

Danos em instalações escolares da ilha do Faial. Uma análise retrospectiva e prospectiva

Damage inflicted to the school facilities in the Faial island.
A retrospective and prospective analysis

Jorge Miguel Proença, Mónica Amaral Ferreira
Instituto Superior Técnico, UTL

Abstract

Earthquake safety in educational buildings is a fundamental requirement to be considered at design, conservation, rehabilitation and strengthening stages. Increased potential earthquake risk in these buildings results from the combination of high human occupancy, particular suitability to accommodate post-earthquake emergency and lodging operations and extreme social value. As a consequence of these considerations, in July of 2005, the Council of OECD issued a set of recommendations concerning guidelines on earthquake safety in schools.

This study herein presented starts with a retrospective of damage distribution in 21 educational buildings as a consequence of the 1998 Faial earthquake. Damage distribution has shown a strong dependence on the existing structural solution (building material and structural typology) and a consistent pattern of non-structural damage was clearly identified - such as dislocated roof tiles and damage to earth-retaining walls -.

An existing earthquake damage assessment methodology, based on the European Macroseismic Scale (EMS-98), is briefly presented. This methodology was modified introducing aggravating and de-aggravating factors to take into account structural

regularity, number of storeys, conservation condition, short columns and insufficient seismic joint widths. Different versions of earthquake-resistant design codes were also considered in the model by comparing the building date of construction with the dates that these codes were enforced. School damage computed through this modified methodology was favourably compared to observed damage in the 9th of July, 1998, Faial earthquake.

More recently, in 2007, a complete survey was performed in the Faial Island, leading to a new school inventory that is also presented. The modified earthquake damage assessment methodology was then applied considering the maximum intensity (EMS) observed in the 20th century and the current inventory of school buildings in Faial. Results, expressed in terms of the expected MDG (mean damage grade) are presented, and some conclusions are drawn.

1. Introdução

A segurança sísmica das instalações escolares é reconhecidamente um requisito fundamental a ter em conta nas acções de construção, conservação e reabilitação/reforço dessas instalações. Para tal concorre um risco sísmico potencial acrescido nes-

nas instalações, fundamentalmente resultante dos seguintes factores:

- Tratam-se de edifícios em que o nível de ocupação é particularmente elevado (acresce a esta constatação o facto dos ocupantes serem maioritariamente crianças e jovens).
- Os recintos escolares apresentam-se – quer pela sua capacidade quer pela distribuição geográfica consonante com a demografia – como locais privilegiados para a centralização de operações de emergência pós-sismo e de albergue temporário de desalojados.
- Danos generalizados na rede de instalações escolares alteram profundamente o tecido social, prolongando e amplificando no tempo as perturbações resultantes de uma ocorrência sísmica.

Foi na sequência deste tipo de considerações que o Conselho da OCDE – Organização para a Cooperação Económica e Desenvolvimento – aprovou em 21 de Julho de 2005 uma recomendação para que os Estados-Membros iniciem ou prossigam programas de segurança sísmica nas escolas de acordo com um conjunto de princípios então enunciados¹.

Apresenta-se no presente artigo uma retrospectiva sobre os danos observados em 21 instalações escolares da ilha do Faial resultantes do sismo de 9 de Julho de 1998, doravante identificado por sismo do Faial. Dessa retrospectiva ressalta a forte influência da solução estrutural – material e tipologia estrutural – assim como a reincidência de determinadas situações de danos.

Uma metodologia de avaliação de danos baseada na escala macrosísmica europeia (EMS-98) foi revista e calibrada tendo em conta os danos observados no sismo de 9 de Julho de 1998. Apresenta-se a

concordância entre os danos observados e os danos estimados com base nessa metodologia.

Recentemente foi feito um novo inventário das instalações escolares da ilha do Faial, tendo sido possível identificar as escolas que terão sido desactivadas/demolidas na sequência do sismo do Faial, assim como as escolas que foram construídas posteriormente. Face a este novo inventário foi feita uma análise prospectiva dos danos considerando a metodologia baseada na escala EMS-98 e as intensidades máximas registadas historicamente na ilha do Faial.

