



Rede de Remediação
e Reabilitação de
Ambientes Degradados



Geofísica e Estrutura da Litosfera no SO da região Ibero-Magrebina

Mourad Bezzeghoud

Grupo de Geofísica Interna/Sismologia

António Alexandre Araújo

Grupo de Dinâmica de Processos Geológicos



Seminário de Cooperação

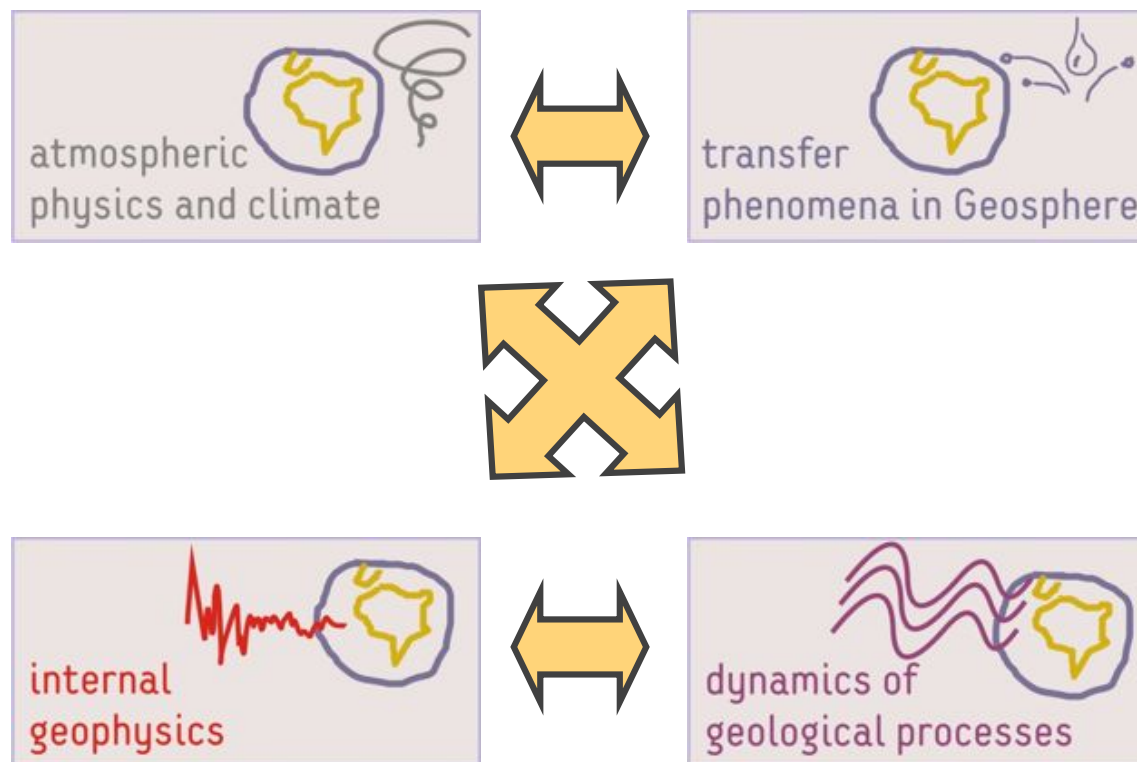
Minas Gerais – Portugal

Desenvolvimento Mineral Sustentabilidade e Geologia

24-25 de Julho – Universidade de Évora



O **Centro de Geofísica de Évora** (CGE) da Universidade de Évora é uma unidade de investigação financiada pela **FCT** (MCTES) que tem actualmente aproximadamente **65 Investigadores** integrados (cerca 50 são doutorados), contando ainda com o apoio de 15 colaboradores externos.





Rede de Remediação
e Reabilitação de
Ambientes Degradados



Grupos de investigação - CGE

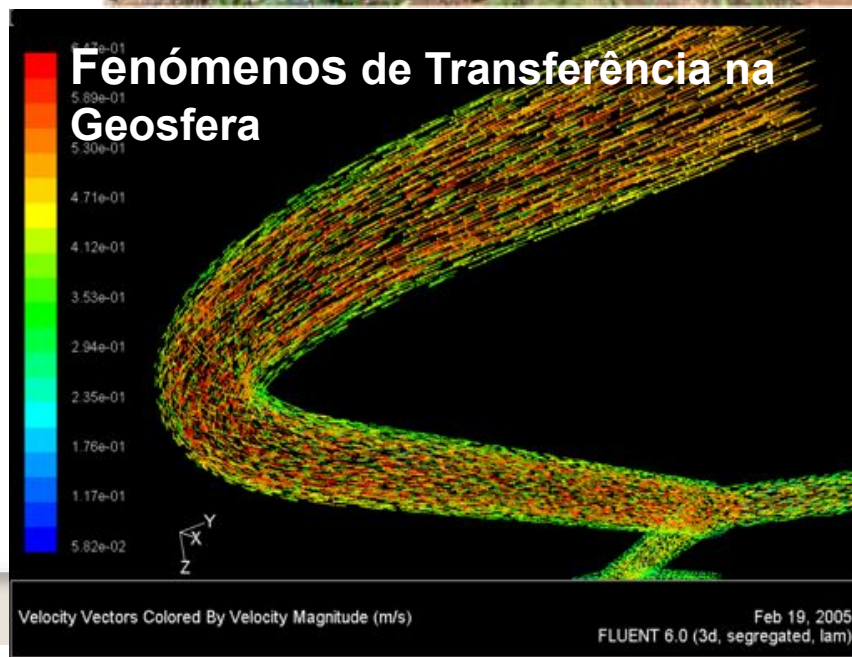
Geofísica Interna/Sismologia



Dinâmica dos Processos Geológicos



Fenómenos de Transferência na Geosfera



Física da Atmosfera e do Clima





Rede de Remediação
e Reabilitação de
Ambientes Degradados



Integrative/multidisciplinary activities (1)

➤ **Integration in different International Networks:**

- **EARLINET** (European Aerosol Research Lidar NETwork),
- **SPALINET** (Spanish and Portuguese Aerosol Lidar NETwork);
- **IMERNET** (Ibero-Maghrebian Earthquake Risk Reduction Network), Portuguese Coordinated Seismic Initiative on Broad Band Observation,
- **CO2 Net** (Network, Knowledge Transfer Network),
- **READE** (Luso-Brazilian network for remediation and rehabilitation of degraded environments),
- **INFREP** (International Network for Frontier Research on Earthquake Precursors);
- **READE** (Rede de Remediação e Reabilitação de Ambiente Degradados)

➤ **Integration in National and International Scientific Organizations:**

- Integration in the Portuguese Scientific Polar Programme (**ProPolar**) 2007-2011;

➤ **Cooperation with Companies**



Integrative/multidisciplinary activities (2)

➤ **Cooperation with National and International Scientific Institutions**

IM, LNEG, LNEC, UA, IST, IA, IDL, CG-UL, ITN, CREMINER,... Duke Uni. **USA**, IPG **Strasbourg**, Uni. **Toulouse**, ENS **Paris**, ISAC-CNR, **Bologna**, Institute of Geophysics of the Sciences Academy of **Check Republic**, IFT, Leipzig, **Extremadura & Granada Universities**, **Rabat, Meknès & Casablanca Universities**, **Oran & Algiers Uni.**, **Indian NCOAR** (National Centre for Antarctic and Ocean Research), **Bulgarian Antarctic Institute**, Sofia, Bulgaria in the frame of the Antarctic researches, **Japanese Inst. For Res. on Earth Evolution (JAMSTEC)**, UCM **Madrid**, ROA **San Fernando**...UFOP **Brasil**...

➤ **Integration in International Consortia**

- **EUFAR/COPAL** Community heavy-Payload Long Instrumental Aircraft for Tropospheric Research in Environmental and Geo-Sciences)
- **Founding** Member of the Consortia RISCOS (**RISKS**) and ESPAÇO(**SPACE**) since 2009;



Rede de Remediação
e Reabilitação de
Ambientes Degradados



Integrative/multidisciplinary activities (3)

➤ **Cursos avançados (Doutoramentos & Mestrados)**

➤ **Collaboração: Centro de Ciência Viva de Estremoz**

Museo interactivo dedicado à divulgação das Ciências da Terra (mais de 20.000 visitas)

➤ **Edição Newsletter do CGE—"Geoboletim" 3/ano**

(<http://www.cge.uevora.pt/cge/geoboletim.html>)

Próxima edição (No 15, Setembro 2010): **Cooperação Minas Gerais (Brasil) – U. Évora (Portugal)**



Rede de Remediação
e Reabilitação de
Ambientes Degradados

Seismolitos



Seismotectonics and Processes of lithosphere

Sismos, Tectónica Activa e Estrutura da Terra

- Fonte sísmica e perigosidade sísmica;
- Modelos de velocidade 3D e modelação de movimentos do solo;
- Modelação numérica de sistemas de falhas;
- Neotectónica, Paleosismologia, Geomorfologia;
- Sismologia instrumental e redes sísmicas;

Geodinâmica e Geoquímica

- Interação entre o manto e a litosfera;
- Geodinâmica e Geoquímica ao longo da fronteira de placas EA/NU;
- Tectónica de placas e Geologia Estrutural relacionada com o Varisco orogénico;
- Processos magmáticos, Vulcanismo e Formação dos pontos quentes (hotspot)

Geofísica dos planetas

- Formação dos planetas. Planetas em Transito e relação massa-raio para planetas de pequena massa



Rede de Remediação
e Reabilitação de
Ambientes Degradados



Geofísica Aplicada

- Reologia da crosta e modelação geotérmica; Paleoclimatologia geotérmica; Geotermia aplicada e recursos geotérmicos; Geo-electromagnetismo (estrutura geoelectrica da crosta e métodos magneto-telúricos; Geofísica aplicada (arqueologia, hidrogeologia, geotecnia);
- Propriedades físicas de rochas (condutividade e difusividade térmicas, produção de calor);
- Sísmica de reflexão de alta resolução, GPR, microsismicidade e análise das ondas de superfície multi-canal and (Multi-Channel Analysis of Surface Waves - MASW) ...

Estudos do Paleoclima

- Reconstrução do paleoclima através de estudos Geoquímicos, Geomorfológicos e Geofísicos

Hidrogeologia

- Modelação de contaminação de água subterrânea
- Alterações climáticas e efeitos na qualidade da água subterrânea

Earth materials



Estrutura escala m

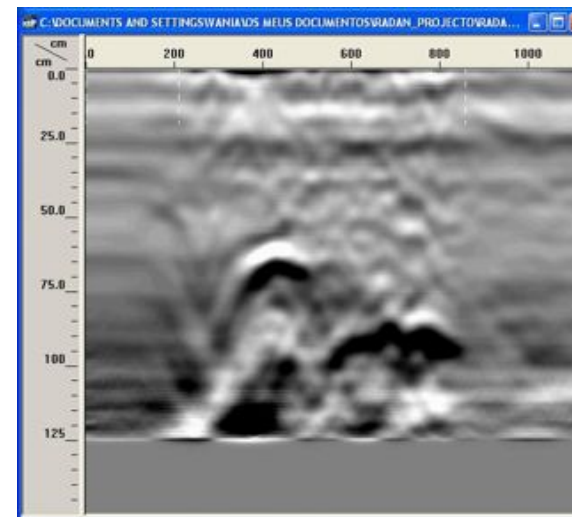


Investigação da estrutura superficial através das técnicas :

Sismica



Georadar



Geoeléctrica





Rede de Remediação
e Reabilitação de
Ambientes Degradados

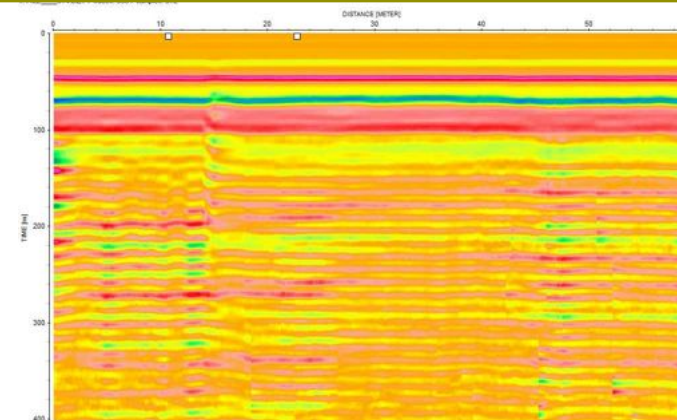
Estrutura escala m



Os estudos de Neotectónica não se esgotam nas abordagens puramente geológicas e geomorfológicas.

