

Comunicar Ciência

Ministério da Educação • Departamento do Ensino Secundário

SISMOS

A. Mateus *

De quando em vez os sismos (terramotos ou abalos de terra) sobem à ribalta da grande informação como causas de catástrofes naturais que, num ápice, destroem implacavelmente muitas das infraestruturas da nossa Sociedade, aniquilando, por vezes, milhares de vidas. Tais acontecimentos sempre nos causam transtorno e levantam numerosas questões. Muitos esquecem, porém, que os elevados prejuízos materiais e humanos nem sempre correspondem a sismos violentos, mas sim a factores que se prendem com o ordenamento territorial da nossa Sociedade (da distribuição populacional à tipologia de construção civil, passando por muitas outras vertentes). O reforço da protecção passiva, através da avaliação do risco sísmico e da aplicação de regras de construção parassísmica, embora fundamental, só se revela, no entanto, adequado em Sociedades devidamente informadas e conhecedoras das razões que legitimam investimentos do erário e recomendam vivamente a divulgação do que cada cidadão deverá fazer em caso de emergência. A educação afigura-se, assim, essencial à prevenção de muitos dos efeitos associados aos eventos sísmicos, permitindo adicionalmente esclarecer as razões que sustentam a inevitabilidade destes abalos naturais.

Os sismos correspondem a agitações convulsivas da superfície terrestre desencadeadas por processos naturais de acumulação de tensões (isto,

se excluirmos todos os processos de sismicidade induzida via acção antropogénica). São, para todos os efeitos, acontecimentos que se associam a muitas outras manifestações geológicas, traduzindo a evolução natural e complexa de diversos fenómenos activos no tempo e no espaço, em perfeita harmonia com a dinâmica peculiar do Planeta.

Compreender as causas que concorrem para a génese dos sismos e que globalmente condicionam a sua distribuição geográfica representa um passo essencial na aquisição de conhecimentos vitais à racionalização de muitos processos geológicos. Perceber a essência dos fenómenos relacionados com a propagação das ondas sísmicas, relacionando-os com as propriedades físicas das rochas, representa também uma mais-valia educativa, porquanto permite entender a estruturação físico-química interna do Planeta em que habitamos. Tais conhecimentos possibilitam igualmente avaliar os fun-

damentos que governam o método de prospecção sísmica, auxiliar inestimável na identificação de vários recursos naturais, com particular destaque para os hidrocarbonetos (petróleo *s.l.*).



Perspectiva aérea da expressão geomorfológica associada a um dos troços trasmontano da falha activa de Manteigas - Vilarica - Bragança (NE de Portugal), imagem gentilmente cedida pelo Prof. Dr. João Cabral.

* Departamento de Geologia e Centro de Recursos Minerais, Mineralogia e Cristalografia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Exposições

"Alterações Climáticas
– Estará o Clima a Mudar?"

Museu da Ciência da Universidade de Lisboa
9 de Maio a 1 de Julho
Contacto: Museu de Ciência,
Serviço de Extensão Cultural
Tél. 21 392 18 08

Visitas

Museu de Ciência da Universidade de Lisboa

Ciclos de Palestras – Serões no Museu
As sessões têm sempre lugar às 18:30 minutos
no Auditório do Museu

• 25 de Maio – **Clima e Alterações Climáticas em Portugal**

Maria de Fátima Espírito Santo (Instituto de Meteorologia)

• 15 de Junho – **Alterações do Clima e tolerâncias Ecológicas da Biodiversidade**
Carlos Almacá (Dep. de Zoologia da Fac. de Ciências da Univ. de Lisboa e Museu de História Natural)

• 29 de Junho – **Título a providenciar**
Maestro Vitorino d'Almeida

• 27 de Julho – **Das Nuvens Escuras aos Planetas Extra-Solares**
João Alves (European Southern Observatory)

• 19 de Outubro – **O Conhecimento das Descobertas de Galileu e as Primeiras Observações Telescópicas em Portugal, 1610-1630**

Henrique Leitão (Centro de Física da Matéria Condensada da Univ. de Lisboa)

Museu de Ciência em Quarto Crescente
Actividade mensal do Museu, por ocasião da fase da lua com o mesmo nome.

Inclui uma sessão no Planetário (18h) e observações directas do Céu no Observatório (20:30h)

8 de Junho

7 de Julho

Email: mc@museu-de-ciencia.ul.pt

<http://www.museu-de-ciencia.ul.pt>

Cursos

Cursos de Natureza e Ambiente

– Situação Ambiental do Planeta

20 e 27 de Maio de 2000

(inscrições abertas)

– Ciência, Tecnologia e Ética Ambiental

17 e 24 de Junho de 2000

(inscrições abertas)

Inscrições/Informações:

Museu de Ciência da Univ. de Lisboa

Serviço de Extensão Cultural

Tél. 21 392 1808

Fax: 21 390 9326

Email: mc@museu-de-ciencia.ul.pt

Dos Primórdios da Geografia Sísmica ...

Augusto Cardoso *

Um dos grandes passos dados para o conhecimento da dinâmica interna da Terra deve-se ao engenheiro civil irlandês Robert Mallet (1810-1880), que dedicou parte significativa dos seus trabalhos à recolha de informações referentes a sismos ocorridos em todo o Planeta. Essas informações permitiram-lhe elaborar um mapa com a localização das principais regiões sísmicas (figura 1 - na qual a cor mais carregada indica efeitos mais destruidores), constituindo assim a primeira abordagem a uma cartografia sísmica. Fez o registo de sismos verificados em regiões continentais e oceânicas, sendo estes últimos provenientes de informações de abalos submarinos sentidos por embarcações em rotas oceânicas. Admitiam as fontes destas últimas informações serem os abalos devidos a prováveis choques com substratos recifais; posteriores sondagens evidenciaram a presença de águas profundas.