2. Danos nas escolas da ilha do Faial no sismo de 9 de Julho de 1998

Os resultados que se apresentam de seguida referem-se ao levantamento dos danos em instalações escolares da ilha do Faial, realizado em Julho de 1998 pelo ICIST (Azevedo *et al.*, 1998), complementados pelo relatório elaborado com um propósito análogo a pedido da Norma-Açores (Cymbron, 1998). No caso do ICIST, o levantamento foi realizado em colaboração com os então Serviço Nacional de Protecção Civil e Serviço Regional de Protecção Civil, assim como com a Secretaria Regional da Habitação e Equipamento. Constituía um dos propósitos do estudo realizado pelo ICIST o levantamento dos danos nas escolas, de que resultaram recomendações referentes ao seu uso – imediato ou após diferentes níveis de intervenções de reabilitação – ou mesmo, num número limitado de situações, a sua desactivação/demolição. Foram no total inspeccionados 21 recintos escolares distribuídos geograficamente na ilha do Faial. Paralelamente ao levantamento realizado, os edifícios escolares foram agrupados num número limitado de casos, tendo em conta a sua tipologia estrutural (solução estrutural, número de pisos e qualidade da construção) e estado aparente de conservação. Apresentam-se nas Figuras 1 a 6 alguns dos danos observados.

¹ <http://webdomino1.oecd.org/horizontal/oecdacts.nsf/Display/ECF63A9E82E58A83C12572970032F215?OpenDocument>, consultado em Abril de 2008.



Figura 1
Escola de Espalhafatos. Vista geral dos danos. Danos em muros.

Posteriormente, num estudo realizado para a OCDE (Proença, 2004) procedeu-se a um agrupamento dos danos observados nas seguintes categorias: danos estruturais (danos em elementos estruturais portantes de cargas verticais e/ou horizontais); danos não estruturais (danos em elementos não estruturais ou estruturais secundários); e outros danos (em instalações e estruturas de contenção de terras). No mesmo estudo procedeu-se à classificação sistemática das condições de uso, prevendo-se as seguintes situações: uso imediato (danos inexistentes ou desprezáveis); uso após pequenas reparações (correspondente a danos ligeiros a médios em elementos não estruturais); uso após reparações médias (danos médios em elementos não estruturais e/ou danos ligeiros em elementos estruturais); e exclusão definitiva do uso (mudança de uso ou demolição). Esta última categoria poderia ainda ser classificada como uso após grandes reparações. Apresenta-se no Quadro I a síntese do estudo realizado para a OCDE.



Figuras 2A e 2B
Escola de Espalhafatos. Vistas particulares dos danos. Separação entre colunas de betão armado e paredes de alvenaria e fendilhação geral das paredes de alvenaria interiores.



Figura 3
Escola da Ribeirinha. Vista geral. Danos em muros de contenção de terras e fendilhação/descasque de vigas de cobertura.

Figura 4
Colapso de Jardim de Infância da Escola de Salão. Estrutura de paredes de alvenaria de pedra solta.



Figura 5
Escola Coronel Silva Leal (Horta). Danos não estruturais em tectos e na ligação entre paredes e tectos.

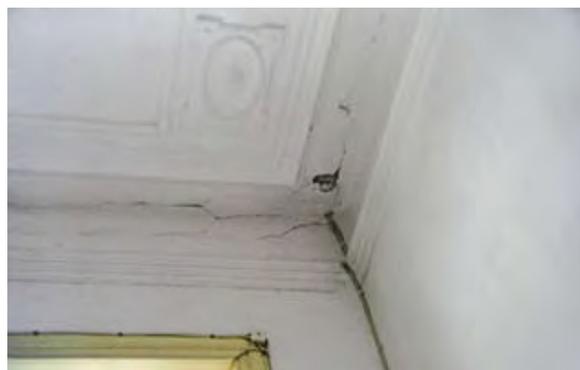


Figura 6
Escola de Castelo Branco (Carreira). Telhas deslocadas.



Da análise da distribuição dos danos ressalta a observação de que a sua extensão e o tipo de danos apresentavam uma forte dependência da solução estrutural adoptada.

Nas estruturas de paredes de alvenaria os danos foram mais acentuados, manifestando-se em fendilhação extensa nas paredes interiores e exteriores. O comportamento foi manifestamente pior quando as paredes de alvenaria eram constituídas por blocos irregulares de pedra solta com pouco ligante e/ou com ligante de pior qualidade.

No caso dos edifícios, mais recentes, com estrutura em betão armado, observaram-se, em poucos casos, situações de fendilhação em elementos estruturais, nomeadamente pilares, assim como indícios de martelamento entre edifícios contíguos e início do desenvolvimento de mecanismos de coluna curta resultantes do preenchimento parcial dos painéis de alvenaria ou da restrição parcial conferida por estes painéis em consequência da fendilhação nesses painéis.

Nas estruturas mais antigas de betão armado – em que as paredes de alvenaria apresentam uma função resistente mais acentuada – os danos observados indiciam alguma semelhança com os danos da estrutura de paredes de alvenaria, conjuntamente com a separação entre os elementos de betão armado (colunas) e as paredes existentes.

Resumindo, a extensão dos danos dependeu naturalmente da intensidade MMI do sítio, dependendo também da solução estrutural e da qualidade da construção. O estado de conservação manifestou-se menos influente. Embora de carácter não estrutural verificou-se alguma reincidência de situações de danos nas coberturas com deslocação de telhas.

