

AVALIAÇÃO DO RISCO SÍSMICO NOS EQUIPAMENTOS DE ENSINO DA REGIÃO DO ALGARVE

**MÓNICA AMARAL
FERREIRA**

Estudante Doutoramento
ICIST/IST
Lisboa-Portugal

**JORGE MIGUEL
PROENÇA**

Prof. Auxiliar
ICIST/IST
Lisboa-Portugal

**CARLOS SOUSA
OLIVEIRA**

Prof. Catedrático
ICIST/IST
Lisboa-Portugal

SUMÁRIO

No âmbito do projecto ERSTA (Estudo do Risco Sísmico de Tsunamis do Algarve) coordenado pela Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC), foi caracterizada e analisada a rede escolar da região do Algarve. Utilizou-se um inquérito online denominado ESCOLaRISCOS para recolha de informação, a partir do qual os técnicos das Câmaras Municipais do Algarve, da DREALG (Direcção Regional de Educação do Algarve) e do ICIST caracterizaram 378 estabelecimentos de ensino - desde o nível de ensino pré-escolar ao universitário. Esta caracterização permitiu para além de fazer uma extensa análise estatística a todos os campos do inquérito, adaptar o modelo de vulnerabilidade desenvolvido por Giovinazzi e Lagomarsino à realidade das construções em Portugal, de forma a conhecer os possíveis graus médios de dano de cada equipamento face a um cenário sísmico, com uma probabilidade de ocorrência correspondente ao exigido pela regulamentação europeia e nacional mais recente.

Assim foi possível não só identificar as escolas com maior risco sísmico como atribuir prioridades relativamente a políticas de reforço do parque escolar existente e definir estratégias de gestão da emergência pelas autoridades de protecção civil. Este trabalho será igualmente útil para definir, no futuro, e em conjunto com outras infra-estruturas (redes de águas, energia, edificado, entre outras), qual o impacto de um sismo no sistema de ensino tendo em conta todas as interdependências existentes. Ou seja, por exemplo compreender qual o impacto da ruptura da rede de águas numa parte da cidade - Será possível habitar essa zona? É possível utilizar as escolas dessa área? Qual o transtorno dos escombros na circulação das pessoas e dos veículos? Estas e outras questões surgem imediatamente após uma catástrofe e através de lições e contributos retirados de vários sismos no mundo, tentar-se-á medir o impacto dos sismos a partir de um indicador que aglomera todas estas variáveis.

1. INTRODUÇÃO

Os sismos são considerados como o desastre natural que maiores destruições causam, produzindo diferentes tipos de perdas sociais, económicas e culturais. As perdas físicas desde vidas humanas a edifícios e infra-estruturas não têm apenas um efeito local ou nas vítimas e seus familiares; podem atingir seriamente a sociedade, trazendo graves problemas à economia - um simples evento pode ter impactos severos nos vários estágios de desenvolvimento do país, reflectindo-se na economia nacional. É exemplo, o recente sismo do Haiti (12 de Janeiro de 2010) que teve um impacto de 120% no PIB do país, segundo o Fundo Monetário Internacional.

Vários estudos têm sido desenvolvidos com o intuito de simular e avaliar os danos no edificado, nas redes e perdas humanas; no entanto sente-se que é necessário não só conhecer o comportamento das estruturas *per se* mas essencialmente qual o efeito que esse comportamento terá na comunidade e nas suas funções tal como no emprego, na habitação ou mesmo na continuidade do ensino. Assim, este artigo tende a dar uma visão integrada do problema (holística) e não apenas das suas partes, podendo a partir daí tirar julgamentos para prevenção e mitigação do risco, tendo em atenção os equipamentos escolares, pois estes tal como os equipamentos desportivos geralmente servem de abrigo após uma catástrofe, representando a sua perda um agravamento na resiliência de determinada zona afectada. Por outro lado, o uso das escolas no pós-sismo como função abrigo gera um outro problema: não pode ser demasiado prolongada por ter associada uma interrupção indeterminada do ensino, causando um maior impacto nas crianças e comunidade.

2. A ÁREA DE ESTUDO, RECOLHA DE DADOS E DIAGNÓSTICO

2.1. Área de Estudo

A região do Algarve compreende uma área de 4989 km², 16 municípios e 430000 habitantes (INE, 2008 [1]). Nos últimos 40 anos o Algarve tem assistido a um aumento da demografia e crescente desenvolvimento do turismo, sendo esta a principal actividade económica da região, consequentemente deparamo-nos com um contraste entre as áreas costeiras, onde se concentra 70% da população e a Serra com uma povoação mais dispersa.