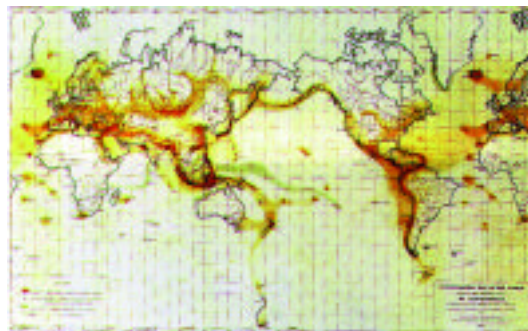


Figura 1 – Mapa de Robert Mallet de "Sismos e vulcões" de Robert M. Wood – Edição Círculo de Leitores. Lisboa, 1988.

A observação do mapa elaborado por R. Mallet permitia desde logo verificar que os sismos estavam estreitamente ligados às cadeias montanhosas jovens e ao seu prolongamento sob a forma de arcos vulcânicos, apontando também para estruturas submarinas particularmente notórias ao longo do Atlântico médio (posteriormente identificadas como dorsais oceânicas). Perfeitamente identificáveis encontravam-se a zona circumpacífica, a linha sísmica no seio do Atlântico e, de forma mais incipiente, no Índico e a zona situada no limite dos continentes eurasiático e africano desde os Açores até à fossa de Java.

Só cerca de um século depois o mapa de Robert Mallet foi actualizado/melhorado, graças a novos dados:

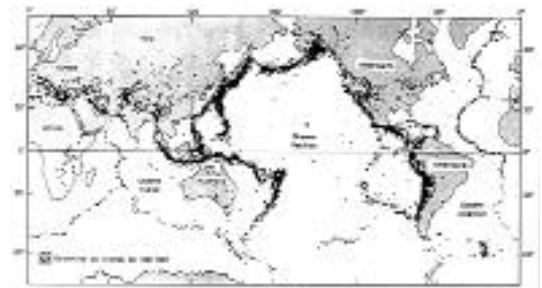


Figura 2 – Distribuição geográfica de epicentros.

- a. a instalação de redes de sismógrafos por todo o Planeta permitiu detectar a ocorrência de focos sísmicos a profundidades que podem situar-se até aos 700 quilómetros, consequentemente a nível do manto;
- b. esses focos sísmicos concentram-se na zona circumpacífica;
- c. a origem dos sismos deve-se à ruptura das rochas motivada pela acumulação de energia que ultrapassa o limiar da deformação, ruptura essa operada ao longo de falhas.

Os novos dados introduzidos permitiram, a partir de 1960, a actualização e consequente melhoramento do mapa de Mallet (figura 2) A descoberta da dorsal do Atlântico, cadeia montanhosa submarina com início no Oceano Ártico, continuando-se para sul e dividindo-se em torno do Oceano Antártico nas dorsais do Índico e do Pacífico, associado à sua natureza vulcânica e idade recente, a constatação de actividade vulcânica ao longo das cadeias submarinas e até à superfície, como na Islândia, a verificação de que a idade das rochas do soalho oceânico aumenta regularmente à medida que se afastam das cristas das dorsais (atingem 150 M.A. junto das margens continentais atlânticas) e a coincidência quase generalizada de actividade vulcânica com as zonas de maior sismicidade vieram constituir um somatório de provas que, no seu conjunto, permitiram a elaboração de uma história actualizada do Planeta – a Tectónica de Placas.

* Professor do Ensino Secundário.
Contributo da A.P.P.B.G.

Sismos

A. Ribeiro e João Cabral *

Um **sismo** consiste na ocorrência de ondas elásticas que se geram em certas zonas do globo terrestre, numa dada **fonte sismogénica**, e que se propagam a partir do seu local de origem através dos materiais constituintes do Globo. Corresponde, pois, a vibrações das rochas resultantes da passagem de **ondas sísmicas** de diversos tipos, nomeadamente de ondas volumétricas P e S, e de ondas de superfície.

O mecanismo sismogénico fundamental é designado por **modelo do ressalto elástico**. Assim, um **sismo** consiste na irradiação, sob a forma de ondas, de energia de deformação elástica acumulada em rochas que foram submetidas a tensões tectónicas, e que é libertada por ressalto elástico associado a ruptura súbita numa zona de descontinuidade mecânica localizada no interior da massa rochosa – constituindo uma **falha activa** – com deslizamento brusco de um lado da descontinuidade relativamente ao outro.

Reflectindo a interacção entre as placas litosféricas, cerca de 95% da sismicidade no Globo ocorre em falhas localizadas junto às suas fronteiras, correspondendo aos **sismos interplacas**, enquanto os restantes 5% têm origem em falhas activas situadas no seu interior, constituindo os **sismos intraplaca**. Estes devem-se ao facto de as placas litosféricas não serem perfeitamente rígidas e sofrerem, conseqüentemente, deformações internas.