Métodos geofísicos: **Georadar**

Prospecção geoelectrica

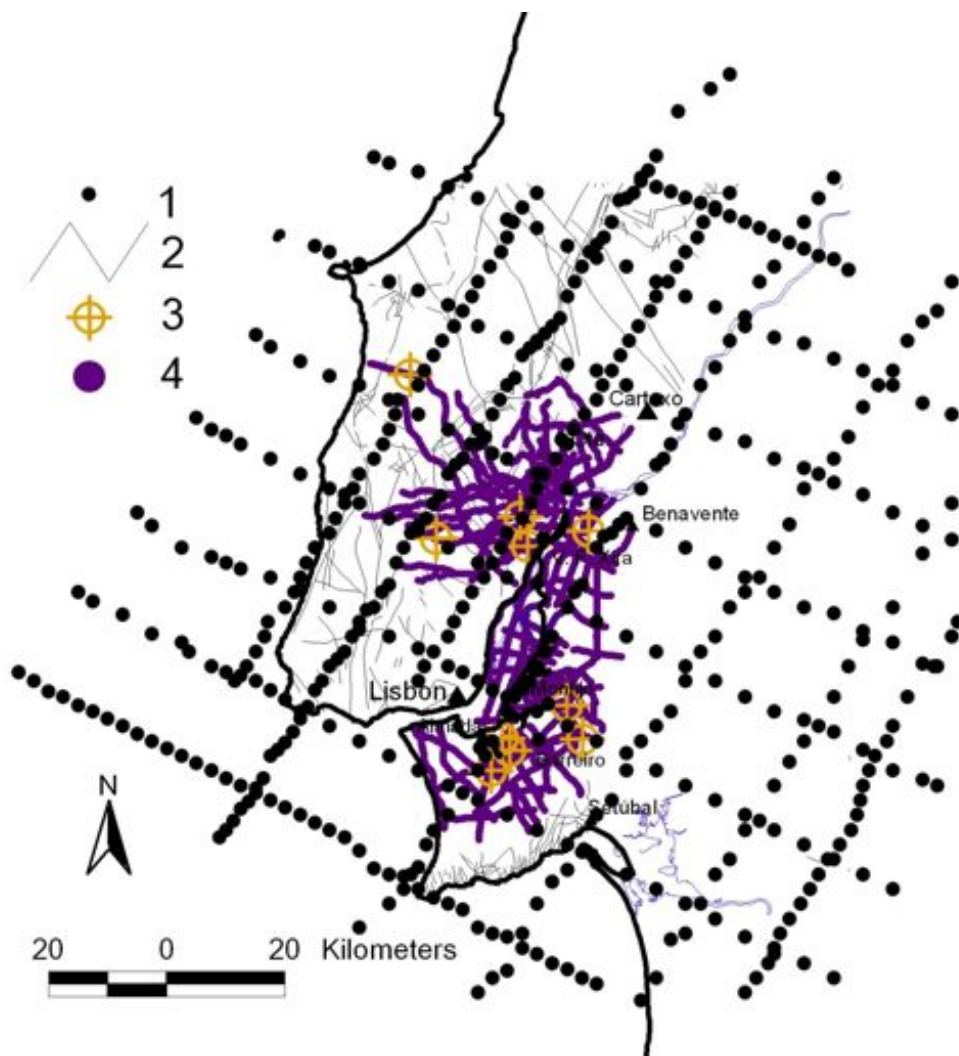


Geodesia



Rede de Remediação
e Reabilitação de
Ambientes Degradados

Estrutura escala km



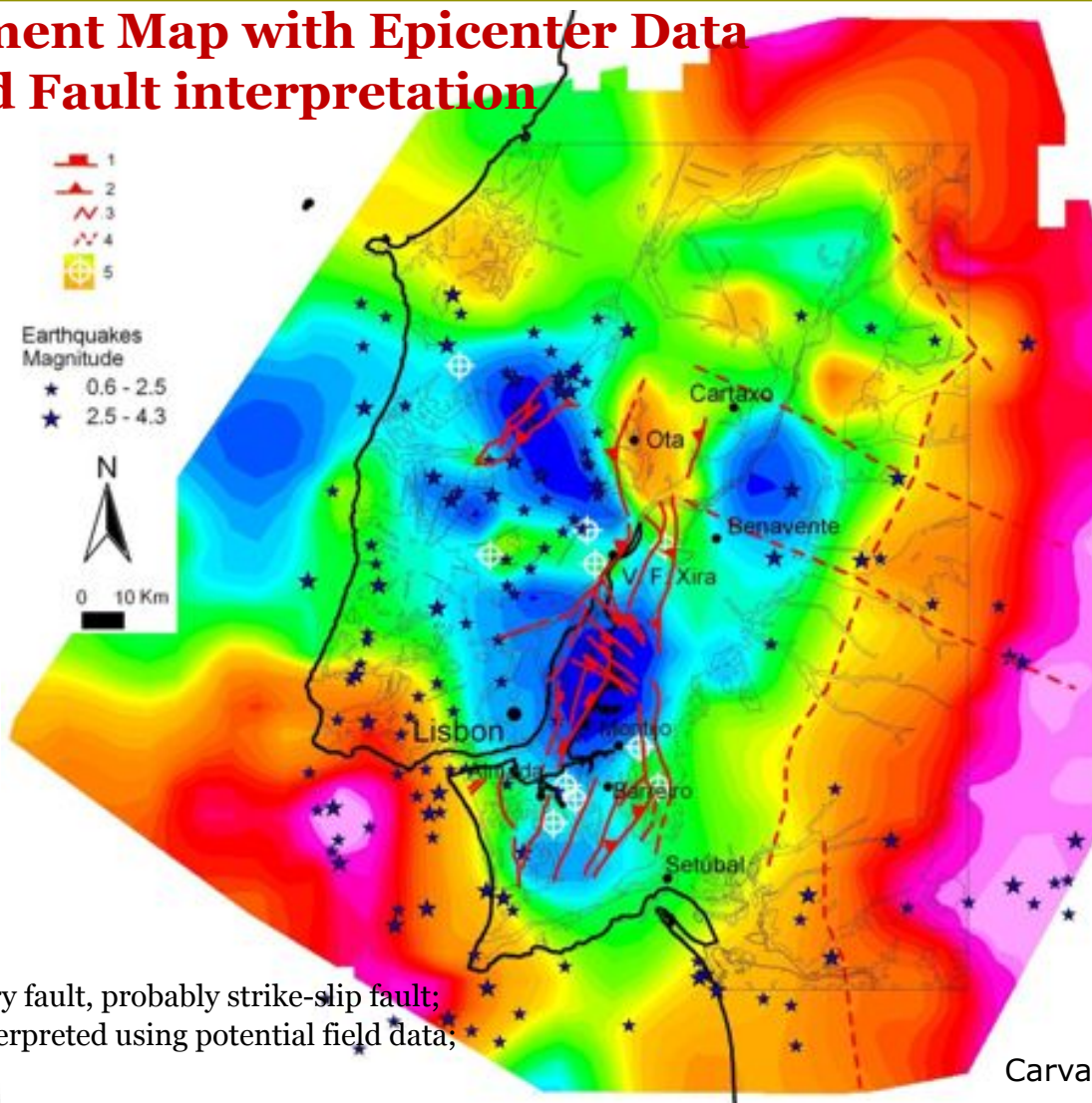
1. Perfis magnéticos
2. falhas
3. Furos
4. Perfis de reflexão sísmica



Estrutura escala km



Final Basement Map with Epicenter Data and Fault interpretation



- 1- Normal fault;
- 2- Thrust fault;
- 3- Unknown geometry fault, probably strike-slip fault;
- 4- Probable fault, interpreted using potential field data;
- 5- deep wells.

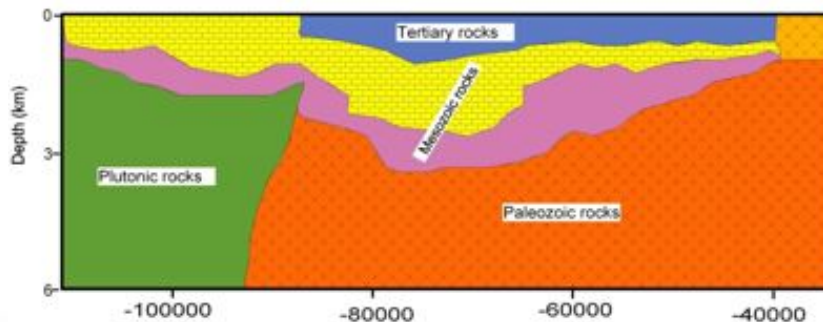
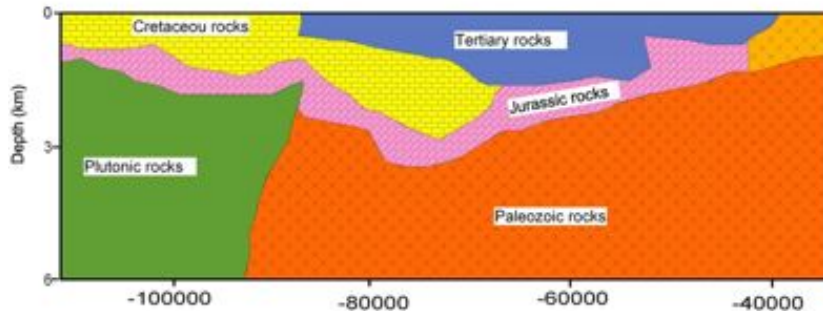
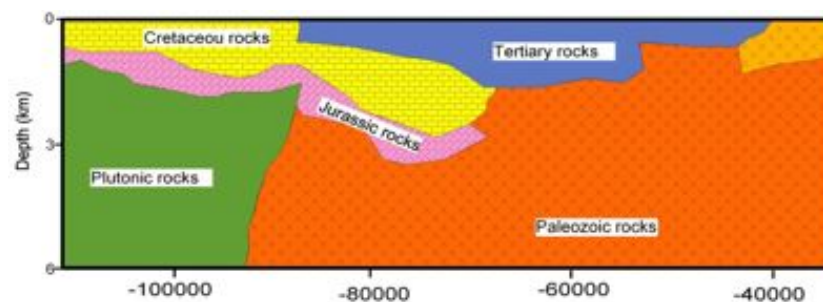
Epicenter data for the period 1970-2000
Source: IM, Carrilho et al., 2004