Encontrando-se o Algarve localizado numa região de moderada a elevada perigosidade sísmica dada a proximidade da fronteira das placas Ibérica (Euro-Asiática) e Africana, e tendo já sido atingida por vários sismos, ao longo dos séculos (Figura 1), que causaram grande destruição, esta é uma região que requer especial atenção e estudos nesta área.

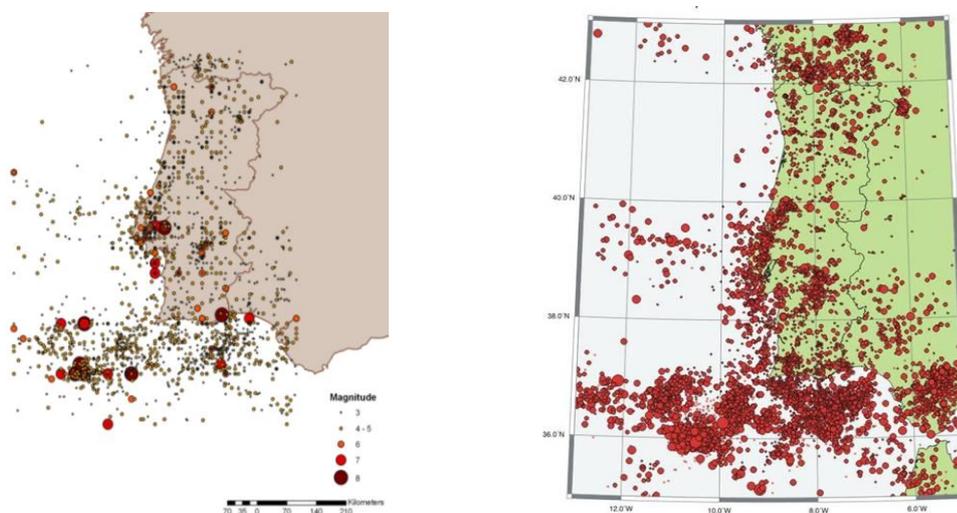


Figura 1: Epicentros de sismos históricos (63AC-2007) e instrumentais desde 1961 a 2007 (IM, 2007)

Recentemente, a Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC) coordenou o Estudo de Risco e de Tsunamis do Algarve (ERSTA [2]), projecto co-financiado pelo QREN/POVT, que envolveu várias entidades nacionais entre as quais o ICIST (Instituto de Engenharia de Estruturas, Território e Construção, do Instituto Superior Técnico), que ficou responsável pela caracterização e avaliação do risco sísmico das redes de infra-estruturas, nomeadamente as redes de transportes, abastecimento de água, electricidade, telecomunicações, saneamento e os equipamentos escolares e hospitalares.

Neste artigo referir-se-á a forma como foram recolhidos os dados, os principais problemas registados e algumas análises à base de dados e principais resultados, no que respeita à rede escolar.

2.2. Recolha de dados – portal *escolariscos*

A recolha e análise de dados constituem um aspecto fundamental para a caracterização exaustiva da rede dos equipamentos escolares. Na rede de equipamentos escolares a técnica de recolha de informação utilizada baseou-se num inquérito online denominado ESCOLaRISCOS (www.escolariscos.eu) que permitiu obter, de maneira sistemática e ordenada informação sobre os equipamentos de ensino do Algarve. Esta informação foi recolhida por técnicos das Câmaras Municipais, técnicos da DREALG e do ICIST, que podiam aceder e visualizar a informação inserida no portal, independentemente da localização geográfica do utilizador, bem como a actualização dos dados ao longo do tempo. Enumeram-se as principais vantagens e desvantagens de uma recolha de dados através de um inquérito online.

Vantagens:

- facilidade na recolha de informação sobre grande número de equipamentos de ensino num curto espaço de tempo;
- introdução simultânea de dados por municípios distintos;
- introdução de informação digital (fotografias, mapas, plantas de projectos);
- economia; não estão associados custos de deslocação do investigador ou despesas por envio dos questionários em papel por correio convencional;
- estreita colaboração entre o inquiridor e o investigador é estabelecida e os dados podem ser alterados quase em simultâneo.

Desvantagens:

- dependência dos recursos de cada município, da sua capacidade de acesso aos equipamentos de ensino, do tempo disponibilizado por cada técnico municipal;
- a informação recolhida exige uma validação e análise atenta por parte do investigador, pois muitas vezes as respostas não são coerentes com os dados fotográficos ou com outros dados que caracterizam cada edifício.