As vibrações sísmicas do solo num dado local podem ser registadas detalhadamente, sob a forma de **sismogramas**, em instrumentos denominados sismógrafos. A sismicidade que, desde os princípios do século XX, é registada em estações sismográficas designa-se por **sismicidade instrumental**. A actividade sísmica anterior, conhecida através da referência e descrição dos seus efeitos em documentos históricos, designa-se por sismicidade histórica.

A severidade das vibrações sísmicas ocorridas num dado local é medida pela **intensidade sísmica**. A sua quantificação, geralmente expressa em **graus** de uma **escala de intensidade**, é feita através da avaliação dos efeitos produzidos pelo sismo no local considerado.

A partir da amplitude das vibrações sísmicas registadas em sismogramas calcula-se a **magnitude** dos sismos, a



Sismo de 1980 de El-Asram, Argélia, Magnitude 7.3 que causou 25 000 vítimas.

qual é uma medida da energia libertada em cada evento e, portanto, uma medida da sua grandeza “absoluta”, independente da distância.

A primeira escala quantitativa de magnitudes sísmicas foi criada em 1951 pelo cientista japonês Wadati, e aperfeiçoada em 1955 pelo sismólogo americano C. Richter, que definiu a **magnitude local (ML)**, também conhecida por **magnitude de Richter**.

Como a generalidade dos sismos de origem tectónica, bem como grande parte dos sismos associados a uma actividade vulcânica, é gerada por deslizamento súbito em falhas, a identificação e caracterização das fontes sismogénicas numa região consiste essencialmente no reconhecimento das falhas activas geradoras da sismicidade regional e na caracterização da sua actividade. O estudo das falhas activas realiza-se no âmbito da **Neotectónica**, enquanto a **Sismotectónica** constitui um ramo interdisciplinar entre a Sismologia e a Neotectónica, cujo objectivo é estabelecer correlações entre parâmetros geológicos e sismológicos. Informações complementares sobre estes assuntos, versando inclusivamente exemplos relativos a Portugal, podem ser encontrados em Ribeiro (1995) e Cabral (1996).

* Dep. de Geologia e Laboratório de Tectonofísica e Tectónica Experimental. Fac. Ciências, U. Lisboa. Contributo da A.P.G.

INTERNET

Recursos vários sobre vulcanismo:
<http://volcano.und.nodak.edu>

Modelo de um vulcão em papel
<http://www.usgs.gov/education/learnweb/volcano.html>

Volcano Hazards Program
– USGS – Programa de Riscos Vulcânicos dos Serviços Geológicos Americanos.
Disponibilização de glossários, páginas dirigidas a professores, etc.
<http://volcanos.usgs.gov/Products/Pglossary/pglossary.html>

Site excelente com muita informação sobre vulcões.
<http://learner.org/exhibits/volcanoes/>

Sismólogos amadores:
<http://seismicnet.com>

“Manual of Seismological Observatory Practice”:
<http://www.seismo.com/msop/msop79/msop.html>

Riscos Geológicos no Planeamento e Ordenamento do Território
<http://www.ipv.pt/millennium/ect/lms.htm>

Congressos

I Congresso Ibérico de Paleontologia
– Univ. de Évora, 12 a 14 de Outubro de 2000.
Informações: paleo2000@uevora.pt
3.º Simpósio sobre a margem ibérica atlântica
– 25 a 27 de Setembro de 2000, Faro.

Conferências

– Património Geológico: o direito à memória da Terra por Miguel M. Ramalho – GeoFCUL e Instituto Geológico e Mineiro. Anfiteatro do Departamento de Geologia, C2 Piso 5
26 de Maio de 2000, às 16h30m.

– Petrologia Experimental: Perspectivas e Rumos por Mário Aigner-Torres
– Instituto de Mineralogia e Petrologia, ETH – Zürich. Anfiteatro do Departamento de Geologia, C2 Piso 5
31 de Maio de 2000, às 16h30m.

Publicações

– Memórias e Notícias, revista científica de Ciências da Terra, publicada pelo Departamento de Ciências da Terra e Museu de Mineralogia e Geologia da Universidade de Coimbra.
– Gaia, Revista de Geociências, Museu Nacional de História Natural da Universidade de Lisboa.
– Revista Ciências da Terra, Departamento de Ciências da Terra da Universidade Nova de Lisboa. Temáticas: Geologia, Estratigrafia e Paleobiologia.

A Sismologia é hoje um tema abrangido pelos conteúdos das disciplinas de Ciências Naturais (7.º ano), Ciências da Terra e da Vida (10.º ano) e ainda das Técnicas Laboratoriais de Geologia (12.º ano, bloco III). O relevo que lhe é dado no Ensino Secundário tem toda a razão de ser face à nossa história. Basta recordar a destruição provocada no Continente pelo sismo de 1 de Novembro de 1755 e os sucessivos sismos destruidores que têm afectado o Arquipélago dos Açores, o último dos quais ocorrido a 9 de Julho de 1998, próximo do Faial. Tal como para muitos outros temas da área das Ciências da Terra. Também o ensino da Sismologia tem muito a ganhar com a realização, pelos alunos, de actividades experimentais com ela relacionadas.

Para fazer experiências com sismos é preciso em primeiro lugar registá-los, isto é, dispor nas Escolas de equipamento adequado. Basicamente é preciso um sensor, um sistema de aquisição e um computador onde se faz a análise e interpretação dos registos. Este equipamento não é facilmente acessível nem é de operação simples. Por isso, as várias experiências realizadas até agora neste domínio têm sido efectuadas no quadro do Programa Ciência Viva do Ministério da Ciência e Tecnologia, mediante a colaboração das Escolas com Institutos e Centros de Investigação.

