol. Soc. Amer.* **84**, 462 (1994).
8. Albarello, C., Margottini, A., Mucciarelli, C.M., *Pure Appli. Geophys.* **145**, 297 (1995).
9. Gasperini, P., Bernardini, F., Valensise, G., Boschi, E., *Bull. Seismol. Soc. Amer.* **89**, 94 (1999).
10. Cecic, I., Musson, R.M.W., Stucchi, M., *Ann. di Geofis.*, **39(5)**, 1013 (1996).
11. Gasparini C, Tosi P, DeRubeis V., *Ann Geophys* **46(6)**, 1361 (2003).
12. DeRubeis V., Tosi, P., Gasparini, C., Solipaca, A., *Bull Seism Soc Am* **95(2)**, 540 (2005).
13. Schenková, Z., Schenk, V., Kalogeras, I., Pichl, R., Kottbauer, K., Papatsimba, C., Panopoulou G., *J. Seismol.* **11**, 121 (2007).
14. Linkimer, L., *Revista Geológica de América Central* **38**, 119 (2008).
15. Ayadi, A., Bezzeghoud, M., *Seismological Research Letters* **86** (1):236-244 (2015).
16. Ferrão, C., Bezzeghoud, M., Caldeira, B., Borges, J.F. (submetido).
17. França, Z., Cruz, J.V., Nunes, J.C., Forjaz, V.H., *Açoreana*, **10(1)**, 11 (2003).
18. Nunes, J.C., Forjaz, V.H., França, Z., 5 Encontro Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica – SÍSMICA 2001, Eds M. R. Fragoso, 119 (2001).
19. Silva, M. MSc Thesis, Azores University, (2005)
20. Silveira, D., MSc Thesis, Azores University, (2002).
21. Nunes, J.C., Forjaz, V.H., Oliveira, C.S., Universidade dos Açores, Edição CD-ROM. (2004)
22. Chilès, J-P., Delfiner, P., Wiley, (2012).