2.2.1. Universo

Do total dos 378 estabelecimentos de ensino existentes no portal – que perfazem um total de 572 edifícios - 274 de natureza institucional pública e 104 privada, foram efectuados os levantamentos e caracterização de 311 (Figura 2, Tabela 1) entre os quais 270 dizem respeito ao ensino público e 41 aos estabelecimentos de ensino particular.

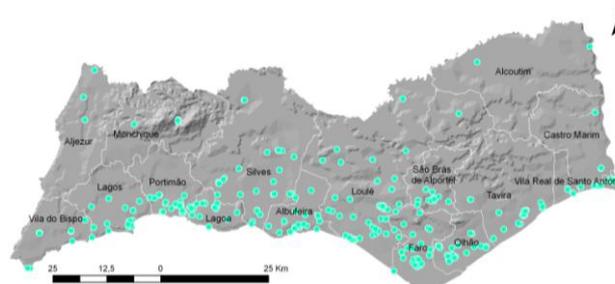


Figura 2: Localização dos equipamentos de ensino analisados

Tabela 1 - Número de equipamentos de ensino analisados por nível de ensino

Nível de ensino	Total	Nível de ensino	Total
JJ	70	ES com 3º ciclo	4
EB1	103	JJ/EB1, 2	2
EB1/JJ	58	JJ/EB1, 2, 3	1
EB2,3	41	JJ/EB1, 2, 3 e ES	1
EBI	5	Outros	6
EBI/JJ	5	Superior	3
ES	12		

A população estudantil deste universo de 311 escolas totaliza um valor de 76543 alunos distribuídos pelos 16 concelhos. Faro, Loulé e Albufeira são os municípios que apresentam maior número de população estudantil. Note-se que o concelho de Faro apresenta uma população estudantil mais elevada devido à existência da Universidade do Algarve (com cerca de 8700 alunos) que capta estudantes de toda a região do Algarve e do País. Por outro lado, os concelhos mais rurais, com uma maior fragilização demográfica, registam reduzido número de estudantes, como sejam os concelhos de Alcoutim e Aljezur com 222 e 402 estudantes, respectivamente.

2.3. Diagnóstico da base de dados – portal *escolariscos*

O portal *escolariscos* é constituído por três fichas distintas de caracterização, cujos campos se encontram identificados e explicados num Manual de Preenchimento do Portal concebido para informar os técnicos que colaboraram nos levantamentos (DREALG e Câmaras Municipais) e, que formam a base de dados que deram origem a todos os resultados desta pesquisa sobre avaliação sísmica.

Em seguida, será feita uma breve descrição de cada ficha e são apresentados alguns resultados gráficos e análises às principais variáveis que constituem a base de dados.

2.3.1. Ficha de caracterização geral do campus

Esta ficha caracteriza o campus escolar e é composta por duas partes (Figura 3): uma dedicada à identificação da escola, onde consta o nome do estabelecimento, morada, mapa de localização e natureza institucional e, outra relacionada com a caracterização geral do campus onde se especifica o nível de ensino bem como informação relacionada com a área e morfologia do terreno, proximidade a falésias e/ou à costa (risco de deslizamentos ou tsunamis), condições gerais de acesso para ações de emergência, e quantifica o número de alunos, de pessoal docente e não docente.

1. IDENTIFICAÇÃO DA ESCOLA

Nível de Ensino: ES - Escola Secundária

Nome do Estabelecimento: Escola Secundária de João de Deus

Morada: []

Código Postal: [] Localidade: Faro Telefone: [] Fax: []

Email: []

Districto: Faro Concelho: Faro Freguesia: Faro (S8)

2. CARACTERIZAÇÃO GERAL DO CAMPUS ESCOLAR

Número de Edifícios: 2

Existem quiosques/parlões desperdiçados?

Área do Terreno: 2470 m²

Tipo de Projeto de Arquitetura: MCP

Morfologia do Terreno: Plano

Proximidade de falésias?

Distância à Costa: Superior a 1 km

Outros Riscos Exteriores: []

Capacidade Operacional (Bombardeios): Boa

Condições de Evacuação: Boa

Permanência	Alunos			Docentes			NÃO Docentes					
	Dia (08:30-15:30)	Manhã (08:30-13:00)	Tarde (13:00-18:00)	Noite	Dia (08:30-15:30)	Manhã (08:30-13:00)	Tarde (13:00-18:00)	Noite	Dia (08:30-15:30)	Manhã (08:30-13:00)	Tarde (13:00-18:00)	Noite
	898	92	49		898	92	49					
				117								

DOCUMENTOS ANEXOS

Ficheiro (max: 32M B): [Browse...]