O projecto RESINE (Rede Sismológica Inter-Escolar) é o mais antigo dos projectos, cumprindo em 1999 o seu 3.º ano de actividades. Inspirando-se em experiências análogas realizadas nos Estados Unidos, este projecto envolveu os professores de Física de 5 Escolas¹ na construção de sensores sísmicos e na montagem de kits de aquisição. Os registos sísmicos são guardados e depois analisados em computador, usando programas simples disponíveis na internet. Com este equipamento os alunos podem realizar várias experiências, interagindo com o sensor sísmico. Após a leitura dos sismogramas é possível calcular a distância da Escola ao epicentro e a magnitude do sismo registado. Os registos estão disponíveis através de <http://geomist.igm.pt/resine>.

O projecto ROSEA (Rede de Observação Sísmica nas Escolas dos Açores) teve o seu início em 1999 com a instalação, em 6 Escolas² dos Açores, de sensores e estações sísmicas digitais de nível profissional. Neste caso, a exploração do equipamento é feita sobretudo pelos professores da Área de Ciências. Neste projecto pretende-se que as Escolas registem e

estudem a sismicidade local e regional que afecta o Arquipélago dos Açores. Para este efeito os professores e alunos têm à sua disposição programas de análise que permitem realizar as principais tarefas de um pequeno observatório sísmico: identificação das fases sísmicas; determinação da distância epicentral; cálculo da magnitude local de Richter; definir aproximadamente a localização do epicentro.

Iniciou-se também em 1999 o projecto Ciência Viva "Monitorização Sísmica da região de Évora", onde o registo dos sinais sísmicos se processa de maneira diferente. Neste caso os sensores não se encontram nas Escolas, mas são operados pelo Centro de Geofísica de Évora no âmbito de um dos seus projectos de investigação. Graças ao projecto Ciência Viva, 3 Escolas vão poder receber os sinais sísmicos registados pela rede através de comunicação remota via rádio ou via telefónica. Os professores e alunos acedem exactamente à mesma informação que os investigadores e, com ela, podem realizar as tarefas básicas de análise de sismogramas, identificação de fases, cálculo de magnitudes e determinação de epicentros.

Com estes exemplos pode parecer que o ensino experimental da Sismologia está destinado apenas àquele pequeno grupo de Escolas que acedeu aos projectos Ciência Viva. Nada mais longe da verdade. A Sismologia não é uma Ciência isolada. Ela relaciona-se directamente com a Geologia no que se refere à compreensão dos fenómenos que estão na origem dos tremores de Terra destruidores, mas também com a Física e a Química, pois é com os conhecimentos dessas Ciências que os sismólogos exploram a estrutura mais profunda do nosso Globo. A Sismologia é apenas um dos anéis que formam a extensa cadeia multidisciplinar que contribui hoje em dia para o estudo do nosso planeta dinâmico. Esta faceta foi reconhecida desde o princípio pelos intervenientes nos projectos Ciência Viva e, por isso, em paralelo com a instalação e operação do equipamento sísmico, foram-se desenvolvendo diversas actividades experimentais em temas directamente relacionados com os sismos. Iremos relatar algumas destas actividades sem esquecer, no entanto, que os professores

O Ensino Experir

Luís Mat

de muitas Escolas, por sua própria iniciativa ou ligados aos programas de formação FOCO, têm também realizado valiosas iniciativas de índole experimental.

Na litosfera, os tremores de terra ocorrem em falhas tectónicas sujeitas a acumulação de tensões. Quando se atinge o limite de resistência da falha, esta cede e liberta-se energia, ocorrendo um sismo. Na maior parte dos casos os sismos ocorrem em falhas que já existem e a principal força em jogo é a força de atrito entre os dois blocos da falha. Por isso, as **causas dos sismos** podem ser estudadas de forma elementar, usando apenas um carrinho, uma superfície rugosa e um dinamómetro para medir a força aplicada. Puxando o carrinho com uma força cada vez maior, chegamos a um ponto limite em que ocorre o deslizamento. O atrito (estático) máximo depende de vários factores, como seja a rugosidade das superfícies, mas também da força que aperta o carrinho contra o plano, numericamente igual à Reacção normal.

Os sismos podem ser previstos? Os sismos libertam toda a energia elástica acumulada? Estas e outras questões podem ser estudadas usando uma variante da experiência anterior, a **máquina de sismos**. Neste caso, o carrinho encontra-se sobre um pequeno tapete rolante e está ligado por uma mola a um dinamómetro digital. Este aparelho mede a força aplicada em cada instante e o registo pode ser observado no monitor de um computador. Ligando o tapete, o bloco move-se solidário com a superfície, esticando a mola até se atingir o limite de rotura. Nesta altura o bloco desliza (sismo) e segue-se um novo ciclo de aumento da tensão. Apesar de muito simples, este sistema reproduz muitos aspectos da sismicidade que se observa na crosta terrestre: há muitos mais pequenos sismos que grandes sismos e a sua relação segue uma lei logarítmica; a obser-



tal da Sismologia

Torres**



vação cuidada do sistema não permite dizer se o próximo sismo será grande ou pequeno ou quando irá ocorrer: os sismos são imprevisíveis; após a ocorrência de um sismo a mola não fica completamente relaxada, fenómeno que no caso real é responsável pela ocorrência de réplicas subsequentes ao sismo principal.