Estrutura escala km



Estrutura do VIT

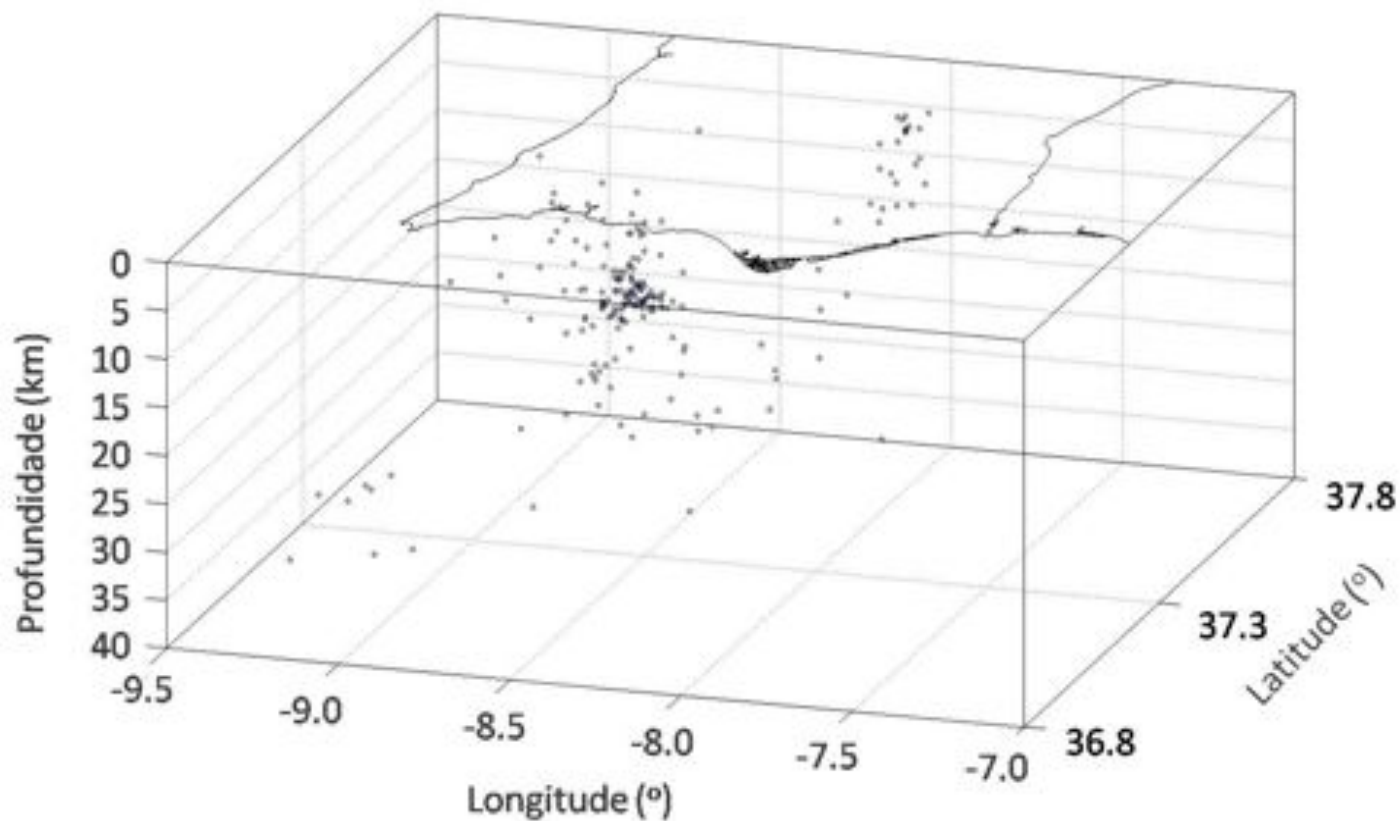




Estrutura escala km



Tomografia sísmica Local





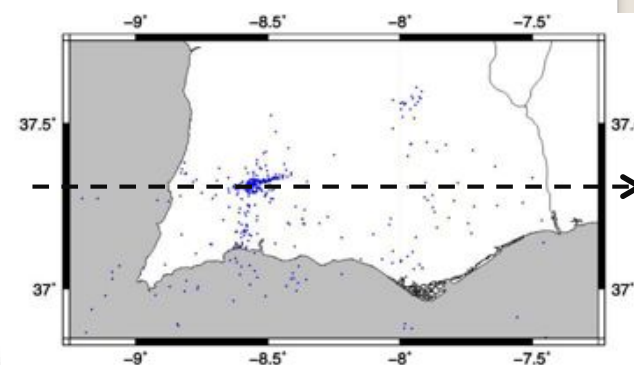
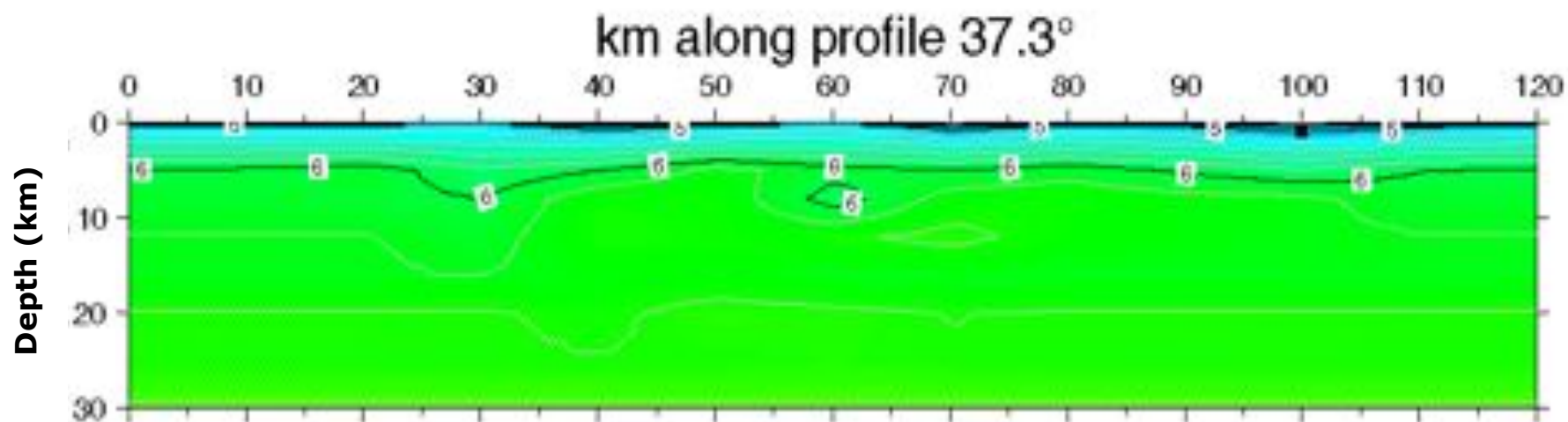
Rede de Remediação
e Reabilitação de
Ambientes Degradados

Estrutura escala 10km



UÉ **évora**
UNIVERSIDADE DE ÉVORA

Tomografia sísmica Local





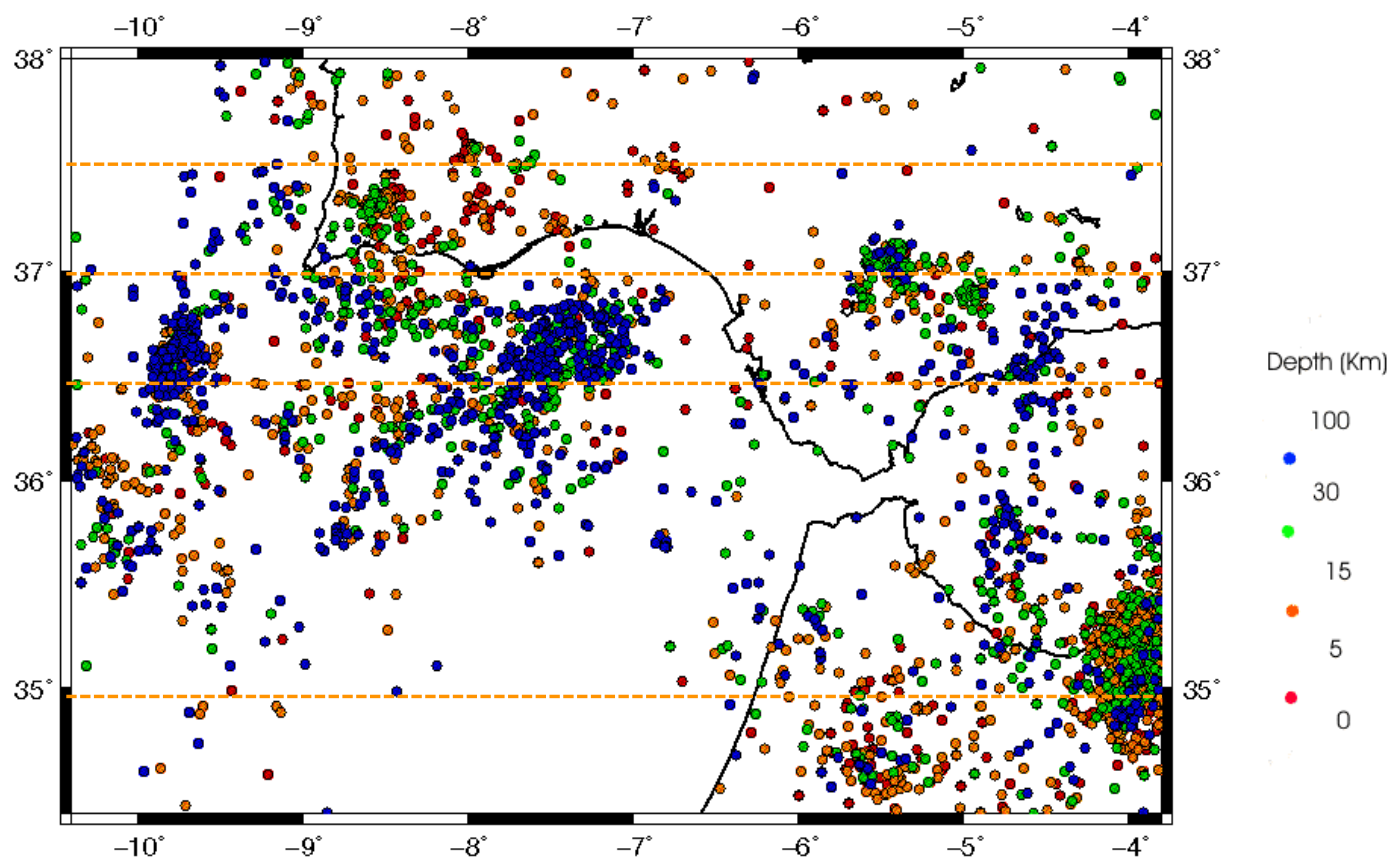
Rede de Remediação
e Reabilitação de
Ambientes Degradados

Estrutura escala 10 km



Tomografia sísmica 3D da estrutura litosférica da região SW Ibero-Magrebina

Regional





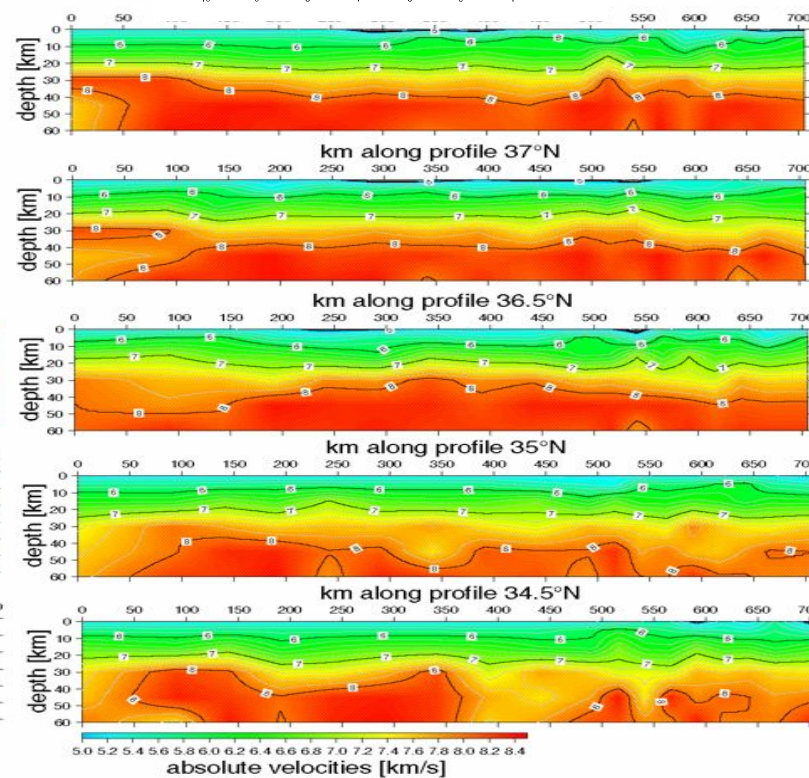
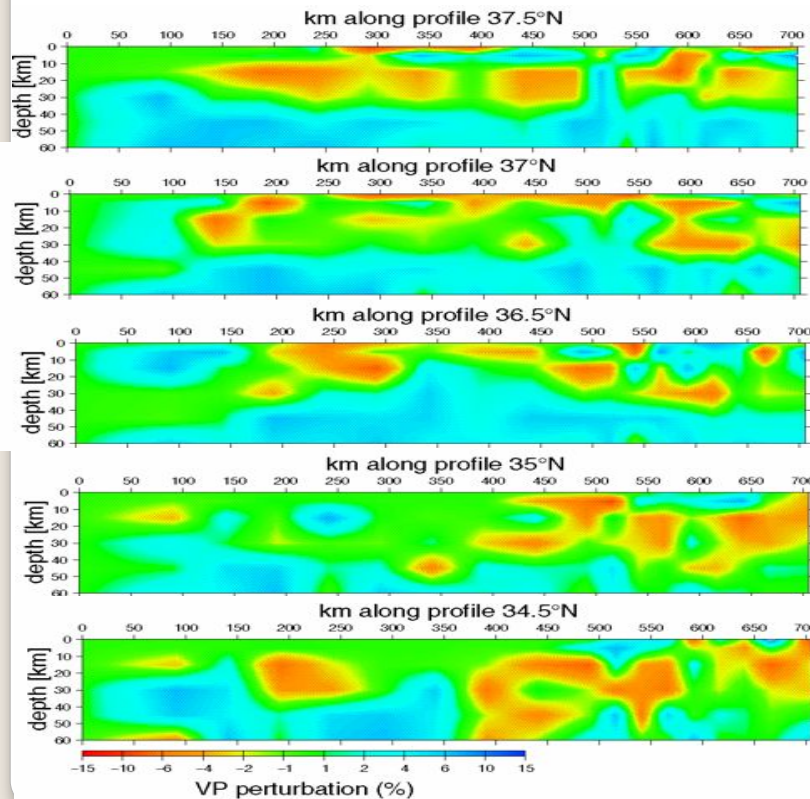
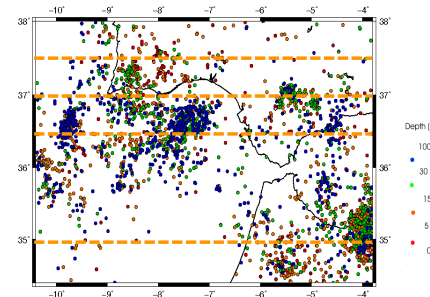
Rede de Remediação
e Reabilitação de
Ambientes Degradados

