

# REDUÇÃO DO RISCO SÍSMICO E IMPLICAÇÕES NO IMOBILIÁRIO

Daniel V. Oliveira

*Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães*

## RESUMO

Neste trabalho apresentam-se as principais conclusões do debate promovido pela Universidade do Minho, inserido no 6º Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica, sobre as implicações da redução do risco sísmico no edificado nacional. As conclusões deste debate são precedidas e enquadradas por uma breve descrição do histórico sísmico nacional e pela apresentação sumária do Programa Nacional de Redução da Vulnerabilidade do Edificado, proposto pela Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica e pelo Grémio das Empresas de Conservação e Restauro do Património Arquitectónico, em 2001.

## 1. INTRODUÇÃO

Os desastres naturais de carácter sísmológico são a segunda causa de vítimas mortais, imediatamente a seguir aos desastres de carácter hidrometeorológico. De acordo com dados das Nações Unidas, a percentagem de mortes originadas por fenómenos de carácter sísmológico foi de 26% do número total de mortes causadas por desastres naturais, estimando-se em mais de catorze milhões de vítimas em todo o mundo desde 1755 (Barbat e Pujades, 2004).

O território de Portugal tem sido atingido por vários sismos ao longo do último milénio. Em 1755, Lisboa e grande parte da zona Sul do país foram destruídas por um sismo intenso. De facto, os registos disponíveis evidenciam que Lisboa foi, ao longo dos séculos, atingida por sismos, mais ou menos intensos. Naturalmente, é esperado que futuros sismos atinjam o território português.

A preocupação relacionada com as perdas devidas à ocorrência dos sismos tem vindo a mobilizar um número crescente de técnicos e investigadores para a necessidade da redução do risco sísmico do património edificado, nomeadamente através da sua adequada reabilitação sísmica. Contudo, é fundamental que esta ideia seja conhecida e assumida também pela sociedade civil.

## 2. ELEMENTOS SOBRE SISMICIDADE HISTÓRICA

Durante o século XX foram registados mais de 1100 sismos intensos em todo o mundo, originando mais de um milhão e meio de mortes. Na Tabela 1 refere-se alguns dos principais sismos que ocorreram recentemente e que estão ainda bem presentes na memória colectiva.

Recorda-se que a magnitude é uma medida, logarítmica, da energia libertada pelos sismos. Simplificadamente, a energia libertada por um sismo de magnitude  $n+1$  é cerca de 32 vezes superior à de um sismo de magnitude  $n$ .

Tabela 1 - Principais sismos ocorridos recentemente

Ano	Local	Magnitude	Nº mortos
1985	Michoacan, México	8.0	9500
1995	Kobe, Japão	6.9	5500
1999	Izmit, Turquia	7.6	17000
2001	Gujarat, Índia	7.7	20000
2003	Bam, Irão	6.6	43000

Recentemente, a cidade histórica de Bam, localizada no Irão, foi atingida por um sismo de magnitude 6.6, em 26 de Dezembro de 2003. Mais de 70% dos edifícios da cidade colapsaram, ver Figura 1. A cidadela de Bam, com cerca de dois mil anos de idade, património da humanidade e considerada a maior fortaleza feita de argila em todo o mundo, ficou destruída.



Figura 1 – Cidade de Bam (Irão), antes e depois do sismo de Dezembro de 2003.

## 2.1. Sismicidade histórica em Portugal

O território de Portugal Continental localiza-se numa região de sismicidade moderada, na proximidade da fronteira entre duas placas tectónicas, a Euroasiática e a Africana, como se representa na Figura 2. Esta fronteira, usualmente designada por falha Açores-Gibraltar, apresenta uma razoável actividade sísmica associada à interacção das duas placas. No entanto, a maior parte dos sismos observados raramente apresentam magnitude superior a 4.0, sendo que a sismicidade aumenta de Norte para Sul do país, com a aproximação da fronteira entre as duas placas referidas.

Os dados existentes sobre sismicidade histórica mostram que vários sismos tiveram origem nesta fronteira de placas, afectando de um modo importante o território continental, como por exemplo os sismos ocorridos em 1356, 1755 e 1969. Os epicentros destes sismos situam-se todos perto do Banco de Gorringe, localizado a cerca de 150 km a Sudoeste do Cabo de S. Vicente.