RESPONSÁVEL PELO PREENCHIMENTO

Nome: []

MAF: []

E-mail: []

Contacto: []

© 2008 ICIST - Instituto de Engenharia de Estruturas, Território e Construção
Todos os direitos reservados.

DREALG
Direção Regional de Educação do Algarve

ANPC
AGÊNCIA NACIONAL DE PROTEÇÃO CIVIL

Figura 3: Exemplo da ficha de caracterização do campus escolar

2.3.2. Ficha de caracterização do edifício

Sendo esta uma ficha mais técnica, focou-se a recolha de informação nos elementos necessários para a posterior avaliação sísmica, tais como o época de construção, número de pisos, o tipo de estrutura, de cobertura, de laje de piso, o estado de conservação e indica-se adicionalmente informações sobre a regularidade estrutural, existência de danos e outros riscos interiores e exteriores (Figura 4).

Figura 4: Exemplo da ficha de caracterização do edifício

2.3.2.1. Número de pisos e época construtiva

Observa-se que os edifícios que compõem os campi escolares, independentemente da época construtiva, são na sua grande maioria compostos por 1 a 2 pisos (47% com 1 piso e 45% com 2 pisos). Nos edifícios mais recentes, posteriores a 1970, podemos encontrar 4 ou 5 pisos no máximo, porém em muito menor número, 1% e 0,2%, respectivamente.

Relativamente à época construtiva consideraram-se os seguintes escalões: anterior a 1960; entre 1960 e 1969; entre 1969 e 1985; e posterior a 1985. As datas limite anterior referem-se à entrada em vigor dos sucessivos regulamentos para o comportamento sísmico das construções: RSCCS (1958); RSEP (1967); RSA/REBAP (1983). Considerou-se uma décalage de 2 anos em virtude da data referenciada no portal ser a de construção e não a de projecto.

Verifica-se que a maior parte dos edifícios analisados foram construídos após 1985 (53%) e com 1 e 2 pisos. Os edifícios mais antigos, anteriores a 1960, ainda têm alguma expressão na região do Algarve (23%) e dizem respeito sobretudo aos edifícios do Plano Centenário.

2.3.2.2. Tipo de estrutura e estado de conservação

Na região do Algarve os equipamentos escolares apresentam essencialmente estruturas porticadas em betão armado (64%) que correspondem às épocas de construção mais recentes (Figura 5), quanto ao estado de conservação, 57% dos edifícios escolares encontram-se em Bom estado de conservação e 2% em Mau estado.

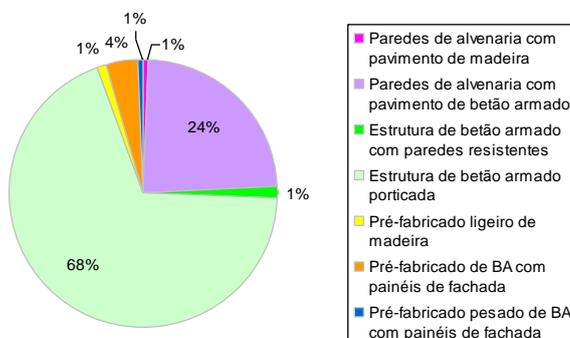


Figura 5: Estrutura predominante

No que diz respeito aos tipos de estrutura da cobertura e laje não aparecem listados os resultados dada a incerteza, desconhecimento e falta de dados nestes dois campos.

2.3.2.3. Factores de agravamento

Foram identificados alguns factores de agravamento sísmico que podem influenciar a vulnerabilidade dos edifícios, são eles a irregularidade e assimetria das plantas, a presença de *setbacks* (pisos recuados) e de *short-columns* (colunas curtas) bem como pisos com alturas diferentes; estes são os elementos mais frequentes e que estão presentes principalmente nas construções mais recentes. Outro factor com grande representatividade (10%) é a presença de R/C vazados (vãos) ou *soft-storeys* que podem conduzir a deformações dos pilares do piso térreo ou mesmo à destruição do edifício.