Apesar de no foco ou hipocentro de um sismo ocorrerem fenómenos de grande complexidade, aquele que mais directamente tem a ver com a Sismologia é a geração de ondas elásticas. **As ondas dos sismos** podem ser de vários tipos e o estudo das suas propriedades essenciais pode ser feito facilmente no laboratório. Para estudar as ondas P podemos usar uma mola mágica, de preferência em metal. Esticando a mola em cima de uma bancada e juntando vários anéis, que depois são largados, podemos observar a propagação deste tipo de ondas. As ondas S podem ser estudadas com uma simples corda que é agitada regularmente numa sua extremidade.

Quando as ondas sísmicas atingem um ponto à superfície da Terra, o solo vibra. Os sismómetros são os instrumentos que medem essa vibração e o registo do movimento do solo é o sismograma. Idealmente um sismómetro deveria ser um dispositivo que ficasse em repouso quando o chão vibrasse durante a passagem das ondas sísmicas. Ligando uma caneta ao sismómetro e um papel ao solo obteríamos a **assinatura do sismo**. Tal como na escrita devemos mover a mão, também para se obter um sismograma o papel deve estar em movimento contínuo, introduzindo a dimensão temporal no registo. A compreensão dos princípios de funcionamento de um sismómetro pode ser efectuada através de um pequeno *kit* que se instala sobre uma mesa que possa abanar. O conceito físico essencial a reter é o da inércia.

Se bem que os sismos não se possam prever, os efeitos que eles têm sobre estruturas e construções são previsíveis. Para realizar esse estudo os engenheiros sísmicos usam grandes mesas vibrantes, as mesas sísmicas, nas quais podem colocar modelos de edifícios e observar os danos que estes sofrem quando as ondas sísmicas atingem as suas fundações. A uma escala ainda mais reduzida, esta é a actividade que se poderá realizar com a experiência **sismos à mesa**. Aqui apenas é necessário montar uma pequena mesa sísmica que, na sua versão mais simples, nem sequer exige motorização. Em seguida, é usar a imaginação para fazer construções e elaborar estratégias que possam reduzir os danos provocados pela vibração do solo.

A vibração sísmica comunica-se aos edifícios através das suas fundações. Por sua vez, esta acção deve-se propagar a todo o edifício através dos elementos estruturais usados na sua construção. Uma falta de ligação rígida entre os andares tem como consequência o colapso imediato do edifício. Usando paus de gelado é possível fazer o estudo de diversas técnicas de **reforço estrutural** que permitem comunicar os esforços da base ao topo do edifício e assim evitar o colapso. Pode assim ser estudado o efeito de paredes mestras, barras oblíquas, tirantes diagonais ou triângulos de reforço.

Os efeitos que um sismo pode ter sobre edifícios depende de diversos factores, entre os quais se pode salientar a frequência da vibração do solo. O **modelo SOSE** (Simulação de Oscilação Sísmica de Edifícios) serve de base a uma experiência simples que pretende ilustrar a importância deste efeito. Grosseiramente um edifício pode ser visto como um pêndulo invertido, uma massa presa a um eixo, que pode oscilar quando abanado. O período natural de vibração de um edifício, para um mesmo tipo de construção, depende da altura deste. Quanto mais alto, mais lenta é essa oscilação. Se a vibração sísmica tiver o mesmo período da vibração natural do edifício, então este entra em ressonância e a sua destruição é o resultado. Num mesmo bairro, edifícios de alturas diferentes podem ter comportamentos diferentes durante um sismo, devido aos efeitos demonstrados por este modelo.

A vibração do solo pode ter ainda alguns efeitos secundários que, em muitos casos, são igualmente destruidores. Um exemplo é a liquefacção do solo, que ocorre quando terrenos pouco consolidados e saturados de água são sujeitos à acção sísmica. Para fazer uma demonstração do solo líquido bastam dois recipientes, areia e objectos pesados. Poderemos assim observar como pequenas construções se afundam bruscamente quando o solo saturado onde se encontram se transforma em líquido.

As avalanches ou deslizamentos de terra podem ter várias causas, uma das quais é a vibração sísmica. Para compreender porque a **terra desliza**, basta usar um plano inclinado, alguns blocos feitos com argila ou areia e água, recorrendo a uma pequena forma. Aqui a principal força em jogo é a componente do peso que é paralela ao plano. Quanto mais inclinado é o plano (ou a ravina de uma encosta) maior é essa força que solicita o bloco (ou terreno) para o deslizamento. Nas proximidades da inclinação limite, basta uma pequena pancada ou vibração para dar início ao deslizamento. É este o efeito da vibração sísmica que pode desencadear deslizamentos de terra.

A Sismologia é uma Ciência Global no sentido em que os sismos não respeitam fronteiras e o seu estudo exige um esforço concertado à escala planetária. É por isso que a Sismologia é hoje um excelente exemplo do uso da *internet* na difusão de dados e informação. Estes aspectos podem ser explorados na sala de aula com recurso a um computador e em colaboração com os professores e grupos de informática da Escola. Para este efeito, estão livremente disponíveis na *internet* uma grande variedade de programas de computador, mas este assunto ficará para uma outra oportunidade. Para saber mais, o leitor interessado poderá contactar os responsáveis dos projectos Ciência Viva e/ou acompanhar a divulgação das actividades do programa FOCO, na área das Ciências da Terra.