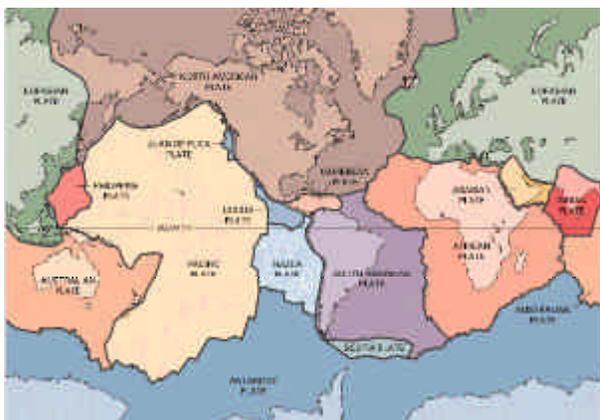


Figura 2 - Principais placas tectónicas terrestres.

Além da falha Açores-Gibraltar, existem ainda outros acidentes tectónicos, dos quais se destacam como mais importantes, a falha do Vale Inferior do Tejo (sismos de 1344, 1531 e 1909), a falha de Loulé (sismos de 1587, 1722 e 1856), a falha da Vilariga (sismos de 1751 e 1858) e a falha da Nazaré (sismos de 1528 e 1890). A magnitude dos principais sismos que afectaram Portugal continental, associados às falhas referidas, está indicada na Tabela 2.

Tabela 2 - Principais sismos ocorridos em Portugal continental

Ano	Origem	Magnitude
1755	Fronteira das placas	8.5 a 9.0
1909	Falha do Vale Inferior do Tejo	6.0 a 7.0
1969	Fronteira das placas	7.2

Destes, destaca-se o sismo de 1 de Novembro de 1755, que causou milhares de mortes, grande destruição nas regiões de Lisboa e Algarve e, pelo facto de ter tido origem no mar, originou o maior “tsunami” de que há conhecimento no território continental, tendo sido também sentido e causado estragos em vários países da Europa e de África. Por sua vez, o sismo de 23 de Abril de 1909, também designado por sismo de Benavente, foi o maior sismo sentido no Continente do século XX, provocou a destruição da Vila de Benavente bem como de outras povoações do Vale do Tejo. Mais recentemente, o sismo de 28 de Fevereiro de 1969 foi sentido em todo o Continente Português, causando importantes estragos na região Algarvia e na zona costeira ocidental até Setúbal.

Relativamente à sismicidade das ilhas, o panorama é bastante heterogéneo. Enquanto que o Arquipélago da Madeira está localizado numa região de baixa sismicidade, sendo raros os sismos sentidos, o Arquipélago dos Açores, situado junto da confluência das placas Euroasiática, Americana e Africana, apresenta uma elevada sismicidade, com o registo de sismos des truidores frequentes e de crises sísmicas prolongadas, fundamentalmente nos Grupos Oriental e Central. Salienta-se o sismo de 1522 na ilha de S. Miguel, o sismo de 1757 na ilha de S. Jorge e o sismo de 1926 na cidade da Horta. Recentemente, são de referir os sismos de 1 de Janeiro de 1980, que causou avultados estragos nas ilhas de S. Jorge, Graciosa e Terceira.

O último sismo destruidor do século passado, ocorreu a 9 de Julho de 1998, tendo sido sentido em todo o Grupo Central, provocando grande destruição nas ilhas do Faial e do Pico.

Por fim, uma breve referência ao violento sismo que ocorreu no passado dia 24 de Fevereiro de 2004, com epicentro localizado próximo da costa Norte de Marrocos, na zona de fronteira entre as placas Africana e Euroasiática. Este sismo de magnitude 6.4 provocou cerca de seiscentas vítimas. Se este mesmo sismo tivesse ocorrido mais próximo de Portugal, possivelmente estaria-se a analisar os danos causados nas zonas do Vale do Tejo e Algarve.

### **3. VULNERABILIDADE E RISCO SÍSMICO**

Face ao historial sísmico nacional, descrito anteriormente, a protecção da populações e dos seus bens materiais em relação à acção dos sismos deve constituir necessariamente uma importante preocupação da sociedade civil e da comunidade científica envolvida no estudo dos fenómenos sismológicos e de engenharia sísmica.