Estrutura escala 10 km



Tomografia sísmica 3D da estrutura litosférica da região SW Ibero-Magrebina

Regional

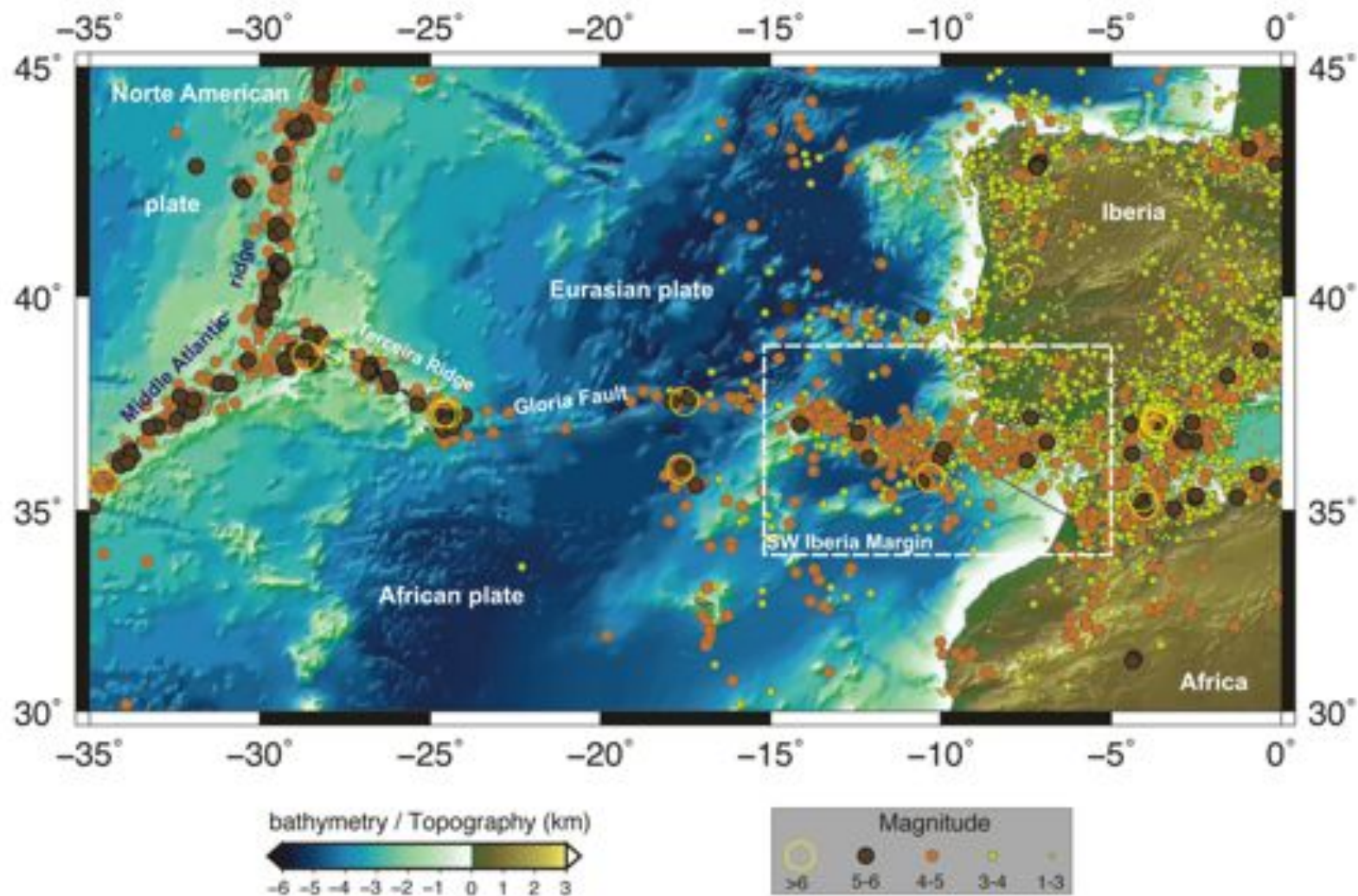




Risco sísmico



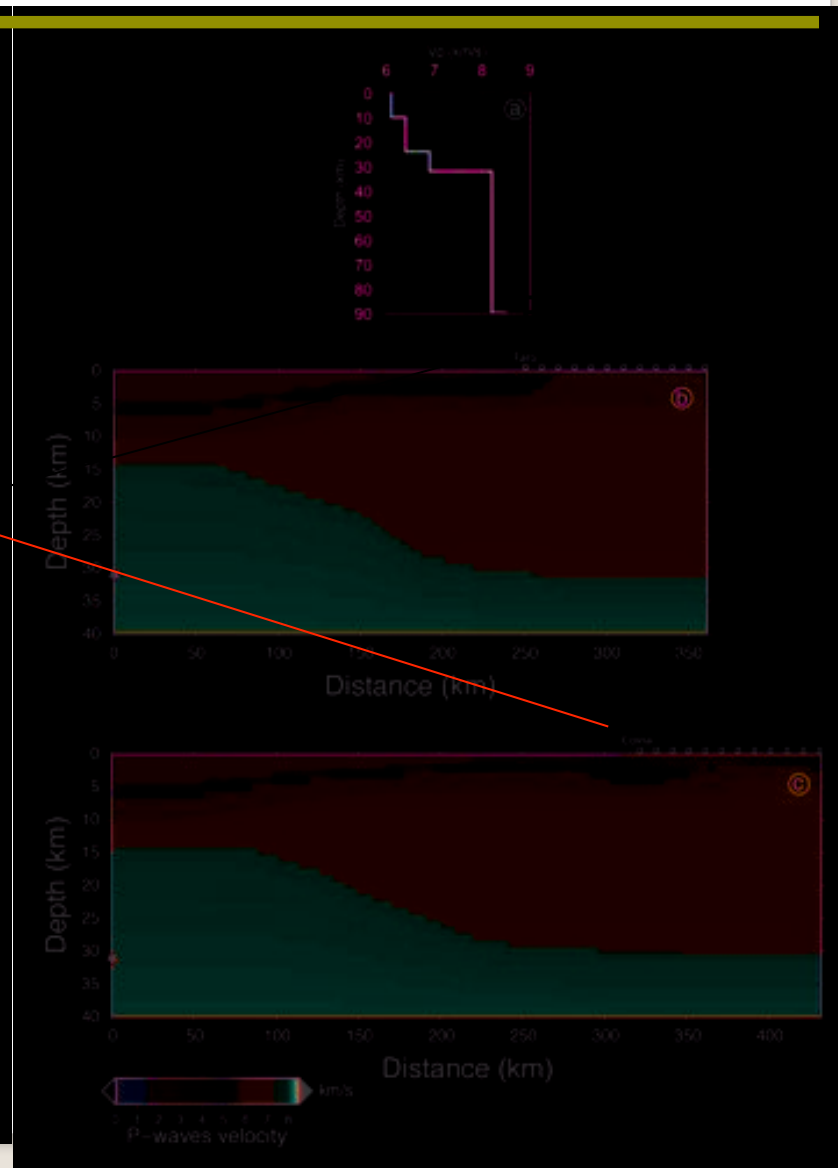
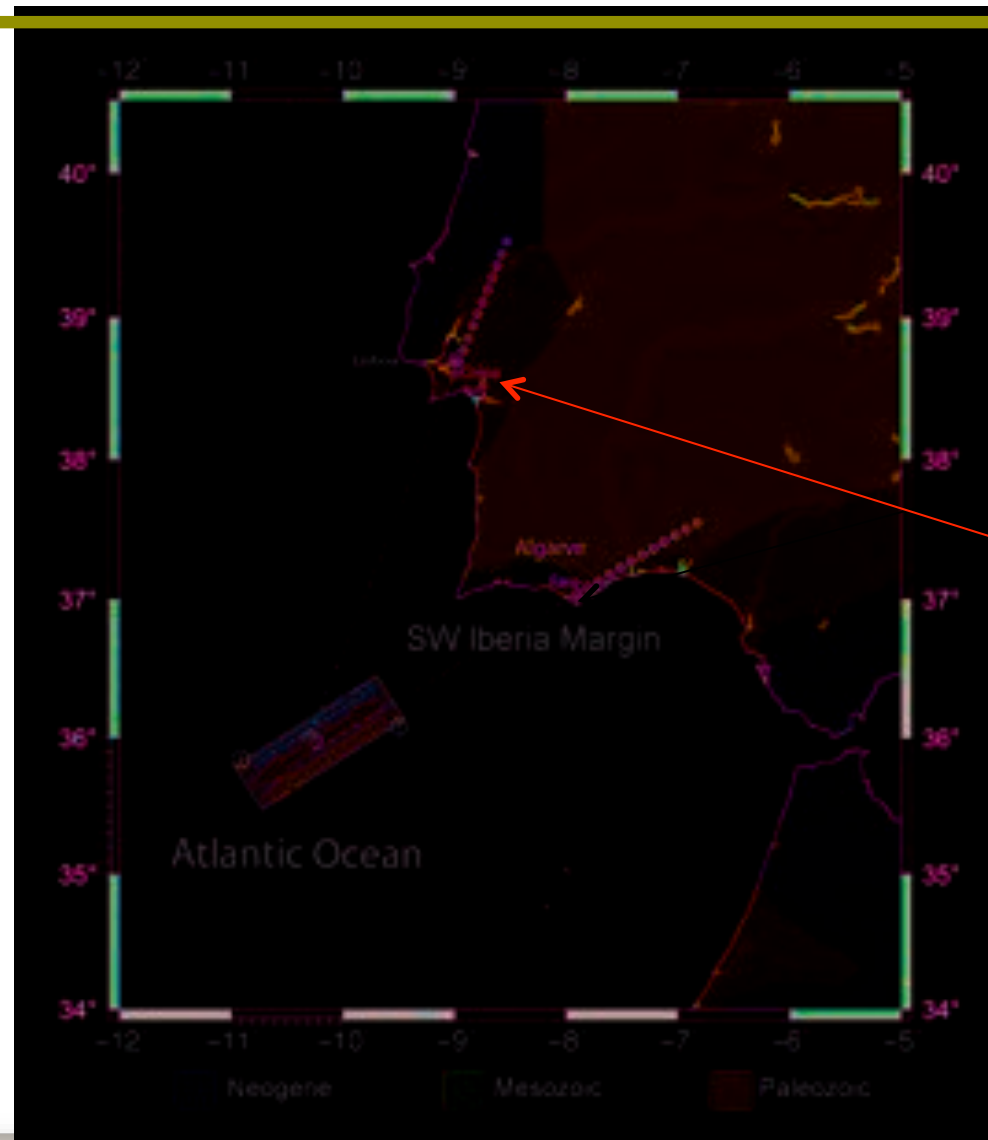
Sismicidade ao longo da parte ocidental do limite entre as placas tectónicas EA-Af (1973-2010)





Rede de Remediação e Reabilitação de Ambientes Degradados

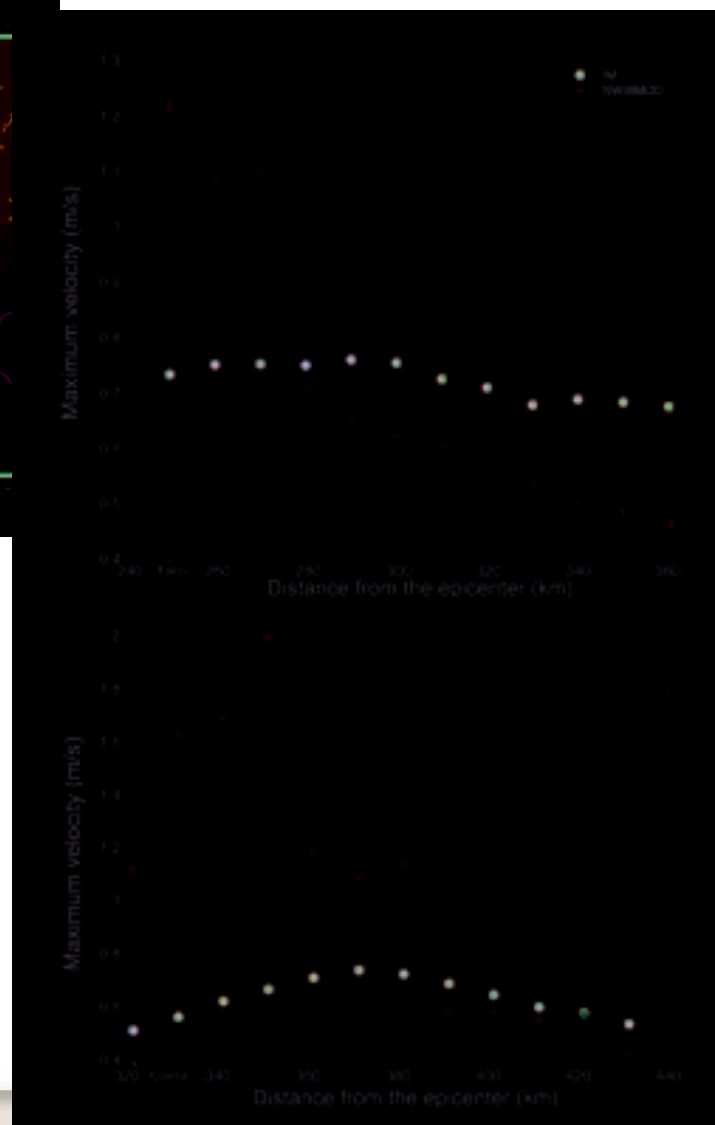
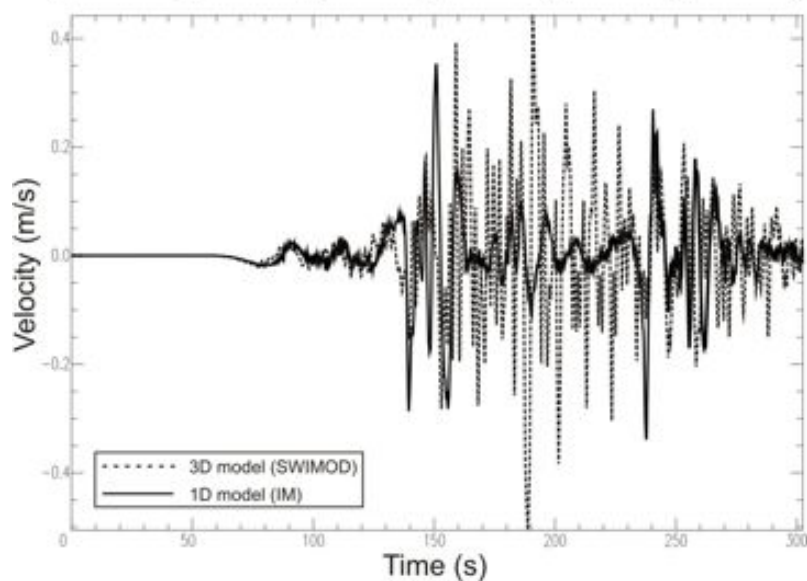
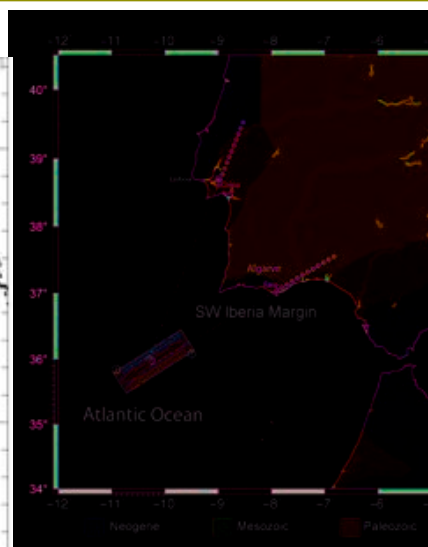
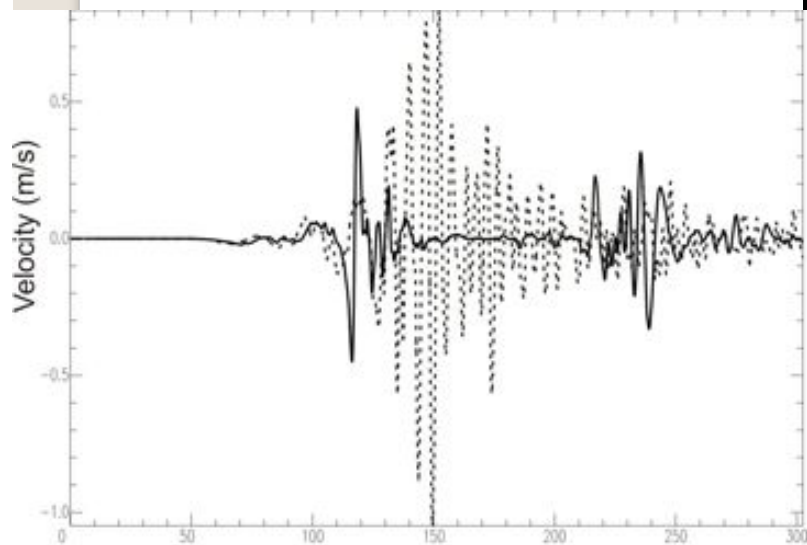
Risco sísmico