Para além dos danos nos edifícios, verificaram-se numerosas ocorrências de danos – fendilhação extensa ou mesmo ruína e derrubamento – dos muros de contenção de terras contíguos às escolas. Crê-se que estes problemas se ficarão a dever ao facto de um número significativo de edifícios escolares ter sido implantado em elevações artificiais, tendo

Quadro I – Síntese do estudo realizado para a OCDE referente aos danos nas instalações escolares da ilha do Faial

Localização	Intensidade (MMI)	Solução estrutural	Qualidade de construção	Estado de conservação	Nº de pisos	Danos estruturais	Danos não estruturais	Outros danos	Uso
Flamengos	VII	Parede de alvenaria	Elevada	Bom	1	Fendas nos cunhais Fendilhação ligeira em paredes interiores	Deslocação de telhas de cobertura	Danos em patamar de acesso ao edifício Danos em muros de contenção de terras	Uso após pequenas reparações
Almoxarife	VII	BA: pórtico	Elevada	Bom	2, parcialmente	Fendas em pilares Danos próximos de junta estrutural (martelamento)	Deslocação de telhas de cobertura Fendilhação ligeira em paredes exteriores e interiores	Danos em muros de contenção de terras	Uso após pequenas reparações
Pedro Miguel	VII	BA: pórtico	Elevada	Bom	2, parcialmente	Nenhuns	Nenhuns	Nenhuns	Uso imediato
Ribeirinha	VIII	BA: pórtico	Elevada	Bom	1	Vigas de cobertura (martelamento)	Deslocação de telhas de cobertura Fendilhação ligeira em paredes exteriores e interiores	Danos em muros de contenção de terras	Uso após reparações médias
Espalhafatos	IX	BA+alvenaria	Elevada	Médio	1	Danos em cunhais com a separação entre colunas BA e paredes alvenaria Danos nas bases das colunas Fendas em paredes exteriores	Fendilhação em paredes exteriores e interiores Assentamento do pavimento	Danos em muros de contenção de terras	Uso após grandes reparações
Saão	IX	BA+alvenaria	Elevada	Médio	1	Danos em colunas	Fendilhação em paredes exteriores e interiores Fendilhação nas ligações entre pisos/tectos e paredes	Danos em muros de contenção de terras	Uso após reparações médias
Saão (kindergarten)	IX	Parede de alvenaria	Méda	Médio	1	Colapso da parede exterior	Danos generalizados	Danos generalizados	Não uso, demolição
Cédros	VI	BA+alvenaria	Elevada	Bom	2	Nenhuns	Fendilhação em paredes exteriores e interiores	Fendilhação em muros de contenção de terras	Uso imediato
Cascalho	VI	BA: pórtico	Elevada	Bom	1	Fendilhação ligeira em vigas de BA	Fendilhação ligeira em paredes interiores	Nenhuns	Uso imediato
Ribeira Funda	VII	Parede de alvenaria	Elevada	Médio	2	Fendilhação extensa em paredes exteriores	Fendilhação em paredes exteriores	Danos em muros de contenção de terras	Uso após grandes reparações
Prainha do Norte	VI	BA: pórtico	Elevada	Bom	1	Nenhuns	Fendilhação em paredes interiores	Nenhuns	Uso imediato
Capelo	V	BA+alvenaria	Elevada	Bom	1	Nenhuns	Nenhuns	Nenhuns	Uso imediato
Lombega	VII	BA+alvenaria	Elevada	Bom	1	Nenhuns	Nenhuns	Nenhuns	Uso imediato
Castelo Branco (Carreira)	VI	BA+alvenaria	Elevada	Médio	1	Nenhuns	Fendilhação em paredes interiores Deslocação de telhas de cobertura Queda de estuque e reboco	Nenhuns	Uso após reparações médias
Castelo Branco (Farobim)	VI	BA + alvenaria	Elevada	Bom	1	Nenhuns	Nenhuns	None	Uso imediato
Feiteira (Travessa do Algar)	VI	BA + alvenaria	Elevada	Bom	2, parcialmente	Nenhuns	Nenhuns	Danos ligeiros em muros de contenção	Uso imediato
Feiteira (Rua da Portela)	VI	BA+alvenaria	Elevada	Bom	1	Nenhuns	Nenhuns	Danos em instalações eléctricas Danos em muros de contenção de terras	Uso após pequenas reparações
Horta (Pasteleiro)	VI	BA: pórtico	Elevada	Bom	2, parcialmente	Nenhuns	Nenhuns	None	Uso imediato
Horta (Rua Cônsul Dabney)	VI	BA: pórtico	Elevada	Bom	2, parcialmente	Nenhuns	Nenhuns	None	Uso imediato
Horta (Coronel Silva Leal)	VI	Parede de alvenaria	Elevada	Médio	2	Fendas em paredes exteriores e interiores	Fendilhação em tectos de estuque	Damage in electrical installations	Uso após reparações médias
Horta (Gaiatos), dormitório	VI	BA: pórtico	Elevada	Bom	2	Nenhuns	Fendilhação em tectos de estuque	None	Uso após pequenas reparações