* CGULE Dep. Física da FCUL Imatias@fc.ul.pt
**IGM, torres@igm.pt

¹ Escola Secundária de Odivelas, Escola Secundária Diogo de Gouveia, Escola Secundária de Coelho e Castro, Escola Secundária Pinheiro e Rosa, Escola Secundária Fernão de Magalhães.

² Escola Secundária G/B das Laranjeiras, Escola Secundária G/B da Ribeira Grande, Escola Básica de Rui Galvão de Carvalho, Escolas Básicas e Secundária Dr. Manuel de Arriaga, Escola básica Integrada da Calheta, Escola Cardeal Costa Nunes.

³ Escola Secundária Conde de Monsaraz, Escola Secundária André de Gouveia, Escola EB 2,3 Cunha Rivara.

Estrutura do Interior da Terra

Paula Teves Costa *

INTERNET

- Instituto Geofísico do Infante D. Henrique
<http://igidl.ul.pt>
- Caracterização Semanal da Sismicidade em Portugal Continental e Região Adjacente no site do Instituto de Meteorologia
<http://www.meteo.pt>
- Instituto Geográfico Nacional Espanhol – sismos
<http://www.geo.ign.es/servidor/sismo/sismo.html>
- Sismicidade da Terceira (Açores)
<http://www.gzcah.pt/album/pedral/meteo.htm>
- Calamidades nos Açores (ao longo dos últimos 5 séculos)
<http://www.terraviva.pt/aqualto/2365/calamidades/calamidades.htm>
- Atitudes de Autoprotecção em caso de Tremor de Terra
<http://www.cm-lisboa.pt/Servicos/protecaocivil/sismos.htm>
- Informação Geral sobre sismos
<http://cne.go.cr/modulos/sismos.htm>
- O que origina os sismos
<http://lacaelel.igeofcu.unam.mx/~davide/ssn.html>
- Sismologia em Portugal
<http://tempo.iupi.pt/mapas/sismos.asp>
- Sistema Nacional de Protecção Civil
http://www.snpc.pt/riscos_naturais_miolo.htm

Visitas

- Instituto Geofísico do Infante D. Luís
Visita de estudo a uma estação sísmica.
Contactos para informações e marcação:
R. da Escola Politécnica, 58
1249 Lisboa
Telf: 21 3921866/67
Fax: 21 3953327
<http://igidl.ul.pt>

O primeiro registo sísmico foi obtido em Potsdam (Alemanha) durante a ocorrência do sismo de 18 de Abril de 1889 em Tóquio. O sismologista inglês R.D. Oldham foi o primeiro a constatar que o estudo do tempo de propagação das ondas sísmicas podia fornecer uma “radiografia” do interior da Terra. Desde então, vários sismologistas “debruçaram-se” sobre a análise do tempo de percurso das ondas no interior da Terra e foram descobrindo as diferentes descontinuidades: em 1906, Oldham propôs a existência de um grande núcleo central no interior da Terra, que foi confirmado por Gutenberg, em 1913; Mohorovicic, em 1909, propôs a existência de uma descontinuidade a cerca de 50 km de profundidade, onde as propriedades físicas da Terra sofriam uma variação brusca e que corresponde à passagem da crosta para o manto; e em 1936, Inge Lehmann descobriu a existência do núcleo interno da Terra. Após esta descoberta, todas as grandes fronteiras no interior da terra parecem ter sido localizadas e o modelo simplificado do interior da Terra é composto por quatro grandes zonas bem diferenciadas: **a crosta**, com espessura que varia entre os 60 km, sob as grandes cadeias montanhosas, e os 5 km, sob os oceanos; **o manto**, separado da crosta pela **descontinuidade de Mohorovicic** e que vai até uma profundidade de 2900 km; **o núcleo externo** (no estado líquido), separado do manto pela **descontinuidade de Gutenberg**, e que se estende até uma profundidade de 4500 km; e **o núcleo interno** (no estado sólido), separado do anterior pela **descontinuidade de Lehmann**.

Contudo, estas fronteiras nem sempre se apresentam como superfícies regulares, sendo muitas vezes constituídas por “zonas de transição”. Por sua vez, as diferentes zonas não são camadas homogéneas, mas antes apresentam heterogeneidades físicas no seu interior.

A confirmação da teoria da deriva continental nos anos 60 pôs em evidência a existência de movimentos no interior da Terra e a descoberta de uma camada de baixa velocidade, entre os 100 e os 150 km de profundidade – a **astenosfera** –, detectada primeiramente por Gutenberg, sugerem que os materiais dessa zona se devem encontrar parcialmente em fusão.

Nos últimos anos começou a desenvolver-se uma técnica, chamada de tomografia sísmica, que permite “visualizar” o que se passa no interior do globo. As ondas sísmicas, provenientes de diferentes sismos, atravessam o manto em todas as direcções. Invertendo estes dados, é possível calcular a velocidade das ondas sísmicas em cada “ponto”, permitindo obter mapas tridimensionais, que nos dão uma indicação aproximada da distribuição da temperatura no interior da Terra. As ondas viajam mais rapidamente nas zonas mais frias, onde o material é mais rígido, e mais lentamente nas zonas quentes, onde o material se encontra provavelmente num estado de fusão parcial. A figura junta apresenta as anomalias da velocidade das ondas S até aos 100 km de profundidade. As velocidades mais rápidas estão coloridas a azul, e as mais lentas a vermelho, de modo a poder observar-se quais as zonas quentes e as zonas frias no interior da Terra. As zonas de fronteira de placas são as mais quentes, evidenciando uma tectónica activa aliada a movimentos de ascensão de material quente do manto, nas zonas de “rift”, enquanto que as zonas mais frias se encontram no meio das grandes placas, sob os escudos continentais.