#### **3.1. Perigosidade sísmica, vulnerabilidade e risco sísmico**

Por vezes, aos conceitos de vulnerabilidade e risco sísmico é associado um mesmo significado, o que não é correcto. De uma forma simples, poder-se-á estabelecer que:

- Vulnerabilidade: está relacionada com o dano que um dado elemento (estrutural ou não) ou um conjunto de elementos pode sofrer, como resultado da provável ocorrência de um evento sísmico.
- Perigosidade sísmica (seismic hazard): relaciona-se com a probabilidade de ocorrência de um evento sísmico potencialmente perigoso, durante um determinado período de tempo e numa dada região.
- Risco sísmico: relaciona-se com as perdas, materiais e humanas, devidas à ocorrência de um evento sísmico.

Das definições apresentadas, resulta, simplificada, que o risco sísmico de uma dada região é o produto da perigosidade sísmica da região pela vulnerabilidade das construções existentes nessa mesma região. Resulta, então, compreensível que uma dada região, caracterizada por uma elevada perigosidade, possa ter um risco sísmico reduzido se for pouco habitada ou se as construções apresentarem baixa vulnerabilidade sísmica.

Na Figura 3 ilustra-se a distribuição mundial da perigosidade sísmica, onde se representa o valor da aceleração sísmica de pico (peak ground acceleration ou PGA) que um dado local pode sofrer durante os próximos 50 anos, com uma probabilidade de ocorrência de 10%, para um período de retorno de 475 anos. À região de Portugal Continental é atribuída uma perigosidade sísmica moderada.

A comparação entre a Figura 2 e a Figura 3 permite evidenciar uma relação clara entre a elevada perigosidade sísmica e algumas das zonas de fronteira entre placas tectónicas.

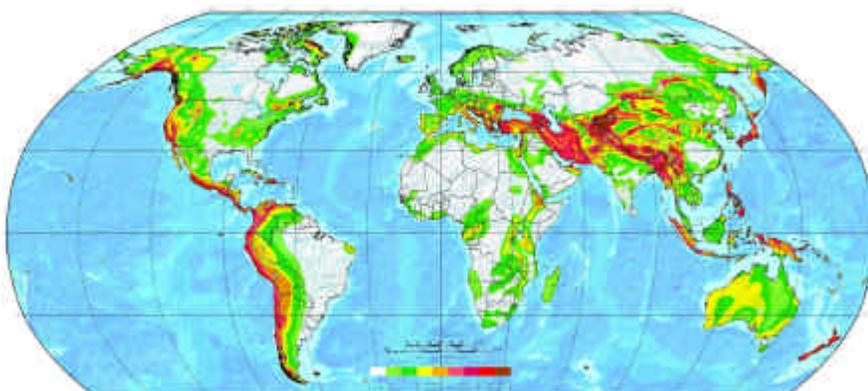


Figura 3 – Distribuição mundial da perigosidade sísmica (a cor mais escura representa os maiores valores de PGA).

Como, em geral, não é possível actuar sobre a perigosidade sísmica de uma dada região, facilmente se conclui que a redução do risco sísmico passa necessariamente por reduzir a vulnerabilidade das construções e de outros elementos expostos à perigosidade sísmica. Do exposto, constata-se que o risco sísmico de uma dada região está, então, directamente relacionado com a resistência sísmica do edificado aí existente. A avaliação da vulnerabilidade sísmica das construções existentes pode ser efectuada através da observação, levantamento e tratamento estatístico dos danos provocados por sismos reais ou através do cálculo da resposta numérica não linear das estruturas a uma acção de carácter sísmico, ver por exemplo ATC-40 (1996) e FEMA-273 (1997). Conhecida a vulnerabilidade das construções e a perigosidade de uma determinada área geográfica, é, então, possível avaliar o risco sísmico. Tal como a perigosidade, também o risco sísmico pode ser representado através de mapas. Estes mapas representam cenários de risco sísmico, onde são representados espacialmente os efeitos que um determinado evento sísmico pode provocar numa dada região, de acordo com a vulnerabilidade das suas construções. Como exemplo, ilustra-se na Figura 4 um cenário sísmico para a área metropolitana de Lisboa, com a representação do número de edifícios no estado de dano severo para a ocorrência do sismo de 1775 (Costa et al., 2004).