Nota: BA - Betão Armado

para o efeito recorrido a realização de aterros menos compactados e/ou a muros de contenção insuficientemente dimensionados. O facto de alguns destes muros serem realizados com alvenaria de blocos de pedra irregular e relativamente solta agravou, naturalmente, os danos apresentados.

3. Inventário do Parque Escolar

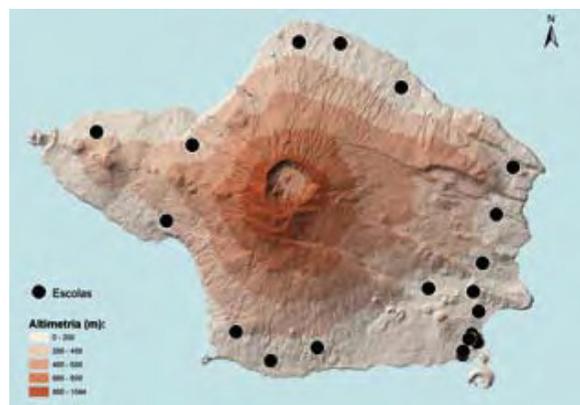
Para a caracterização das instalações escolares do universo estudado foi necessário descrever o parque escolar existente em 1998, bem como o actual. Dos estudos publicados sobre o sismo do Faial, sabe-se que foram caracterizadas 21 escolas pela equipa do Instituto

Superior Técnico (Azevedo *et al.*, 1998) que se deslocou ao local após o evento. Outro estudo publicado pela Norma-Açores, S. A. conta com a caracterização dos danos de 15 escolas que necessitavam de trabalhos de recuperação, este estudo excluiu as duas escolas que foram demolidas (Escolas de Espalhafatos e de Ribeira Funda) bem como as estruturas que não apresentaram qualquer dano. Posteriormente, em 2007, o Instituto Superior Técnico recolheu mais elementos durante o levantamento realizado a todas as escolas existentes no Faial, perfazendo um total de 23 estabelecimentos de ensino que se encontram georeferenciados. O Quadro II lista os estabelecimentos de ensino identificados em cada um dos estudos.

Quadro II – Universo das instalações escolares consideradas

Escola	Missão IST'98	Norma Açores	IST 2007
Flamengos	x	x	x
Praia Almojarife	x	x	x
Pedro Miguel	x	x	x
Ribeirinha	x	x	x
Espalhafatos	x		Demolida
Salão	x	x	x
Cedros - EB1/JI Prof Constantino Magno do Amaral	x	x	x
Cascalho	x	x	x
Ribeira Funda	x		Demolida
Praia do Norte	x		x
Capelo e Praia do Norte	x	x	x
Ribeira do Cabo - EB1/JI Capelo	x		x
Lombega	x		x
Castelo Branco		x	x
EB1/JI Feteira - Escola Castelo Branco (Farrobim)	x		x
Feteira (Travessa do Algar)	x	x	x
Feteira (Rua da Portela) - Escola de Grotas	x		x
EB das Angústias - Escola P3 da Horteco -Escola Horta (Pasteleiro)	x	x	x
EB1/JI Consul D'Abney	x	x	x
Horta (Coronel Silva Leal)	x	x	
Escola de Gaiatos	x	x	
Escola das Pedreiras-Angústias			x
EB da Lomba (Conceição)			x
Conservatório Regional da Horta			x
EB2, 3 Horta			x
ES Manuel Arriaga			x
EB1/JI Vista Alegre			x

Figura 7
Distribuição geográfica e altimétrica das escolas no concelho da Horta (levantamento de 2007).



A distribuição geográfica das 23 escolas visitadas em 2007 encontra-se representada na figura 7.

Nas Figuras 8 a 10 apresentam-se algumas das escolas que constam apenas do levantamento realizado pelo IST em 2007 (escolas construídas após o sismo do Faial ou escolas que não apresentavam danos).

4. Método Macrosísmico

Existem diversos métodos para avaliar a vulnerabilidade das construções, métodos esses que resultam das diferentes formas de levantamento e processamento dos danos após um sismo, assim como das diferentes formas de caracterização da acção

sísmica. Podem assim utilizar-se os modelos mecânicos, quando a acção é caracterizada em termos de aceleração de pico (PGA) ou em termos do espectro de resposta, modelos que apresentam melhores resultados quando se tratam de sistemas construtivos mais recentes. A aplicação destes métodos em edifícios tradicionais de alvenarias não apresenta resultados muito claros.