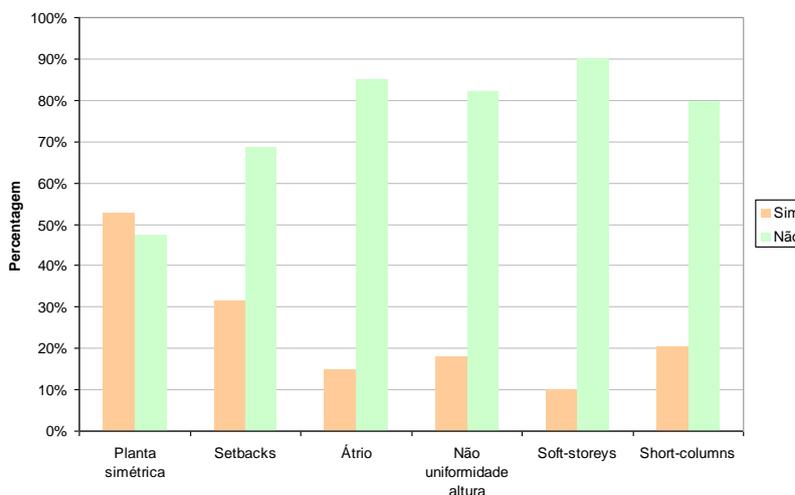


Figura 6: Alguns factores de agravamento sísmico

2.3.3. Ficha de caracterização geral dos ginásios/pavilhões desportivos

Esta é uma ficha técnica semelhante à anterior, vocacionada para avaliação dos ginásios e equipamentos desportivos. Foram identificados 69 ginásios/pavilhões desportivos, a maior parte construídos após 1985 (80%) e com estrutura de betão armado com pilares (70%). Dada a falta de elementos para consulta não foi possível encontrar dados relativos à área total dos edifícios bem como das suas alturas.

3. ANÁLISE DE VULNERABILIDADES COM BASE NA EMS-98

3.1. Análise de vulnerabilidades com base na EMS-98

A metodologia desenvolvida para a avaliação de vulnerabilidade sísmica dos equipamentos escolares baseou-se, tal como noutros estudos desenvolvidos pelo ICIST nesta área [3, 4], em métodos desenvolvidos por Giovinnazzi e Lagomarsino [5] a partir dos conceitos constantes da Escala Macrosísmica Europeia (EMS-98) [6]. Esta metodologia permite associar a cada uma das tipologias construtivas identificadas um índice de vulnerabilidade, V_1^* , que varia entre 0 (não vulnerável) e 1 (muito vulnerável). Assim, foram identificadas as tipologias construtivas existentes na região (Tabela 2) e quando se justificasse criadas novas tipologias de forma a reproduzir a informação disponibilizada na EMS-98

Os factores de agravamento identificados nas fichas de caracterização de cada edifício permitiram corrigir os valores dos índices de vulnerabilidade, agravando-os ou desagravando-os, tornando o estudo mais próximo da realidade.

Tabela 2 - Atribuição de valores de vulnerabilidade segundo a tipologia construtiva.

Época construtiva	Regulamentos	Índice de vulnerabilidade (V_I^*)										
		M5	M6	RC4 ⁻	RC4	RC4 ⁺	RC5	RC1	RC2 ⁻	RC2, W	RC2 ⁺	Pré-fabric.
< 1960	----	0.74	0.616	0.553				0.644		0.447		0.66
1960-69	RSCS (1958)	0.74	0.616		0.544				0.553	0.447		0.66
1969-85	RSEP/REBA (1968)					0.464				0.447		0.66
> 1985	RSA/REBAP (1983)						0.384			0.447	0.393	0.553

Uma vez atribuído o índice de vulnerabilidade a cada construção segue-se a fase do cálculo de danos, que segue a metodologia desenvolvida por Giovinazzi e Lagomarsino de acordo com a seguinte equação:

$$\mu_D = 2.452 \left(1 + \tanh \left(\frac{I + 5.604V_I - 12.19}{1.797} \right) \right) \quad (1)$$

em que μ_D indica o grau médio de dano (grau 1 = ligeiro, grau 2 = moderado, grau 3 = forte, grau 4 = muito forte e grau 5 = colapso), I a intensidade e V_I o índice de vulnerabilidade.

4. SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS SÍSMICOS E DANOS OBTIDOS

O simulador sísmico desenvolvido para a região do Algarve (ERSTA) inclui informação detalhada em várias áreas, nomeadamente uma carta de solos, a acção sísmica obtida por modelação estocástica de rotura de falha, leis de atenuação, efeitos de sítio, distribuição espacial da população por quarteirão ao longo do ano, modelos de cálculo de danos para o edificado, redes e população, bem como uma modelação de tsunamis, que é dada sob a forma de altura da onda.

Todos os dados coligidos, tratados e obtidos pelas diversas equipas que entraram no ERSTA foram incluídos no simulador de cenários de forma georreferenciada.