Rede de Remediação e Reabilitação de Ambientes Degradados

Risco sísmico





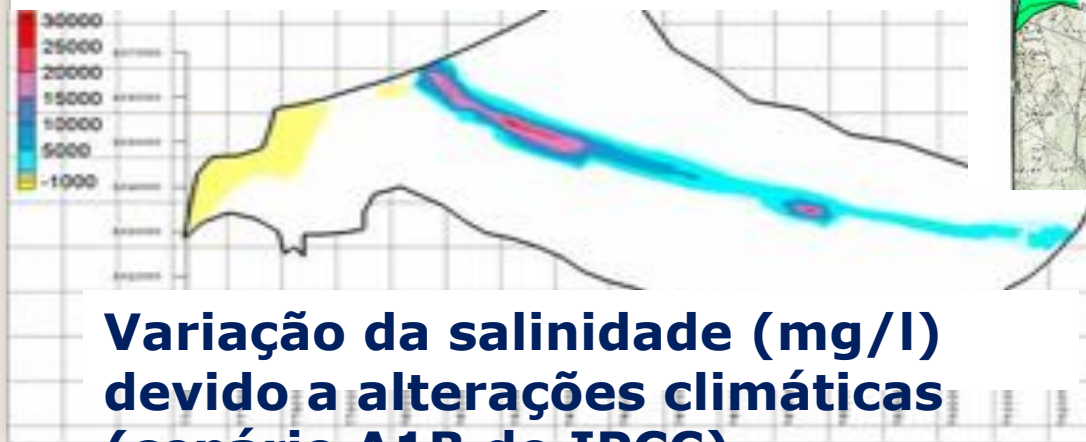
Rede de Remediação
e Reabilitação de
Ambientes Degradados



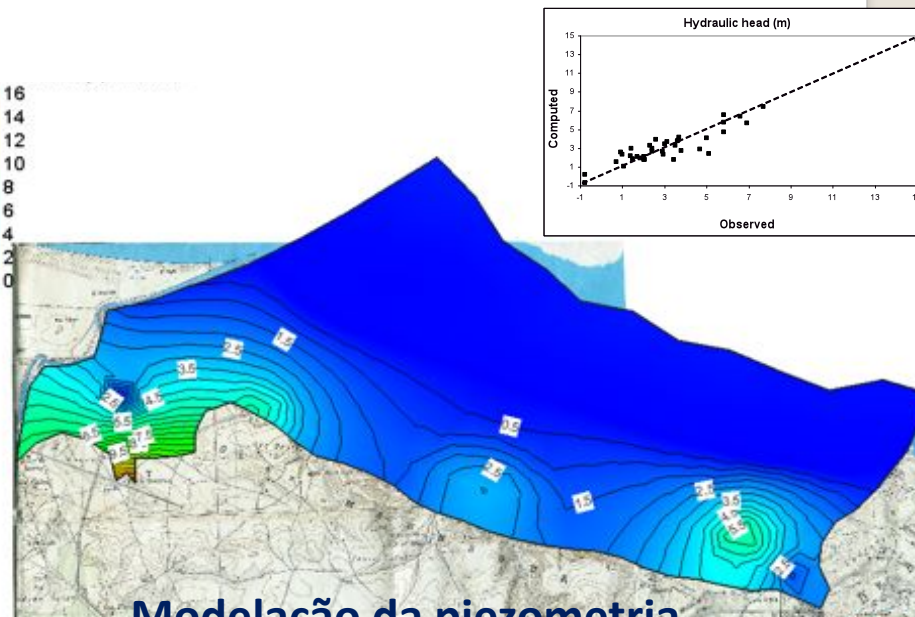
Modelação de contaminação de água subterrânea Alterações climáticas e efeitos na qualidade da água subterrânea Exemplo de aplicação na costa mediterrânica de Marrocos



Malha de elementos finitos



Variação da salinidade (mg/l)
devido a alterações climáticas
(cenário A1B do IPCC)



Modelação da piezometria
(regime estacionário)



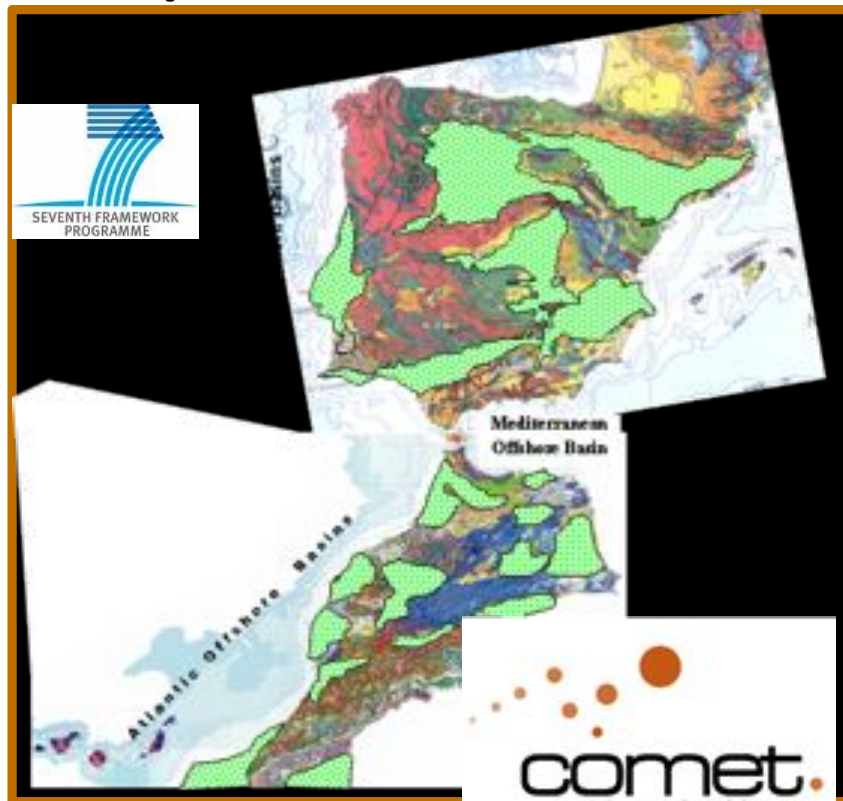
Rede de Remediação
e Reabilitação de
Ambientes Degradados



u **évora**
UNIVERSIDADE DE ÉVORA

Exemplo de uma linha de investigação transversal aos vários grupos

Captura e Armazenamento de CO₂ em formações geológicas



Integrated infrastructure for CO₂ transport and storage in the west Mediterranean



Projecto em co-promoção
com a Tejo Energia - Central
Termoelétrica do Pego



Detecção remota, foto interpretação

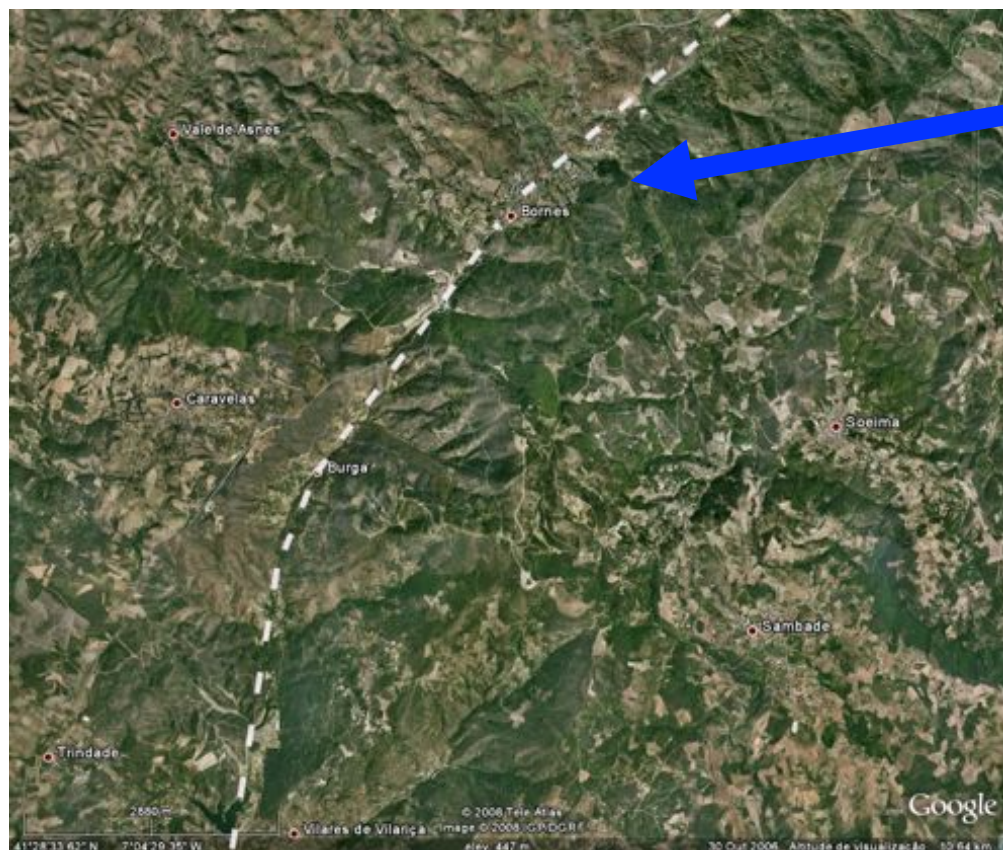
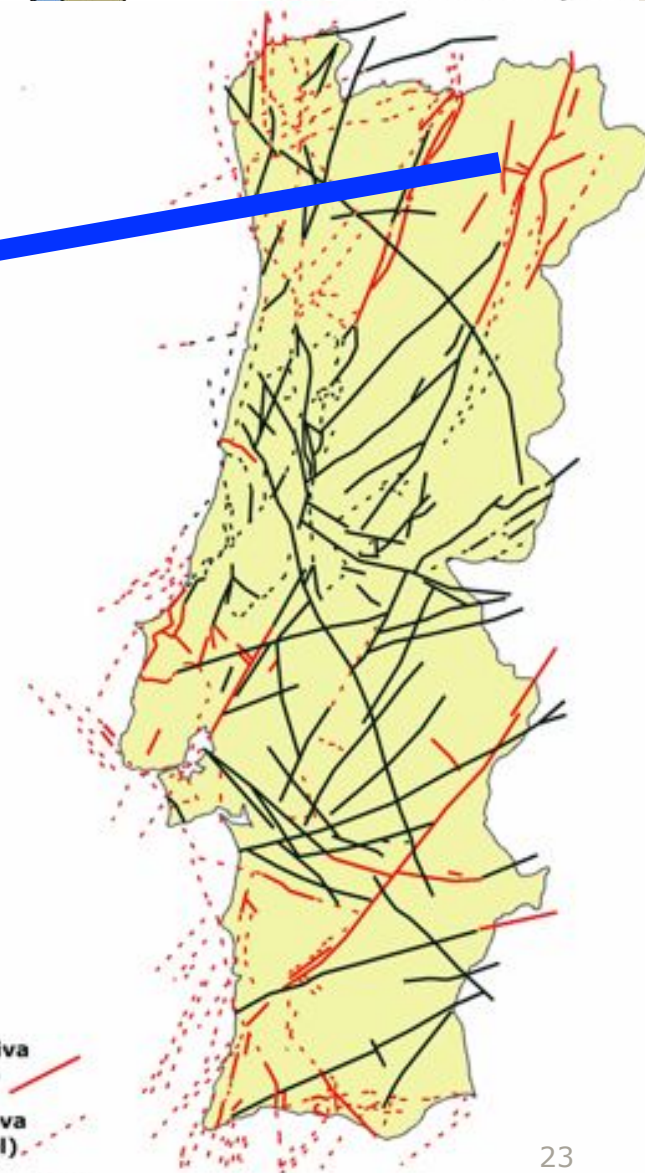