Desta forma, neste estudo utilizou-se o método macrosísmico, reconhecido nas regiões europeias e que se encontra fundamentado na Escala Macrosísmica Europeia EMS-98 (Grunthal, 1998), sendo aplicado sempre que existam dados relativos aos danos observados para diferentes intensidades macrosísmicas. Embora as intensidades assinaladas em várias publicações sobre o sismo do Faial venham referidas na Escala de Mercalli Modificada (IMM), os resultados serão apresentados na escala de referência para os países europeus, a EMS-98, cuja relação com a IMM é directa, sendo equivalentes os graus de ambas as escalas.

A informação recolhida ao longo do tempo permitiu classificar os danos nos edifícios escolares da ilha do Faial, de acordo com as directrizes da escala macrosísmica europeia (EMS-98), ou seja em seis graus de dano (0 a 5, do sem dano à destruição).

O método macrosísmico parte do pressuposto que cada escala macrosísmica contém um modelo de vulnerabilidade, cuja metodologia é descrita pormenorizadamente pelos autores Giovinazzi e Lagomarsino (2003 e 2004) e que neste artigo serão omitidos, reportando-se apenas os aspectos necessários à sua implementação.

4.1. Tipologias construtivas

A classificação EMS-98 distingue quatro tipos de estruturas: alvenaria, betão armado, aço e madeira. Dentro destas categorias são individualizadas diferentes tipologias construtivas identificadas no Quadro III.



Figura 8
Conservatório Regional da Horta.



Figura 9
Escola Secundária Manuel de Arriaga.



Figura 10
EB1/JI Vista Alegre.

Quadro III – Classificação tipológica para edifícios em alvenaria e betão armado segundo a EMS-98 (adaptada)

Alvenaria	Betão Armado
M1 - blocos de pedra não talhada, geralmente com argamassa de baixa qualidade	RC1 - estrutura em betão armado anterior à regulamentação sísmica (anterior a 1960)
M2 - construções em terra/adobe	RC2 - estrutura em betão armado entre 1960 e 1970
M3 - blocos regularizados de pedra, distribuídos judiciosamente	RC2 - estrutura em betão armado entre 1970 e 1985
M4 - grandes blocos de pedra talhada imbrincados. Construção típica de castelos ou edifícios públicos religiosos ou monumentais. Cantaria ou enxilharia.	RC2 ⁺ - estrutura em betão armado posterior a 1985
M5 - alvenaria não reforçada de tijolo ou de pequenos blocos talhados de pedra, com pavimento de madeira	RC3 - estrutura em betão armado com elevada resistência sísmica
M6 - alvenaria de tijolo com laje de betão	RC4 - estrutura de paredes resistentes de betão armado sem dimensionamento sismo-resistente (anterior a 1960)
M7 - alvenaria armada ou travada	RC5 - estrutura de paredes resistentes de betão armado com moderado dimensionamento sismo-resistente (entre 1960 e 1985)
	RC6 - estrutura de paredes resistentes de betão armado com elevado dimensionamento sismo-resistente (posterior a 1985)

Quadro IV – Factores modificadores de comportamento para edifícios de betão armado e alvenaria

Regul. Anti-sísmica	Betão Armado			Alvenaria	
	Baixa 1940-60	Média 1961-83	Alta > 1983		
Conservação: Bom	0	0	0	Conservação: Bom	0.04
Conservação: Mau	0.04	0.02	0	Conservação: Razoável	-0.02
---	---	---	---	Conservação: Mau	0.04
1-3 pisos	-0.02	-0.02	-0.02	1-2 pisos	-0.04
Assimetria em planta	0.04	0.02	0	Assimetria em planta	0.04
Irregularidade em altura	---	---	---	Irregularidade em altura	0.04
Colunas curtas	0.02	0.01	0	---	---
Juntas insuficientes	0.04	0.03	0.02	---	---