Vários cenários de acção sísmica podem ainda ser escolhidos e analisados. O presente artigo compreende duas abordagens distintas:

- uma em que apenas são analisados os equipamentos escolares em que se pretende ter uma aproximação do que pode ocorrer aos referidos equipamentos e posterior utilização. A acção sísmica corresponde à definida no Anexo Nacional do Eurocódigo 8 [7, 8], nomeadamente nos seguintes dois cenários: sismo tipo 1 (sismo afastado, cenário interplacas); e sismo tipo 2 (sismo próximo, cenário intraplaca). Os valores determinados para o grau médio de dano de cada edifício correspondem ao mais gravoso dos cenários sísmicos considerados (sismos tipo 1 e 2);
- na segunda abordagem procura-se inserir os danos não só da rede escolar mas de toda uma área que é atingida por um sismo de M6.3 em Portimão.

Para cada um destes dois cenários vai proceder-se à avaliação das consequências do ponto de vista de utilização e de resposta à emergência.

4.1. Equipamentos de ensino: utilização pós-sismo

Na Figura 7 foi utilizada a acção sísmica vigente no Eurocódigo 8 (sismo afastado), usando a transformação em intensidades segundo Atkinson e Kaka [9].

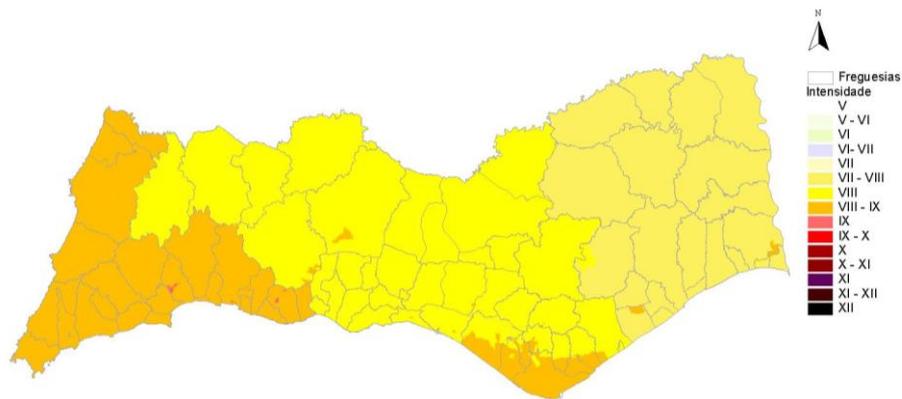


Figura 7: Intensidades registadas para o caso de sismo afastado segundo o EC8 ($T_R=820$ anos)

A partir do grau médio de danos obtido sugere-se quais as escolas que podem manter a oferta educativa de imediato ($D < 0,5$ - VERDE), ou após algumas obras ligeiras de reabilitação/reforço ($0,5 < D < 1,5$ - AMARELO) ou após obras mais intrusivas e demoradas ($1,5 < D < 2,5$ - LARANJA), e ainda aquelas que ficarão irrecuperáveis e que terão de ser demolidas ($D \geq 2,5$ - VERMELHO) (Figura 8).

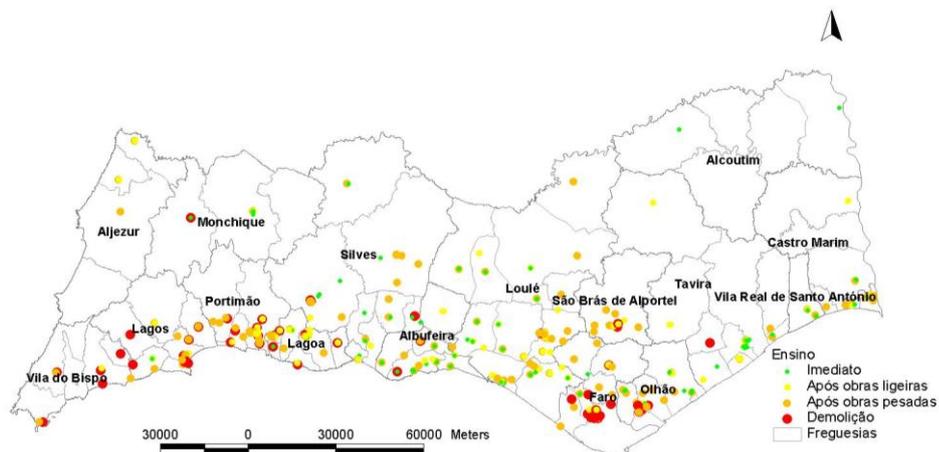


Figura 8: Utilização para ensino pós-sismo

De igual forma, pode estabelecer-se um patamar de danos ($D < 1,5$) abaixo do qual os edifícios escolares podem servir para a centralização das operações de emergência ou para o acolhimento de desalojados (Figura 9). Os valores limites apresentados anteriormente devem ser considerados apenas como referência para a delimitação dos vários níveis de uso e de utilidade para a protecção civil.