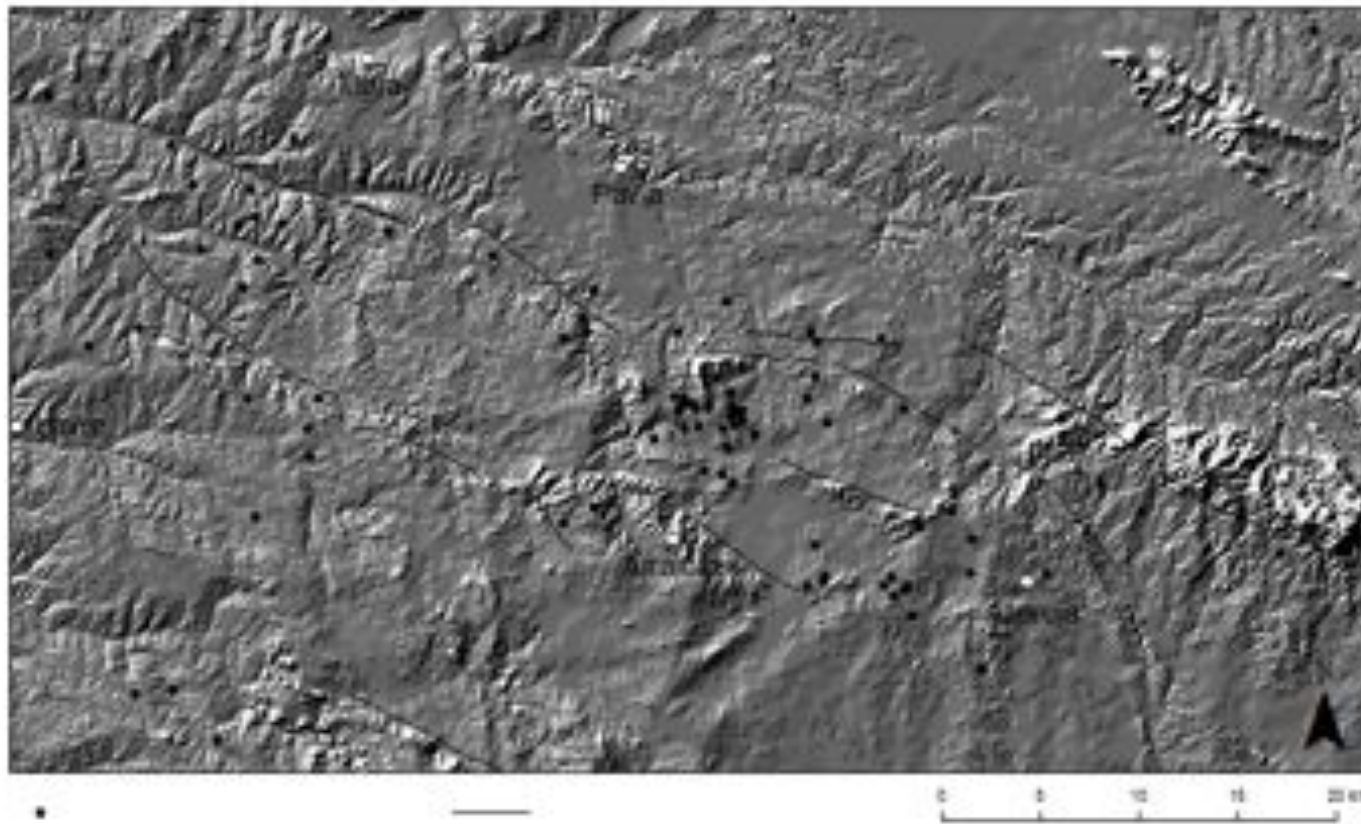
Imagem do Google Earth



- Falha activa (certa)
- Falha activa (provável)
- Lineamento (podendo corresponder a falha activa)



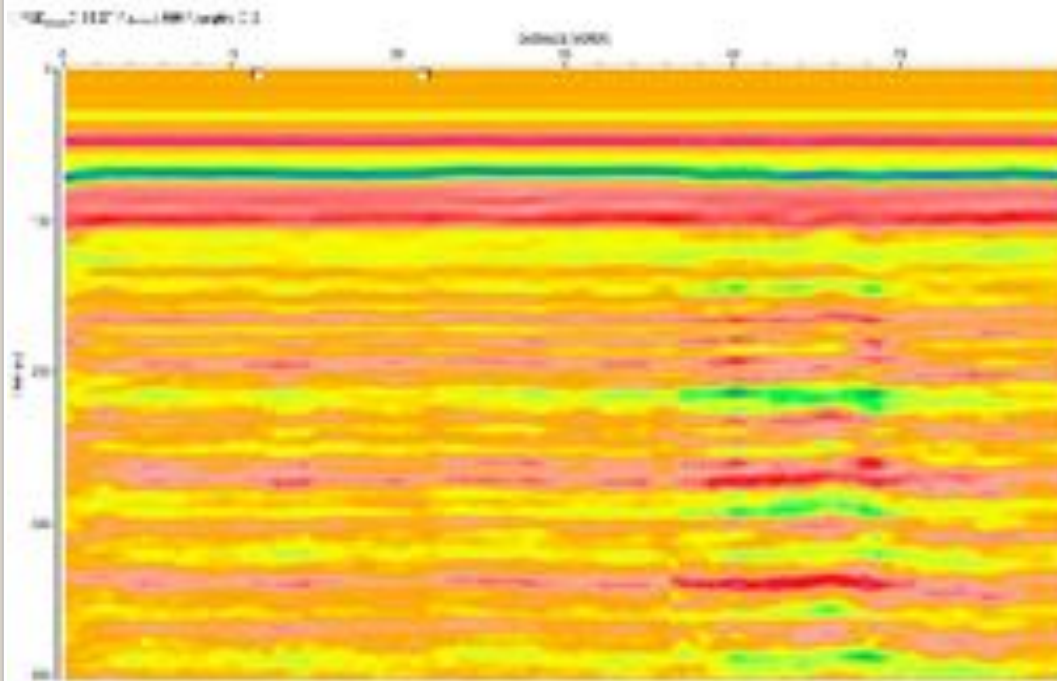
Exemplo dum estudo em curso, recorrendo simultaneamente a métodos geológicos, geomorfológicos e geofísicos: A Falha do Ciborro e estruturas associadas.



Análise geomorfológica – relação do relevo com a distribuição da sismicidade.



Trabalhos de geologia de campo,
identificação das características
geométricas e cinemáticas das falhas.
Uso do Georadar em zonas sem
afloramentos.

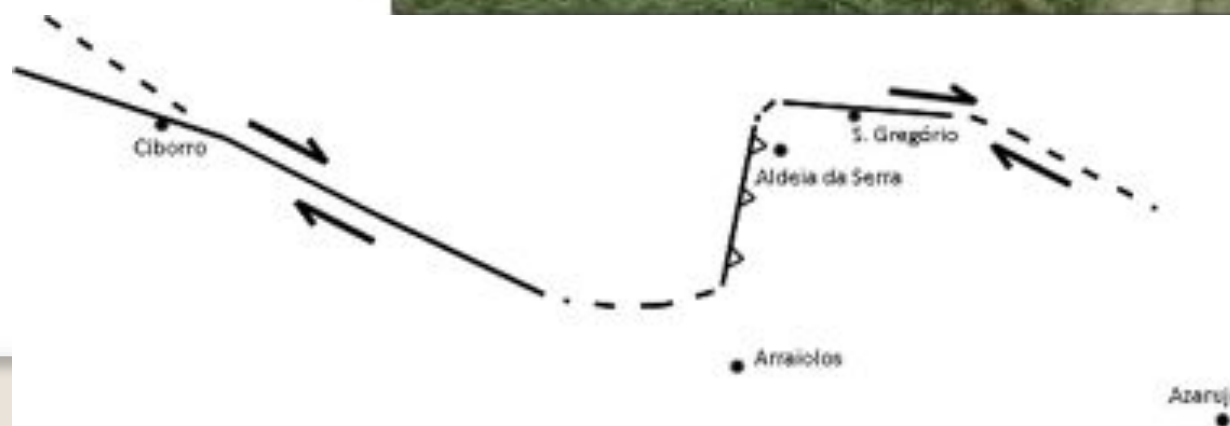




Mecanismos focais
determinados para
dois sismos .



Possível geometria das
estruturas activas.



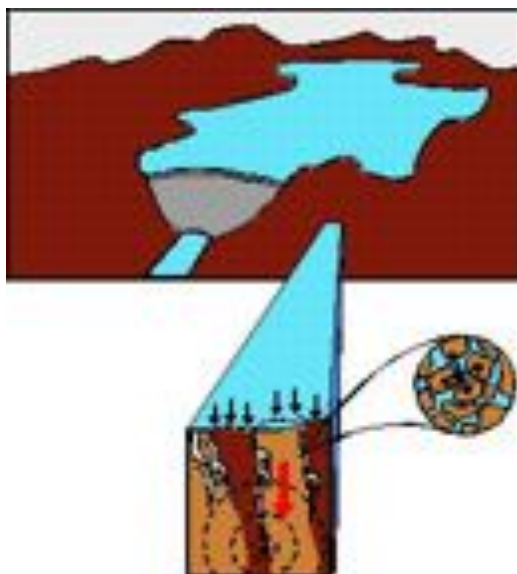


SISMICIDADE INDUZIDA

A **sismicidade induzida** descreve os tremores de Terra que, por uma razão ou por outra, se relacionam com a actividade humana. Estes tremores podem ser divididos em dois tipos:

- . Accionados – este tipo de tremores de terra é causado por tensões tectónicas. Provavelmente eles viriam a acontecer mais cedo ou mais tarde, mas a sua proximidade, no tempo e no espaço, relativamente a actividades humanas indica actividade antropogénica.
- . Verdadeiramente induzidos – este grupo de tremores de terra é puramente antropogénico na medida em que a formação das tensões tectónicas pode ser associada directamente a actividades humanas.

Para simplificar vou usar o termo “induzido” em ambos os casos.



SISMICIDADE INDUZIDA

Barragem → aumento da pressão de fluidos nas fracturas → diminuição do atrito → movimentos em falhas.



A **Sismicidade induzida** não se relaciona apenas com a construção de grandes Barragens e é causada por:

- . mudanças de tensão
- . mudança de pressão nos poros
- . mudanças de volume
- . aplicação ou remoção de uma carga



São conhecidos fenómenos de sismicidade induzida associados aos reservatórios de grandes **barragens** mas também à **actividade mineira**, à **extracção de petróleo e gás natural**, em casos particulares à **extracção de água** e à **injecção de líquidos** sob pressão em furos.