No caso das tipologias construtivas existentes no Faial foram quase todas directamente equiparadas a tipologias propostas na EMS-98. A identificação tipológica foi obtida simplesmente a partir da data de construção disponível e de alguma informação sobre o material de construção. Foram ainda criadas mais duas tipologias (RC2⁻ e RC2⁺) que se referem a edifícios construídos entre 1960 e 1970 (RC2⁻) ou entre 1985 e 2007 (RC2⁺). A tipologia RC2 refere-se a edifícios construídos entre 1971 e 1984. A desmultiplicação da tipologia RC2 nessas três sub-tipologias deve-se à entrada em vigor dos diferentes regulamentos sismo-

resistentes (o RSCS, em 1958, o RSEP/REBA em 1968 e o RSA/REBAP em 1983). Considerou-se que a entrada em vigor desses regulamentos só produzia efeitos nas construções cuja data de construção era posterior a dois anos após a respectiva entrada em vigor. Assim, novas tipologias construtivas podem ser equiparadas às propostas na EMS-98 sendo possível calcular valores para os seus índices de vulnerabilidade (V). No Faial as tipologias encontradas no universo das instalações escolares foram: M1, M3, M5, M6, RC2⁻, RC2 e RC2⁺. Deve referir-se que a tipologia atribuída a algumas escolas é discutível, quer pelo facto de pode-

rem coexistir diversas tipologias no recinto escolar, quer pelo desconhecimento em alguns casos do tipo de laje (de piso ou de cobertura), o que tem reflexos na classificação a adoptar.

Como se sabe o comportamento de uma estrutura não depende apenas da sua tipologia construtiva, podendo ser afectado por muitos outros factores modificadores do seu comportamento. Uma vez que os levantamentos efectuados em 1998 e em 2007 contemplaram a identificação destes factores, foi possível atribuir coerentemente pontos que agravam ou desagravam o comportamento da estrutura (Quadro IV) e adicionar aos valores de vulnerabilidade inicial (dados pela tipologia construtiva) de forma a calcular os valores da vulnerabilidade final para todas as escolas.

Note-se que os valores representados do índice de vulnerabilidade variam tendencialmente entre 0 (menor vulnerabilidade) e 1 (maior vulnerabilidade).

4.2. Metodologia para avaliação da vulnerabilidade

De acordo com a escala EMS-98, a intensidade de um sismo pode ser estimada através da observação dos efeitos produzidos nas pessoas, nos animais, na natureza e ainda dos danos nos edifícios diferenciados por classes de vulnerabilidade. O resultado mais relevante desta metodologia consiste num parâmetro da distribuição do dano, conhecido por grau médio de dano μ_D , que é determinado pela seguinte equação:

$$\mu_D = 2,5 \cdot (1 + \tanh(I + 6,25 \cdot V_i - 13,1)) / 2,3$$

em que μ_D representa o grau médio de dano, situado entre 0 e 5, I a intensidade e V_i a vulnerabilidade esperada para edifícios de tipologia i .

5. Aplicação retrospectiva e prospectiva da metodologia

Como referido anteriormente os vários levantamentos realizados ao parque escolar forneceram as informações necessárias para identificar a tipologia dos edifícios, os seus factores modificadores de comportamento, permitindo dessa forma a determinação dos índices de vulnerabilidade de cada edifício.

Para calcular o grau médio de dano de cada escola é necessário conhecer qual o *input* sísmico a fornecer ao modelo. Relativamente à acção sísmica o estudo contemplou dois cenários:

- o cenário do sismo de 9 de Julho de 1998, cujo mapa de isossistas (Figura 11) é adaptado do trabalho desenvolvido por Matias (Matias et al., 2007);
- o cenário dos valores de intensidade máxima verificadas no concelho da Horta, no século XX, adaptado dos estudos de Nunes (Nunes et al., 2005).

Note-se que em algumas das escolas representadas – nomeadamente aquelas que foram demolidas – não se dispõe da localização geográfica rigorosa. Como se pode observar na Figura 11, as instalações escolares mais danificadas (GMD superior ou igual a

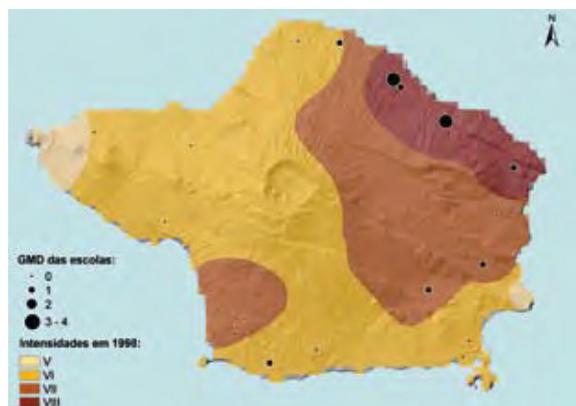
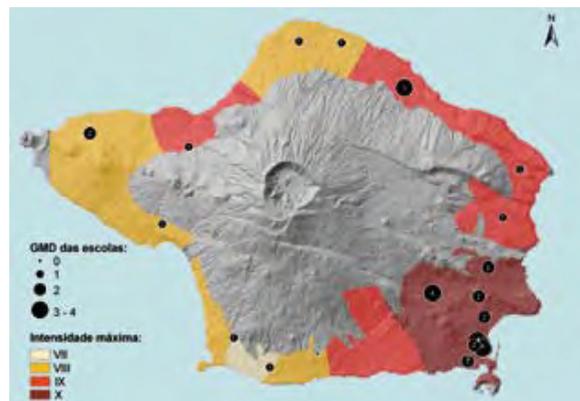


Figura 11
Mapa de isossistas do sismo de 9 de Julho de 1998 e grau médio de dano observado.