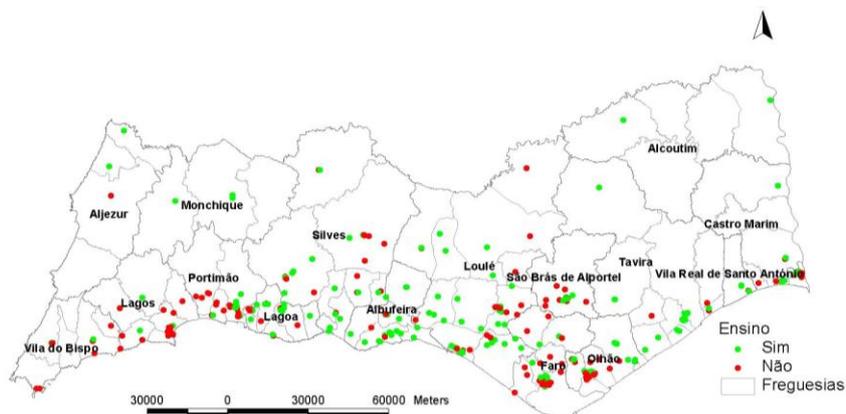


Figura 9: Utilização para gestão da emergência pós-sismo

Tabela 3 - Consequência para a continuidade do ensino e na resposta à emergência.

Ensino	Imediato	28%
	Após obras ligeiras	22%
	Após obras pesadas	35%
	Demolição	16%
Protecção Civil	Sim	50%
	Não	50%

Os resultados apresentados na Tabela 3 demonstram que cerca de 50% das escolas da região do Algarve ficam inutilizadas tanto a nível de continuidade do ensino como no uso na gestão da emergência, devido aos danos que apesar de serem longe do colapso, são suficientes para inutilizar estes equipamentos. Note-se que nesta secção ainda não foram contempladas as interdependências que existem entre a rede escolar, o edificado e as infraestruturas vitais, que inevitavelmente irá agravar a situação.

4.2. Falha de Portimão, M6.3

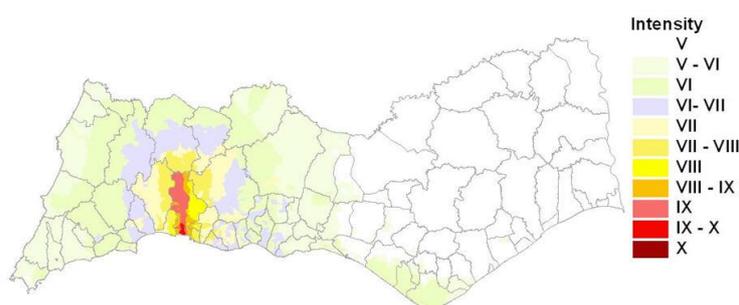


Figura 10: Cenário sísmico: Falha de Portimão, M6.3. Distribuição de intensidades

Nesta secção foi considerado o cenário correspondente a uma rotura superficial da falha de Portimão que gera um sismo de M6.3 com intensidades máximas de IX-X (Figura 10).

Conforme se pode visualizar na Figura 11, se analisarmos isoladamente os elementos constituintes da cidade de Portimão, podemos ter a tendência a dizer que os danos ocorridos nos equipamentos de ensino não são demasiado gravosos; há uma indisponibilização temporária do seu uso provocada pelos danos ligeiros a moderados (AMARELO), que nalguns casos poderão ser rapidamente recuperáveis e tornar os equipamentos de ensino novamente operacionais. No entanto, se analisarmos os restantes elementos que compõem a cidade, como o edificado, as vias de comunicação ou outras infraestruturas/equipamentos, somos alertados para o facto de que os danos que aí ocorrem são suficientes para tornar os equipamentos de ensino inoperacionais. Isto devido aos

danos no edificado, por exemplo, que por serem em grande número danos severos, obrigatoriamente irão desencadear uma realocação da população para outros locais, fora de suas casas. Assim sendo, a inoperacionalidade dos equipamentos de ensino que tinha sido anteriormente indicada como temporária tornar-se-á mais longa, dependendo da recuperação da área afectada, ou seja, do reunir das condições que tornem possível a reocupação das casas, a abertura do comércio, a circulação, etc.