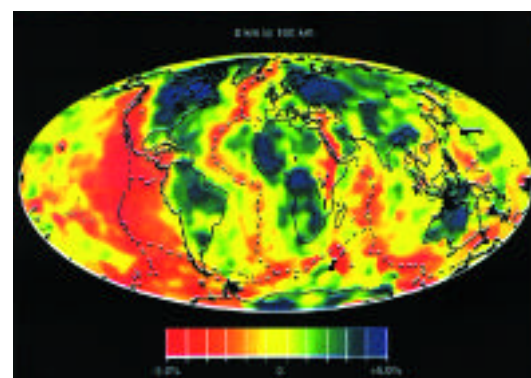


Figura retirada do site:
<http://www-geology.ucdavis.edu:8000/~gel102/grand.html>

* Professora Auxiliar no Departamento de Física da FCUL.
Investigadora no Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa.
ptcosta@fc.ul.pt
Contributo da S.P.F.

Os Sismos e as Construções

Carlos Sousa Oliveira*

Os sismos são fenómenos naturais de grande impacto sobre as comunidades, tendo nos últimos cem anos provocado para cima de milhão e meio de vítimas. Cinquenta por cento destas vítimas provieram de dois enormes sismos, um no Japão em 1923 e outro na China em 1976; as restantes ocorreram em sismos à média de três por ano, alguns com mais de 20.000 vítimas. Somente entre Agosto e Dezembro de 1999 ocorreram 5 grandes eventos, dos quais resultaram mais de 30.000 vítimas, mais de meio milhão de deslocados e prejuízos superiores ao PIB de Portugal.

As principais causas destes números resultam: (i) do deficiente comportamento estrutural de edifícios, pontes, estruturas industriais, etc., (ii) de deslizamentos de terrenos e (iii) do impacto de tsunamis nas costas ou bacias do litoral. O melhor conhecimento de todos estes fenómenos não tem sido suficiente para compensar o aumento geral da vulnerabilidade do parque construído, devido a erros cometidos a diversos níveis: (i) na localização de centros urbanos em zonas de maior incidência sísmica, (ii) na definição das acções sísmicas, (iii) na escolha do tipo estrutural mais apropriado, (iv) na qualidade da prática construtiva e (v) na falta de campanhas para reforço das estruturas mais debilitadas.

Os sismos actuam sobre as fundações, obrigando-as a acompanhar o movimento que aí se faz sentir, proveniente da propagação das ondas desde a sua origem na falha que rompeu até ao local da sua implantação. Para além da magnitude e distância à falha, o movimento na fundação depende de um conjunto de parâmetros, de entre os quais se salientam o tipo e características dos solos superficiais em que a fundação assenta. Em geral, quanto mais brandos e espessos os solos, maior a ampliação do movimento nas frequências baixas.

O movimento na fundação actua sobre a super-estrutura (tudo o que se encontra acima da fundação) de acordo com as leis da mecânica dos meios deformáveis; ele, de uma forma simplificada, segue a 2.^a lei de Newton, quando aplicada a um sistema de um ou mais graus de liberdade. A resposta da estrutura é obtida por integração das equações diferenciais que



regem o fenómeno, permitindo calcular os esforços máximos sobre cada um dos elementos resistentes e as deformações máximas. São estes os elementos fundamentais para verificar a segurança estrutural e determinar o nível de danos que a estrutura pode sofrer.

O grande problema dos sismos sobre as construções é que a energia que actua nas fundações se situa numa gama de frequências coincidente com as frequências de vibração das estruturas, o que conduz a fenómenos de ressonância, com consequências desastrosas.

Do ponto de vista prático, para minimizar tal comportamento deve-se proporcionar resistências nos locais que vão ser mais solicitados, evitar a concentração de tensões em pontos mais fracos e permitir a redistribuição de esforços por um maior número de elementos. Existe ainda um conjunto de pequenas regras a observar a nível da estrutura e ligações entre os seus elementos.

Uma outra filosofia de ataque a este problema, e que hoje começa a congregar alguns apoios, passa pelo estudo de sistemas que permitam o isolamento da estrutura relativamente à fundação e pela introdução de amortecedores que dissipem a energia transmitida. A regulamentação existente define o patamar mínimo para um comportamento sem colapsos, associado a uma acção sísmica com “baixa probabilidade” de ocorrência.

* Departamento de Engenharia Civil e Instituto de Engenharia de Estruturas, Território e Construção, Instituto Superior Técnico.

Enquanto alguns edifícios de betão armado sofreram colapso total durante o sismo da Turquia de 17 de Agosto de 1999, outros mantiveram-se no seu lugar. Diferenças na qualidade da construção, no tipo de solo, no sistema construtivo, ou na variabilidade espacial da acção sísmica estarão na origem deste comportamento tão selectivo.

Documentos

Alguns documentos normativos:

- **RSA** – Regulamento de Segurança e Acções nas Estruturas de Edifícios e Pontes, Decreto-Lei 235/83, que estabelece as normas de projecto que atendem, entre outros aspectos, ao problema sísmico em Portugal.
- **Euro-Código 8** – Projecto de Regulamento Europeu dedicado especificamente aos problemas sísmicos.