Figura 12

Grau médio de dano das escolas no concelho da Horta para sismos de máxima intensidade ocorridos no século XX.



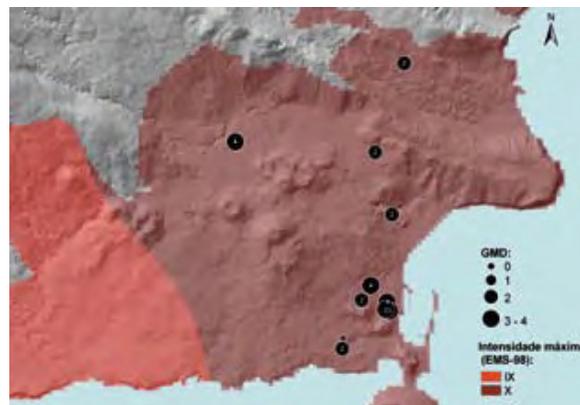
2) situavam-se na zona com maior intensidade (EMS VIII).

O Quadro V compara os resultados obtidos pela simulação (GMD – grau médio de dano) com os danos reais (Figura 11), classificados de acordo com os relatos da descrição de danos e com a visualização de fotografias da época. Verifica-se que o modelo reflecte valores médios de dano, na maior parte dos casos coincidentes com a realidade que se verificou, indiciando um bom ajustamento.

De seguida procedeu-se à previsão dos danos nas instalações escolares do inventário mais recente (2007), considerando um segundo cenário sísmico

Figura 13

Resultados da simulação do sismo de 31 de Agosto de 1926 para as escolas da cidade da Horta.



correspondente à máxima intensidade verificada em cada local ao longo do século XX. Os resultados obtidos encontram-se resumidos no Quadro VI, sendo graficamente ilustrados na Figura 12.

O segundo cenário apresenta como era de esperar graus médios de dano mais elevados que o primeiro, atingindo GMD=4, (graves danos estruturais e danos muito graves a nível não estrutural) em mais escolas, principalmente nos edifícios de construção mais antiga.

Como se pode observar, as instalações escolares que apresentam maior grau médio de dano (GMD=4) situam-se todas na cidade da Horta, ou nas suas imediações. De salientar que a máxima intensidade (EMS=X), consequência do sismo de 31 de Agosto de 1926, foi registada nesta cidade, nas freguesias de Angústias, Matriz e Conceição (Figura 13). Refira-se ainda que é também na cidade da Horta que se regista uma maior densidade populacional. Desses factos conclui-se que, caso ocorra um sismo com características análogas ao sismo de 31 de Agosto de 1926, a quase totalidade do parque escolar da cidade da Horta deverá ficar seriamente danificada, na eminência de colapso parcial, que, entre outras consequências, impossibilita a sua utilização no contexto das operações de emergência pós-sismo.

6. Considerações finais

As escolas são infraestruturas sociais cuja distribuição geográfica e capacidade coincidem de perto com a distribuição demográfica. Desta coincidência resulta que, na eventualidade de um sismo, as escolas constituem locais de importância estratégica, visto as suas instalações poderem ser utilizadas como centros para acolhimento de desalojados, assim como para a centralização das operações de salvamento. Estudos de avaliação generalizada de risco, relativamente pouco complexos, como o desenvolvido e apresentado para o universo das instalações escolares da ilha do Faial, são essenciais para uma definição de

Quadro V – Resultados do grau médio de dano (GMD) nas escolas para o sismo de 9 de Julho de 1998

Nome Estabelecimento	Tipologia EMS-98	Estado Conservação	Intensidade EMS-98	Dano real	GMD simulado
Flamengos	M3	Bom	VII	1	1
Almoxarife	RC2+	Bom	VII	1	0
Pedro Miguel	RC2	Bom	VII	0	0
Ribeirinha	RC2	Bom	VIII	1	1
Espalhafatos	M5	Razoável	IX	3	3
Salão	M5	Razoável	IX	1	3
Salão (jardim de infância)	M1	Razoável	IX	4	4
Cedros - EB1/JI Prof Constantino Magno do Amaral	M6	Bom	VI	1	0
Cascalho	RC2	Bom	VI	0	0
Ribeira Funda	M1	Razoável	VII	3	2
Praia do Norte	RC2	Bom	VI	0	0
Capelo (e P. Norte)	M5	Bom	V	0	0
Ribeira do Cabo - EB1/JI Capelo	RC2	Bom	V	0	0
Lombega	M5	Bom	VII	0	1
Castelo Branco (Carreira)	M3	Razoável	VI	1	0
Castelo Branco (Farrobim)	RC2	Bom	VI	0	0
Feteira (Travessa do Algar)	RC2	Bom	VI	0	0
Feteira (Rua da Portela) - Escola de Grotas	M5	Bom	VI	0	0
Horta (Pasteleiro)	RC2+	Bom	VI	0	0
EB1/JI Consul D'Abney	RC2	Bom	VI	0	0
Horta (Coronel Silva Leal)	M3	Razoável	VI	1	0
Horta (Gaiatos)	RC2-	Bom	VI	0	0