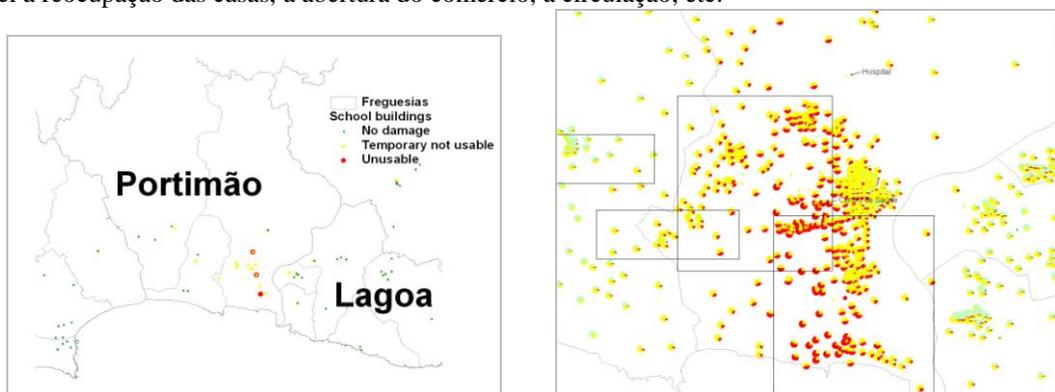


Figura 11: Esquerda: Danos nos equipamentos de ensino. Direita: Introdução do edificado e dos equipamentos de saúde na análise da utilização dos equipamentos de ensino pós-sismo. Os rectângulos simbolizam a área de influência dos equipamentos de ensino.

Desta forma, chama-se a atenção para a relevância dos estudos englobarem uma análise sistémica. Após um sismo é necessário assegurar que o sistema educativo seja resiliente, com interrupções curtas e isso pode ser garantido por um lado, tornando as escolas mais seguras em termos de engenharia (sismo-resistentes) e por outro tendo conhecimento que a área envolvente pode ficar inutilizável e que é necessário programar novos sítios, junto da população que necessita de ser realojada, em escolas pré-existentes ou tendas-escola, o importante é haver um plano, um programa, um aumento do conhecimento que leve a uma mudança de mentalidades.

Note-se que não deve ser apenas um sector a fazer a mitigação, por exemplo o Ministério da Educação ou a Protecção Civil, mas cada sector deve saber o seu papel e fazer parte da solução.

5. CONCLUSÕES

Foi desenvolvido um portal para inventariação das características principais dos equipamentos de ensino do Algarve, feito a partir de um questionário simples.

Calculou-se uma vulnerabilidade para cada tipologia construtiva em face de alguns parâmetros recolhidos.

Conseguiu-se determinar o efeito de cenários sísmicos sobre o parque escolar e sua envolvente, compreendendo-se melhor o efeito total sobre o sistema das escolas e seu comportamento.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todos os técnicos da DREALG e das Câmaras Municipais do Algarve que colaboraram na caracterização dos equipamentos de ensino e à Fundação para a Ciência e a Tecnologia pelo financiamento da bolsa de doutoramento SFRH/BD/29980/2006.

7. REFERÊNCIAS

- [1] INE (2008) Estimativas Anuais da População Residente.
- [2] ERSTA (2010) Estudo do Risco Sísmico e de Tsunamis do Algarve. Caracterização e Estudo de Vulnerabilidades das Redes de Infra-Estruturas para o Estudo do Risco Sísmico e de Tsunamis do Algarve. WP 20 – Redes Escolar e Hospitalar. Autoridade Nacional de Protecção Civil.
- [3] PRRSIE - Programa de Redução do Risco Sísmico das Instalações Escolares / Estudo Piloto (estudo realizado para a Secretaria-Geral do Ministério da Educação)
- [4] Freire da Silva, J. (2007). School Map for the Municipality of Bucharest (Volume I, Survey and Analysis Report, and Volume II, Executive Summary), Consultancy for a School Rehabilitation Strategy – European Investment Bank.
- [5] Giovinazzi, S.; Lagomarsino, S. (2003) Seismic Risk Analysis: a Method for the Vulnerability Assessment of Built-up Areas, Proceedings, European Safety & Reliability Conference, Maastricht.
- [6] Grunthal, G. (1998) European Macroseismic Scale 1998. Cahiers du Centre Européen de Geodynamique et de Séismologie, Vol 15, Luxembourg.
- [7] EN 1998-1. Eurocode 8, Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, CEN, 2004.
- [8] NP EN 1998-1. Anexo Nacional NA. Versão provisória de 17 de Junho de 2009.
- [9] Atkinson, G.; S. Kaka (2007). Relationships between felt intensity and instrumental ground motions for earthquakes in the central United States and California. Bull. Seism. Soc. Am., 97, 497-510.