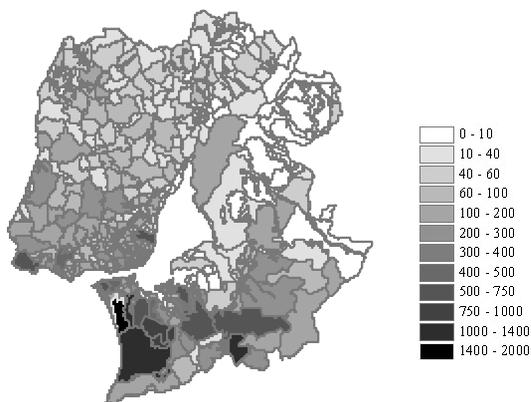


Figura 4 – Cenário sísmico actual da área metropolitana de Lisboa para o sismo de 1755: número de edifícios severamente danificados (Costa et al. 2004).

A obtenção de cenários de risco sísmico é fundamental para avaliar a segurança das estruturas perante a ocorrência de um determinado evento sísmico e para definir e otimizar as formas de intervenção num cenário pós-sismo.

### **3.2. Programa nacional de redução da vulnerabilidade do edificado**

Em Abril de 2001, a Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica (SPES) e o Grémio das Empresas de Conservação e Restauro do Património Arquitectónico (GECORPA) promoveram uma reunião nacional com o objectivo de impulsionar, junto da sociedade civil, a tomada de consciência relativamente à questão do risco sísmico do edificado e contribuir para a elaboração de um Programa nacional de redução do risco sísmico. Desta reunião resultou a publicação intitulada “Redução da Vulnerabilidade do Edificado” (acessível a partir do site [www.spes-sismica.org](http://www.spes-sismica.org)). Foi estabelecido como grande objectivo do Programa nacional de redução da vulnerabilidade sísmica do edificado a redução, de forma significativa, da vulnerabilidade do edificado nacional, através da sua adequada reabilitação sísmica.

A redução do risco sísmico apresenta duas componentes principais: as construções novas e as construções existentes. Relativamente ao edificado em construção ou a construir, dispõe-se actualmente de conhecimento científico suficiente para projectar as estruturas com a segurança sísmica adequada, estabelecida na regulamentação vigente, nomeadamente o RSA (1986) e o Eurocódigo 8 (2003). A dificuldade é garantir que esta regulamentação é efectivamente cumprida no projecto e que a construção assegure o fiel cumprimento do projecto de estruturas. Estudos recentes efectuados para a região de Lisboa demonstram que o acréscimo de custo de uma construção projectada e construída tendo em conta a acção sísmica relativamente à mesma construção projectada e construída sem se ter em conta esta acção é aproximadamente 3% do custo total da construção (Costa e Oliveira, 2004).

No caso das construções existentes, torna-se necessário avaliar a sua vulnerabilidade sísmica e, no caso dessa vulnerabilidade ser excessiva, definir o grau de intervenção estrutural de forma a reduzir, para níveis aceitáveis, a respectiva vulnerabilidade. É reconhecido que uma boa parte do edificado projectado e construído antes da introdução da regulamentação anti-sísmica, sem quaisquer características sismo-resistentes, constitui uma fonte importante de risco sísmico. A sua reabilitação sísmica poderá ser conseguida através da implementação de uma ou várias estratégias de intervenção, como seja a modificação de componentes estruturais, a redução ou eliminação de irregularidades e o aumento global da resistência e/ou rigidez (FEMA 178, 1992).

Para além da necessidade de desenvolver e tornar acessíveis conhecimentos técnicos específicos para as acções de reabilitação estrutural do edificado existente, torna-se crucial mobilizar a sociedade civil e encontrar mecanismos de financiamento para este tipo de intervenções. Como é óbvio, serão necessários investimentos avultados para dotar o edificado da necessária resistência sísmica, o que se prefigura como um trabalho de longo prazo, mas que deve ser visto como uma forma indispensável de prevenção e minoração do risco sísmico.