Quadro VI – Resultados do grau médio de dano (GMD) nas escolas para os sismos de máxima intensidade ocorridos no século XX

Nome Estabelecimento	Tipologia EMS-98	Estado Conservação	Intensidade máxima EMS-98	GMD simulado
Flamengos	M3	Razoável	X	4
Almoxarife	RC2+	Bom	X	2
Pedro Miguel	RC2	Razoável	IX	1
Ribeirinha	RC2	Razoável	IX	1
Salão	M5	Razoável	IX	3
Cedros - EB1/JI Prof Constantino Magno do Amaral	M6	Mau	VIII	1
Cascalho	RC2	Bom	VIII	1
Praia do Norte	RC2	Razoável	IX	1
Capelo (e P. Norte)	M5	Razoável	VIII	2
Ribeira do Cabo - EB1/JI Capelo	RC2	Mau	VIII	1
Lombega	M5	Bom	VII	1
Castelo Branco (Carreira)	M3	Razoável	VII	1
Castelo Branco (Farrobim)	RC2	Razoável	VII	0
Feteira (Travessa do Algar)	RC2	Razoável	IX	1
Feteira (Rua da Portela) - Escola de Grotas	M5	Bom	IX	3
Horta (Pasteleiro)	RC2+	Bom	X	2
EB1/JI Consul D'Abney	RC2	Razoável	X	2
Horta (Coronel Silva Leal)	M3	Razoável	X	4
Esc do Bairro das Pedreiras-Angústias	M5	Razoável	X	4
EB da Lomba	M5	Bom	X	4
Conservatorio Regional da Horta	M3	Razoável	X	4
EB2, 3 Horta	M5	Razoável	X	4
ES Manuel Arriaga	RC2-	Mau	X	4
EB1/JI Vista Alegre	RC2+	Razoável	X	2

prioridades e procedimentos a ter com estes edifícios, como sejam:

- a indicação dos edifícios com necessidade de reforço ou de mudança de uso;
- a hierarquização das acções de reforço.

Passados 10 anos sobre o sismo do Faial de 9 de Julho de 1998, apresenta-se uma retrospectiva dos danos ocorridos nas instalações escolares da ilha do Faial neste sismo. Extraíram-se algumas conclusões preliminares relativamente à maior vulnerabilidade apresentada pelos edifícios com estrutura de paredes de alvenaria, sendo de referir que alguns destes edifícios tiveram que ser demolidos ou desactivados. O modelo apresentado de avaliação da vulnerabilidade sísmica de edifícios baseado na escala macrosísmica europeia (EMS-98) conduziu genericamente a uma boa concordância com os danos observados. O mesmo modelo, utilizado considerando o inventário mais recente (2007) das instalações escolares e a distribuição de intensidades máximas verificada no século XX, permitiu extrair algumas considerações prospectivas interessantes, de que se salienta a vulnerabilidade acrescida do parque escolar da cidade da Horta e imediações.

Agradecimentos

O levantamento dos danos ocorridos nas instalações escolares da ilha do Faial em 1998 foi realizado com a colaboração dos então Serviço Nacional de Protecção Civil e Serviço Regional de Protecção Civil, assim como da Secretaria Regional da Habitação e Equipamento, cuja colaboração publicamente se agradece. Agradece-se também o apoio da Associação Faialense dos Bombeiros Voluntários, na pessoa do seu Comandante, Sr. António Fraga, no levantamento das instalações escolares realizado em 2007. Reconhece-se, por fim, o apoio prestado pelo corpo administrativo e docente de todas as instalações visitadas nas duas ocasiões.

O presente trabalho é uma contribuição para o Projecto USuET “Urban System under Earthquake Threat: An Integrated Global Approach. Application to the Azores”, POCI/CTE-GIN/58095/2004/DG, financiado pela FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia.

Mónica Amaral Ferreira agradece o apoio financeiro da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (Bolsa SFRH/BD/29980/2006).