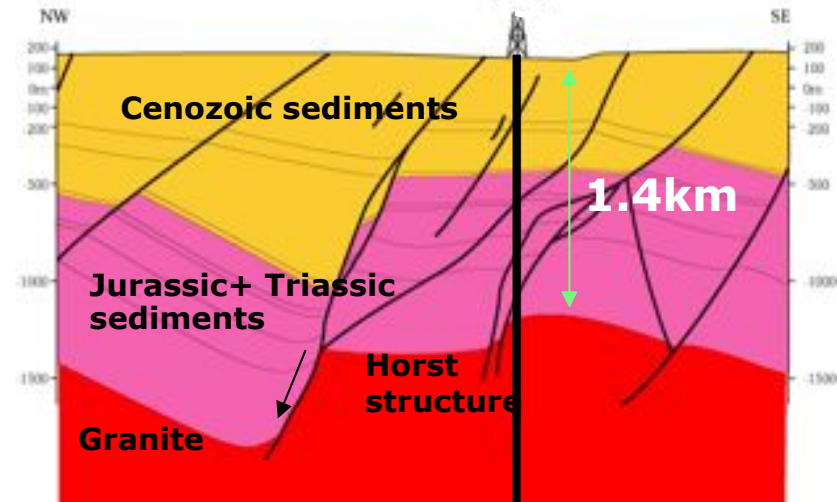
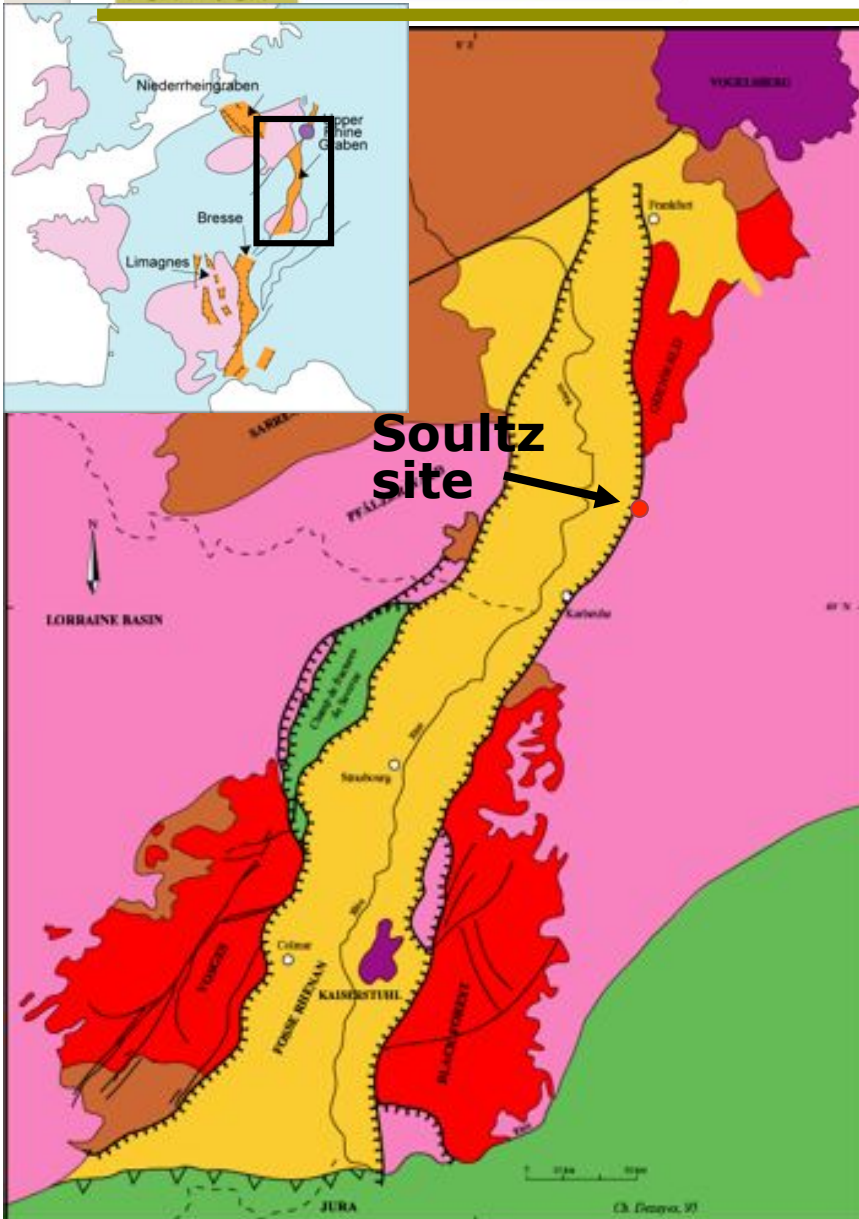
Geralmente os sismos induzidos são de magnitude **muito baixa (< 3)** mas há excepções.



A **sismicidade induzida** é geralmente fraca mas há excepções.

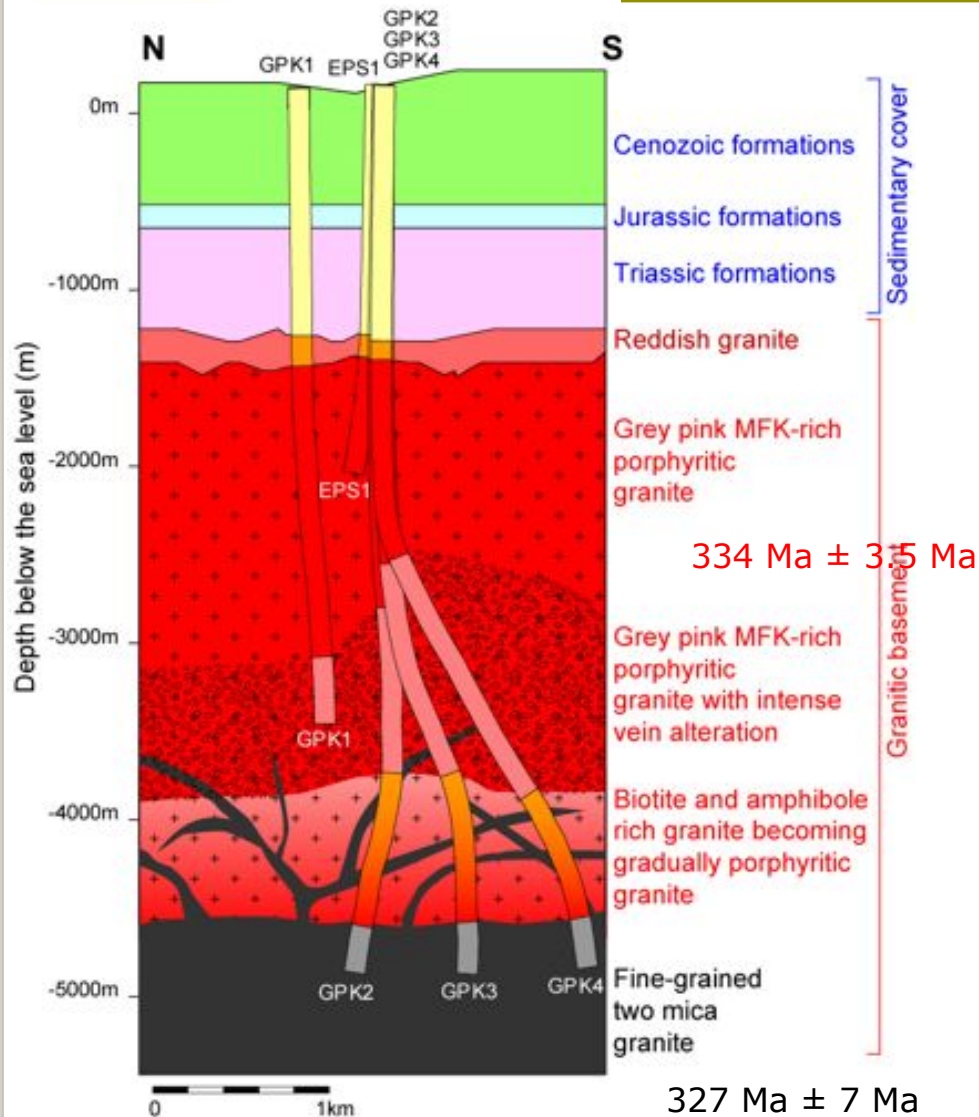
Tabela 3.6 Principais sismos induzidos por reservatórios no mundo

Barragem, país	Altura (m)	Ano	Magnitude (M_s)	Sismicidade regional
Koyna, Índia	103	1967	6,3	baixa
Kariba, Zâmbia	128	1963	6,2	baixa
Kremasta, Grécia	160	1966	6,2	alta
Xinfengkiang, China	105	1962	6,1	média
Oroville, E.U.A.	236	1975	5,7	alta
Marathon, Grécia	67	1938	5,7	alta
Aswan, Egito	111	1981	5,6	baixa



- Rhinegraben Cenozoic infill.
- Cenozoic volcanic rocks.
- Jurassic (Lias & Dogger).
- Triassic sedimentary cover.
- Permian-Carboniferous basins.
- Hercynian basement.
- Main faults (rift border).
- Faults.
- Thrust.

- ➡ within the tertiary Rhine Graben
- ➡ close to the western border
- ➡ presence of horst structure

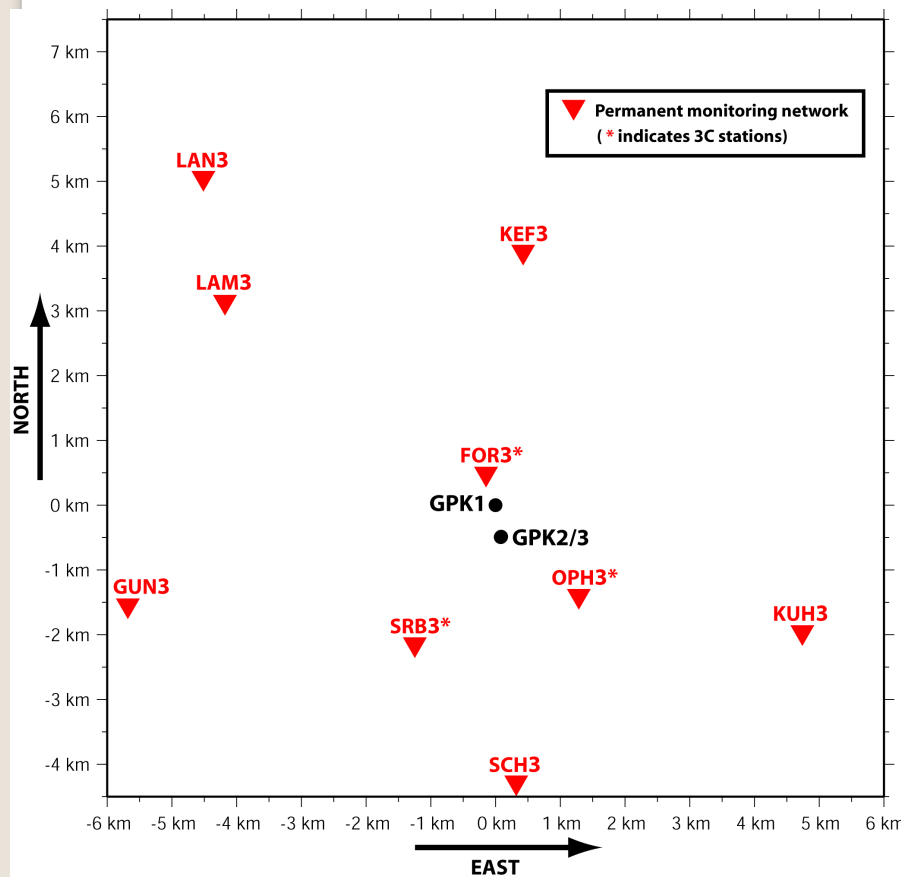


- Deep-seated geology revisited based on data of GPK3 and GPK4
 - 2 main crystalline bodies
 - Two-mica granite younger and intrusive
- Fracturing and alteration of the deeper part of wells
 - alteration zones enriched in U
 - suspected low porosity associated to fractures in the two-mica granite

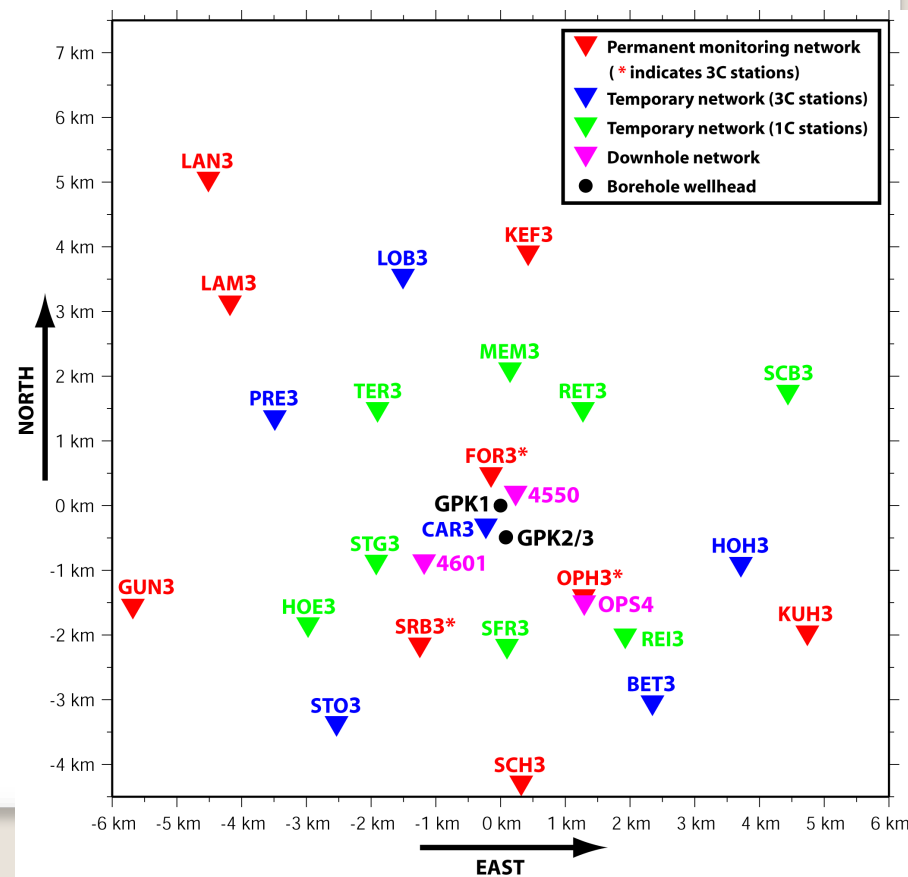


Redes sísmicas - permanente e temporária (2003)