Programas com objectivos semelhantes aos do acima exposto estão actualmente em fase de lançamento, ou mesmo de execução, em diversos países com historial sísmico, nomeadamente nos EUA, Nova Zelândia, Japão Itália e Turquia.

#### **4. CONTRIBUIÇÃO DA UNIVERSIDADE DO MINHO**

Face à importância e actualidade que a questão da redução do risco sísmico assume no contexto nacional, as entidades organizadoras do 6º Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica (Universidade do Minho e SPES) incluíram no Congresso uma Sessão onde pudesse ser debatida e analisada a temática da redução do risco sísmico e as suas implicações no edificado. Torna-se imperativo tornar pública a questão da redução do risco sísmico do património construído, sem criar falsos alarmismos, mas sensibilizando a sociedade civil para este problema bem real. Deste modo, foram endereçados convites às principais instituições portuguesas ligadas à área em questão (poder central, regional e local, seguradoras, empresas de construção e comercialização de imóveis e associações de defesa do consumidor), para apresentarem o seu posicionamento e respectivos pontos de vista.

A Sessão foi organizada em duas partes, de modo a permitir a clara exposição dos pontos de vista de cada instituição presente e, igualmente, possibilitar o debate amplo entre os convidados e a assistência, como se indica de seguida:

- Parte 1: Comunicações orais por parte das instituições convidadas
- Parte 2: Debate alargado entre os oradores convidados e entre estes e a assistência

As instituições contactadas que acederam ao convite formulado pela Organização do 6º Congresso estiveram representadas através de:

- Dra. Rosário Águas, Secretária de Estado da Habitação, MOPTH
- Dr. Ricardo Silva, Direcção Regional Habitação, Açores
- Dr. Guedes-Vieira, Associação Portuguesa de Seguradores
- Eng. Jorge Pereira, Associação dos Industriais da Construção Civil e Obras Públicas
- Dr. Mário Frota, Associação Portuguesa de Direito do Consumo

O debate foi moderado pelo Dr. Rui Osório, jornalista do Jornal de Notícias, e a síntese final das principais conclusões esteve a cargo do Eng. Matos de Almeida, representante da Ordem dos Engenheiros. A primeira parte do debate permitiu a todos os oradores convidados exporem as respectivas visões do tema em análise, onde também foram avançadas ideias posteriormente discutidas no debate alargado que se seguiu. O formato adoptado para o debate e a representatividade dos convidados presentes permitiu estabelecer uma efectiva ligação entre o meio universitário e a sociedade civil, via incontornável para divulgação da questão da redução do risco sísmico.

Como corolário da Sessão, apresentam-se seguidamente as principais ideias e conclusões que resultaram do debate promovido sobre a redução do risco sísmico:

- Na construção nova, o nível de segurança considerado cientificamente adequado está claramente regulamentado, pelo que o problema que aqui se coloca é apenas o do cumprimento dos regulamentos existentes.
- Relativamente à construção existente há a necessidade de informar a opinião pública que o seu valor real poderá ser inferior ao valor de mercado devido a uma eventual menor resistência sísmica. No entanto, existe conhecimento científico, especializado mas ainda concentrado, para dotar as estruturas existentes da necessária resistência sísmica.
- Inclusão, quando necessário, da reabilitação estrutural do edificado no processo geral de reabilitação, não devendo ficar este restringido apenas à melhoria da habitabilidade

ou a meras intervenções de “fachada”. Por outro lado, o valor arquitectónico e patrimonial deverá ser respeitado sempre que tal se julgue apropriado.