Livros

- **Construção Anti-Sísmica – Edifícios de Pequeno Porte**, E. Cansado Carvalho & C. S. Oliveira, edição LNEC, ICT/DIT 13, 1983.
- **O Sismo de Northridge – Los Angeles, 17 de Janeiro de 1994, Ensinaamentos para Portugal**, C. S. Oliveira et al., edição conjunta IC/FEUP, 1995.

Sociedades Portuguesas

Sociedades portuguesas com mais expressão em matérias de sismos:

- **SPES** – Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica – Sede no LNEC, Av. Brasil, Lisboa.
- **APMG** – Associação Portuguesa de Meteorologia e Geofísica – Sede no IM, Rua C Aeroporto de Lisboa.
- **SPG** – Sociedade Portuguesa de Geotecnia – Sede no LNEC, Av. Brasil, Lisboa.
- **GPEE** – Grupo Português de Engenharia de Estruturas – Sede no LNEC, Av. Brasil, Lisboa.

A Formação no contexto da Protecção Civil

Ficha Técnica

Editor:
Departamento do Ensino Secundário [DES]
Director: Domingos Fernandes
Coordenação: Helena Valdeira Caetano
Conselho Consultivo:
António Mateus, Universidade de Lisboa
Augusto Barroso, Universidade de Lisboa
Mário de Freitas, Universidade do Minho
José Teixeira Dias, Universidade de Aveiro
Design Gráfico: DELTAGRAPHOS, Design e Publicidade, Lda.
Fotolito: ABC Gráfica, Lda.
Impressão: MEDIGRÁFICA,
Períodicidade: Trimestral
Tiragem: 7 000 exemplares
ISSN: 0874-3657
Depósito Legal: 136 370/99
Lisboa 2000
Distribuição gratuita
Toda a correspondência deve ser enviada para **Comunicar Ciência**
Av. 24 de Julho, 138, 5.º
1399-026 Lisboa
Fax: 21 393 81 08
E-mail: com.ciencia@des.min-edu.pt

As opiniões expressas nos textos apresentados nesta publicação são da responsabilidade dos autores e não reflectem necessariamente a opinião do Departamento do Ensino Secundário ou do Ministério da Educação.



Se é fundamental para a Protecção Civil, enquanto estrutura organizada de resposta a situações de emergência, o conhecimento dos riscos, não é menos importante o incremento de acções de informação e formação da população, numa perspectiva do “saber agir” face a eventuais acidentes.

Assim, tem vindo o Serviço Municipal de Protecção Civil de Lisboa a fazer uma aposta crescente na organização de actividades formativas dirigidas à população escolar, alvo privilegiado, dada a sua receptividade à aquisição de novas atitudes.

De forma necessariamente sintética, damos conta dos programas desenvolvidos por este serviço para as escolas de Lisboa:

CURSOS DE FORMAÇÃO

Abrangem áreas bastante distintas e são organizados de acordo com as necessidades detectadas. Têm uma carga horária entre 9 e 12h, destacando-se para a comunidade escolar os seguintes:

- **“Plano de Emergência para Estabelecimentos Escolares”**, vocacionado para directores, professores e auxiliares de acção educativa das escolas de todos os graus do ensino básico e secundário, pretende habilitar os participantes para a elaboração do plano de emergência interno.
- **“Segurança em Creches e Jardins de Infância”**, com o objectivo de formar os grupos de segurança das diferentes unidades educativas, visa habilitar os funcionários para uma intervenção mais rápida e eficaz em situação de emergência.
- **“Curso de Primeiros Socorros na Escola”**, esta acção pretende constituir-se como formação complementar do plano de emergência. Os formandos são, por isso, prioritariamente os que elaboraram esse plano.

ACÇÕES DE FORMAÇÃO

Este tipo de acções destina-se a diferentes grupos etários e são de natureza muito diferenciada. Têm em

geral a duração de meio dia e, no âmbito da actividade escolar, abrangem os seguintes temas:

- **“O Fogo e os agentes extintores”**, com o objectivo de sensibilizar para o risco de incêndio e capacitar a comunidade escolar a utilizar os extintores. Esta acção visa prioritariamente os auxiliares de acção educativa. Compreende uma parte teórica sobre o fenómeno do fogo e uma parte prática relativa ao manuseamento destes equipamentos.
- **“Informação e divulgação do Plano de Emergência Interno”**. Pretende-se informar professores, auxiliares de acção educativa e delegados de turma sobre a importância de um plano de emergência, bem como sobre atitudes a tomar em caso de emergência na escola, nomeadamente no que se refere a “Regras de Evacuação” e “Instruções Gerais de Segurança”.

MÓDULOS - TIPO

Trata-se de acções de curta duração, correspondendo geralmente a um tempo lectivo. Incidindo sobre várias temáticas, pretendem constituir-se num complemento da matéria curricular. De acordo com as solicitações das escolas, são realizados os seguintes módulos:

- Risco sísmico e comportamentos de autoprotecção
- Sensibilização ao Plano de Emergência Interno
- Segurança na escola
- O fenómeno do fogo e o risco de incêndio
- Segurança em Laboratórios
- Cheias e Inundações
- Riscos na Cidade de Lisboa e Sistema de Protecção Civil



Serviço Municipal de Protecção Civil
Rua Cardeal Saraiva
1070 Lisboa
Tel. 21 726 80 22 • Fax 21 726 85 89
Email: smpccml@mail.eunet.pt