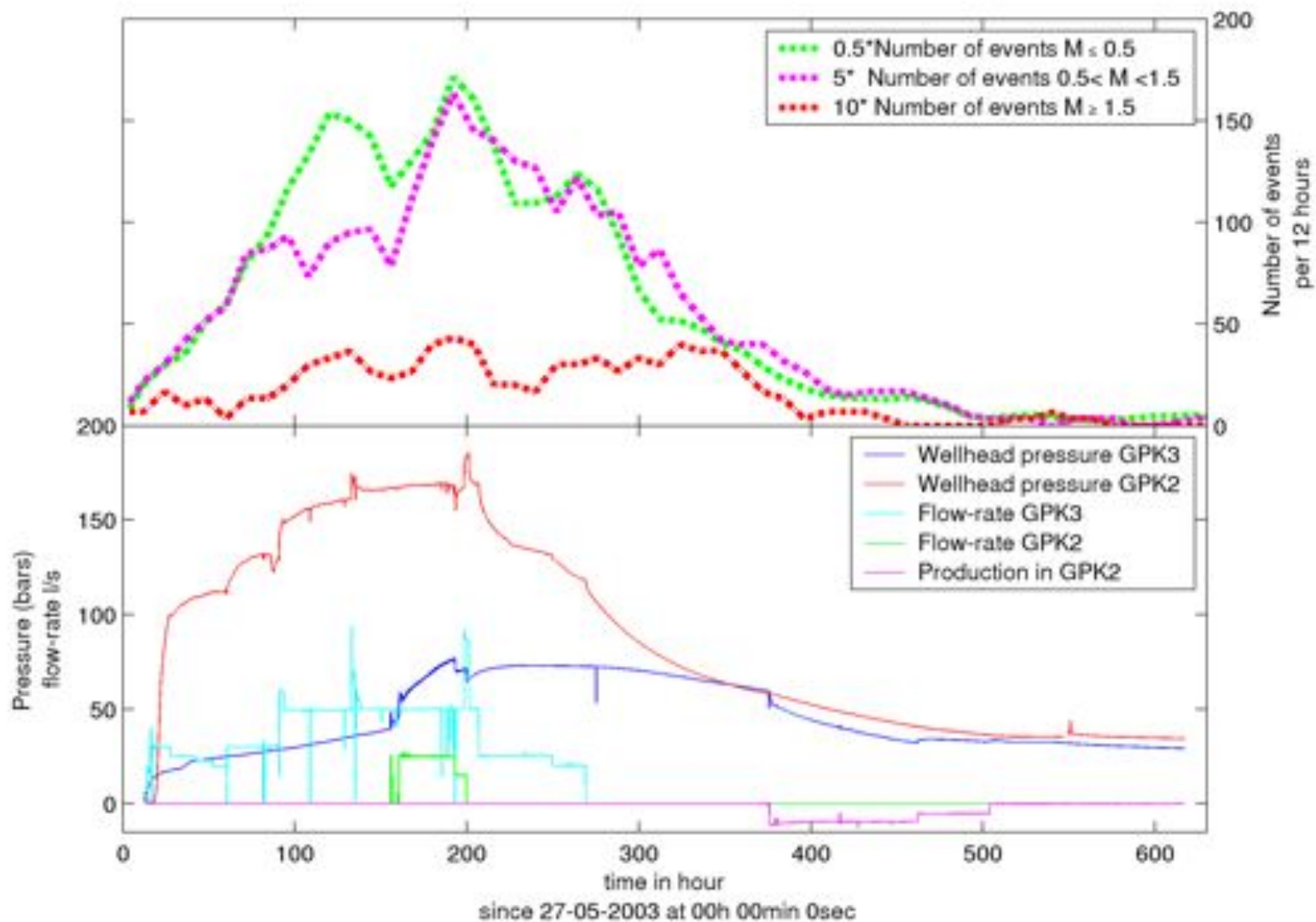
Permanent network



Permanent and temporary networks during the 2003 stimulation

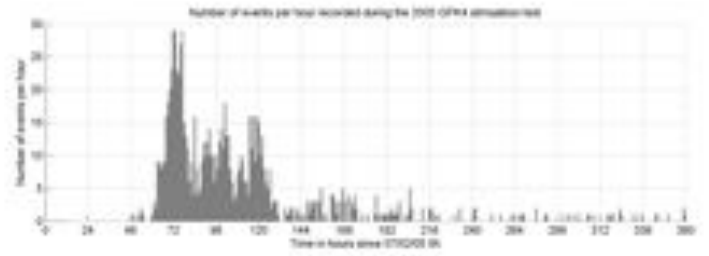
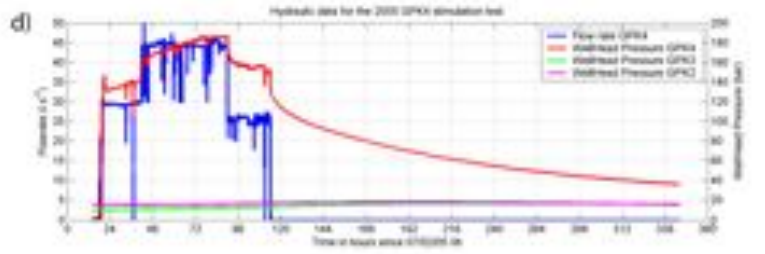
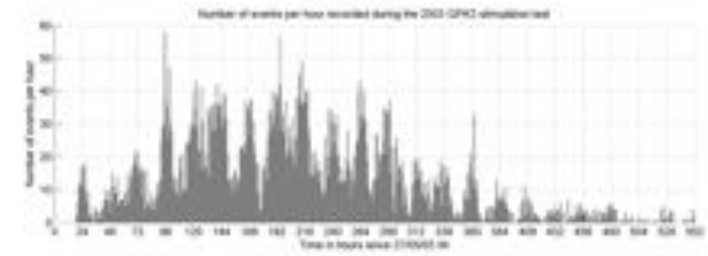
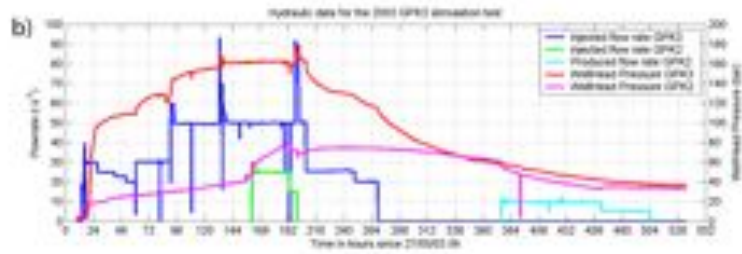
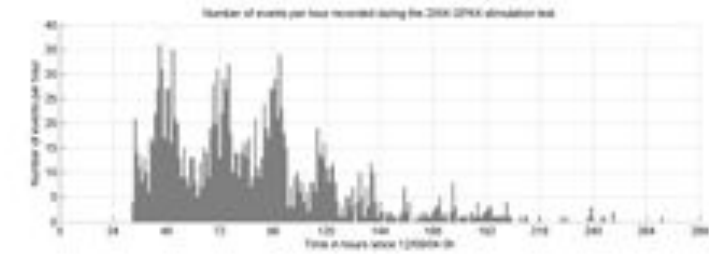
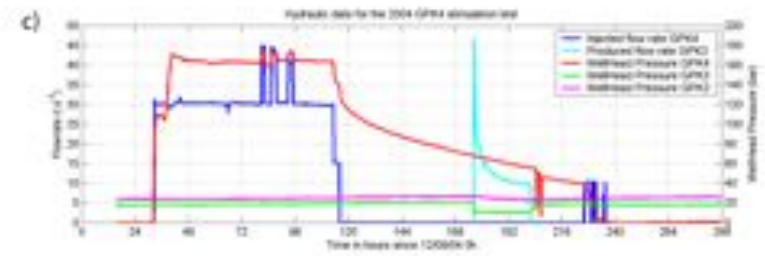
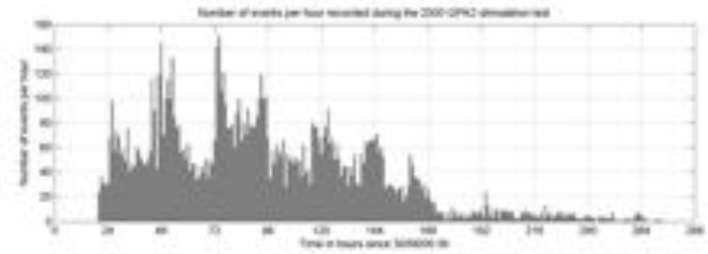
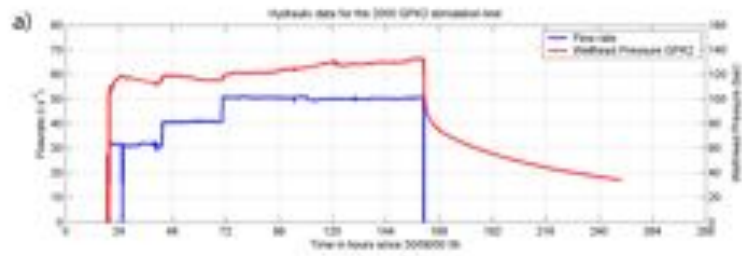


Distribuição temporal da sismicidade vs pressão hidráulica (bars) para 2003



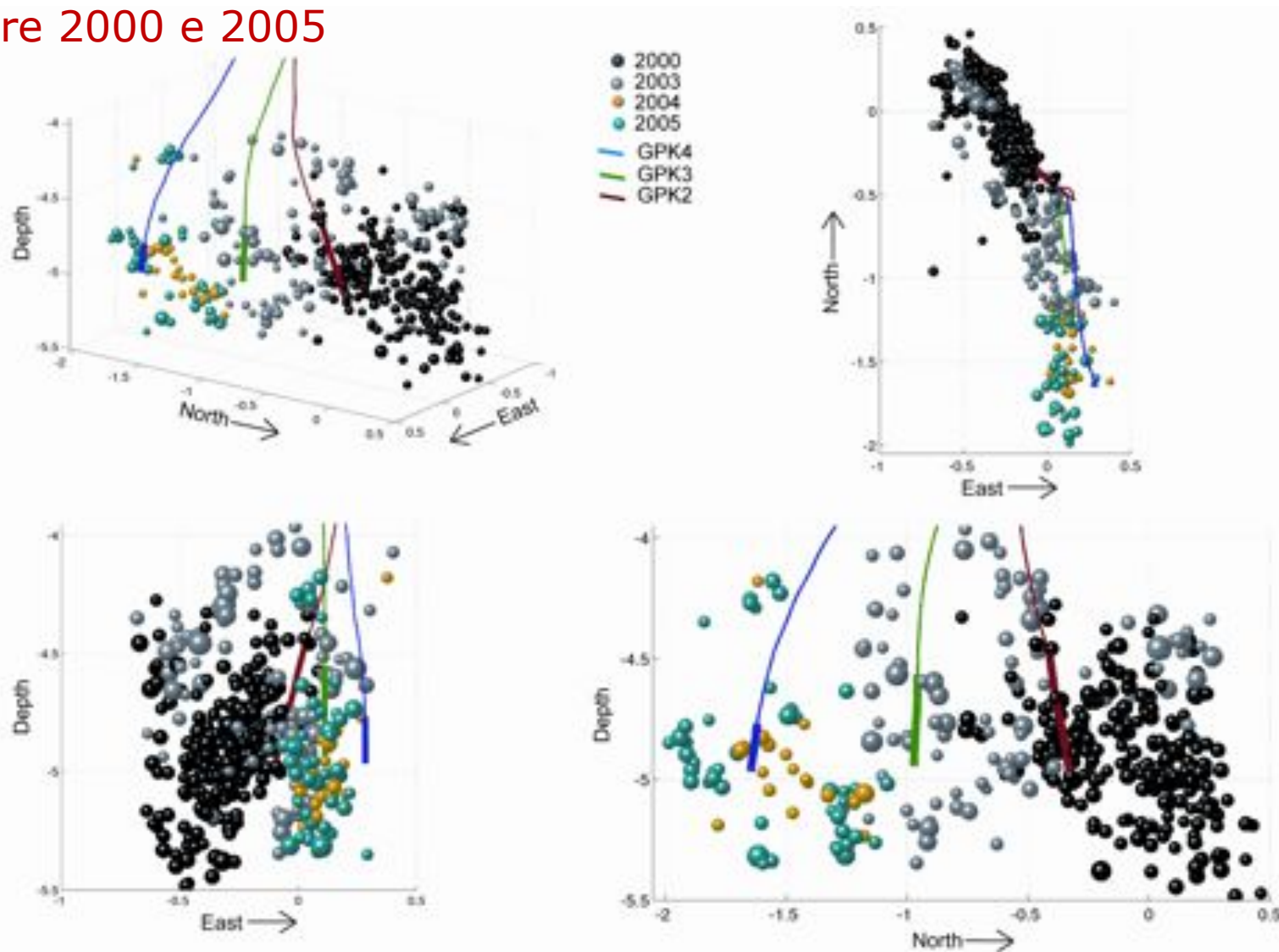


Idem para 2000, 2003, 2004, 2005





Distribuição espacial da microsismicidade ($M \geq 1.4$) induzida entre 2000 e 2005





Rede de Remediação
e Reabilitação de
Ambientes Degradados

Financiamento



évora
UNIVERSIDADE DE ÉVORA

FCT

Fundação para a Ciência e a Tecnologia

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR



COMPETE

PROGRAMA OPERACIONAL FACTORES DE COMPETITIVIDADE



EUROPEAN
SCIENCE
FOUNDATION
SETTING SCIENCE AGENDAS FOR EUROPE



QUADRO
DE REFERÊNCIA
ESTRATÉGICO
NACIONAL

PORTUGAL 2007.2013