- Necessidade de coordenar a investigação científica em curso nas universidades e laboratórios relacionada com a engenharia sísmica, para que possa ser mais eficaz e que mais rapidamente possa chegar ao meio técnico que dela necessita. Um bom exemplo da aplicação prática da capacidade científica disponível foi dado pela elaboração de documentos técnicos para suportar acções de reconstrução e políticas de prevenção na região autónoma dos Açores.
- Necessidade de especializar e qualificar as empresas de construção em algumas das áreas de reabilitação, devido à especificidade e complexidade das intervenções a executar.
- Necessidade de criar mecanismos mais eficazes de controlo de qualidade da construção e de mecanismos de divulgação à sociedade civil da depreciação do valor das construções, por falta de segurança em relação às acções sísmicas.
- O prémio do seguro deverá estar associado à qualidade da construção. No entanto, a avaliação do risco sísmico é difícil face à não existência de certificados de qualidade sísmica das construções. A promoção de seguros decenais será fundamental para a promoção da qualidade do projecto e da construção.
- Adequada protecção dos consumidores que adquirem a sua habitação, através da criação de garantias efectivas, baseadas em fundos que previnam eventuais riscos, nomeadamente as hipóteses de falências de empresas de construção durante o período de garantia da construção.
- As questões técnicas com impacto público potencialmente importante, nomeadamente a questão do risco sísmico do edificado, devem ser partilhadas e divulgadas à sociedade civil, também como forma de educação pública.
- Necessidade de uma mudança de mentalidades em todos os intervenientes da construção, questão absolutamente transversal à sociedade nacional, exigindo-se maior rigor em todo o processo da construção.

Espera-se que muitas destas ideias possam ser efectivamente desenvolvidas, aperfeiçoadas e implementadas e que esta Sessão tenha contribuído para consciencialização dos diversos agentes envolvidos processo global de construção. De facto, a realização de iniciativas deste género surge como veículo essencial para a divulgação, junto público em geral, do problema da redução do risco sísmico e da necessidade da criação de uma cultura de rigor e exigência em todo o processo de construção.

## **5. CONCLUSÕES**

A redução do risco sísmico envolve projectistas, construtores, seguradores, consumidores, governantes. Há a necessidade de todos os intervenientes no processo de construção passarem a actuar com maior rigor e exigência. Trata-se de prevenir o futuro de forma responsável. Por outro lado, um consumidor bem informado e exigente contribuirá necessariamente para o aumento da qualidade na construção e, conseqüente, para a redução do risco sísmico.

Para além do meio técnico, torna-se necessário mobilizar a opinião pública para a questão da redução do risco sísmico do património construído, sensibilizando a sociedade civil para esta

questão. A redução do risco sísmico do edificado português exige um esforço colectivo e contínuo no tempo. Esta tarefa deve ser iniciada o mais cedo possível.

## 6. REFERÊNCIAS

- ATC-40, 1996 - *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*, Vol. 1 & 2 Applied Technology Council, CA 94065.
- Barbat, A.; Pujades, L., 2004 - “Evaluación de la vulnerabilidad y del riesgo sísmico en zonas urbanas. Aplicación a Barcelona” em *Actas do 6º Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica*. Eds P. Lourenço, R. Barros e D. Oliveira, Universidade do Minho, Guimarães, pp. 229-252.
- CEN, 2003 - *Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance*. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, prEN 1998-1, Brussels .
- Costa, A.; Sousa, M.; Carvalho, A.; Serra, J.; Martins, A.; Carvalho, E., 2004 – “Simulador de cenários sísmicos integrado num sistema de informação geográfica”, em *Actas do 6º Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica*. Eds P. Lourenço, R. Barros e D. Oliveira, Universidade do Minho, Guimarães, pp. 455-464.
- Costa, B.; Oliveira, C.S., 2004 - “Variação do custo de um edifício nas diferentes zonas sísmicas”, em *Actas do 6º Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica*. Eds P. Lourenço, R. Barros e D. Oliveira, Universidade do Minho, Guimarães, pp. 875-884.
- FEMA-273, 1997 - *NEHRP Guidelines for the seismic rehabilitation of buildings*. Building Seismic Safety Council, Washington, D.C.
- FEMA 178, 1992 - *NEHRP Handbook for the seismic evaluation of existing buildings*. Building Seismic Safety Council, Washington, D.C.
- RSA, 1986 - *Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes*, Decreto-Lei nº 235/83 de 31 de Maio, Imprensa Nacional Casa da Moeda.
- SPES, GECORPA, 2001 - *Redução da vulnerabilidade sísmica do edificado*, Lisboa (também disponível em <http://www.spes-sismica.org>).

Endereços URL:

<http://earthquake.usgs.gov>

<http://www.eeri.org>

<http://www.meteo.pt>

<http://www.spes-sismica.org>