

**PROJETOS DE ESCOLAS RESILIENTES AOS SISMOS
NO TERRITÓRIO DO ALGARVE E DE HUELVA (PERSISTAH)**

João M.C. Estêvão
Professor Adjunto
ISE-UAlg

Mónica A. Ferreira
Investigadora
ISE-UAlg/CERis-IST

Alfredo Braga
Professor Adjunto
ISE-UAlg

Ana Carreira
Professora Adjunta
ISE-UAlg

Vitor Barreto
Professor Adjunto
ISE-UAlg

**María Requena-
García-Cruz**
Investigadora
U.Sevilla

**M. Luisa Segovia-
Verjel**
Investigadora
U.Sevilla

**Emilio Romero-
Sánchez**
Investigador
U.Sevilla

Jaime De Miguel
Investigador
U.Sevilla

**Antonio Morales-
Esteban**
Professor
U.Sevilla

Luis Fazendeiro-Sá
Investigador
ANPC

Carlos Sousa Oliveira
Professor Jubilado
CERis-IST

SUMÁRIO

O projeto PERSISTAH propõe estudar o risco sísmico das escolas do primeiro ciclo do ensino básico localizadas nas regiões do Algarve (Portugal) e de Huelva (Espanha), dando assim cumprimento aos objetivos das Plataformas Nacionais para a Redução do Risco de Catástrofes (PNRRC) das Comissões Nacionais de Proteção Civil de Portugal e Espanha.

O PERSISTAH tem como principais objetivos, melhorar o conhecimento mútuo das realidades das duas regiões, designadamente dos códigos sísmicos de cada país, e sobre as práticas construtivas regionais. Para tal foi criada uma ficha global de recolha de informação sobre as escolas do 1º ciclo (142 no Algarve e 139 em Huelva), que tendo em conta as especificidades das duas regiões. Foi desenvolvido um programa informático para a gestão da segurança sísmica das escolas, composto por três módulos: i) gestão da base de dados das escolas; ii) definição da ação sísmica a considerar; e iii) determinação do grau de dano e o School-Score de cada escola (um sistema de hierarquização do risco sísmico dos edifícios das escolas). Também foram desenvolvidos materiais pedagógicos para as crianças e professores. Os resultados obtidos com o programa informático desenvolvido mostram que os espectros de resposta estabelecidos pelos códigos sísmicos de Portugal e de Espanha são muito diferentes. Além disso, também se observaram diferenças muito significativas em função da lei de atenuação usada.

ABSTRACT

The PERSISTAH project aims to study the seismic risk of primary schools located in the regions of Algarve (Portugal) and Huelva (Spain), fulfilling the goals of the National Platforms for Disaster Risk Reduction and Civil Protection National Commissions of Portugal and Spain.

As main goals, PERSISTAH aims to improve the mutual knowledge about the reality of both regions, namely about the seismic codes of each country and about regional construction practices. For that purpose, a global form was created for collecting information about the primary schools (142 in Algarve and 139 in Huelva), having in mind the specificities of both regions. A software was developed to manage the seismic safety of schools, composed by three modules: i) management of the school's database; ii) definition of the seismic action to be used; iii) determination of the damage grade and the School-Score of each school (a ranking system for the seismic risk of school buildings). Also, specific material to teach children and educators has been developed. The results obtained with the developed software have revealed that response spectra are very different between the Portuguese and the Spanish codes. Moreover, there are also very relevant differences depending on the attenuation law used.

PALAVRAS-CHAVE: Vulnerabilidade sísmica, risco sísmico, reabilitação sísmica, educação e comunicação.

1. INTRODUÇÃO

O projeto PERSISTAH (*Projetos de Escolas Resilientes aos SISmos no Território do Algarve e de Huelva*) [1] resultou de uma colaboração de universidades e outras instituições, designadamente ligadas à proteção civil, de Portugal e de Espanha, tendo em atenção as seguintes ideias mestras:

- Uma parte significativa das fontes sísmicas conhecidas na envolvente ao Algarve e Huelva têm impacto transfronteiriço;
- É de grande interesse para a sociedade e para uma resposta eficaz à emergência, o conhecimento da vulnerabilidade sísmica dos edifícios das escolas do ensino básico;
- Interessa estudar medidas de possível mitigação do eventual risco sísmico destas escolas;
- É importante desenvolver ferramentas de educação e comunicação do risco destinadas aos estudantes e professores, bem como recomendações de reabilitação direcionadas para os técnicos ligados à construção;
- Importa criar laços de cooperação na temática da mitigação do risco entre estas duas regiões vizinhas.

Visando a realização de avaliações da segurança sísmica de um elevado número de edifícios de escolas do primeiro ciclo do ensino básico, foi desenvolvido um programa informático que permite realizar rapidamente análises sísmicas com elevado rigor de resultados, usando os métodos de análise estipulados na NP EN 1998-1:2010 [2] e na NP EN 1998-3:2017 [3].

O programa informático PERSISTAH (disponível em Português, Espanhol e Inglês), é composto por três módulos principais: o primeiro é o módulo de gestão da base de dados das escolas; o segundo módulo permite escolher o tipo de ação a usar na verificação de segurança (ou uma ação de um código sísmico, ou uma ação correspondente a um determinado cenário de um sismo); e por fim, um módulo destinado à determinação do grau de dano e o School-Score de cada escola (um sistema de hierarquização do risco sísmico das escolas).

No que respeita à prevenção e mitigação do risco sísmico, o projeto PERSISTAH desenvolveu ferramentas para informar e educar a comunidade educativa, nomeadamente através da formação nas escolas, da identificação de potenciais riscos, quer no interior quer no exterior dos edifícios, da implementação das medidas de redução do risco estrutural e não-estrutural, e da realização de exercícios de simulação; assim como formar a comunidade técnica sobre as particularidades do projeto de reabilitação sísmica.

2. PLATAFORMA INFORMÁTICA DESENVOLVIDA

O programa de gestão de risco das escolas que foi realizado no âmbito do projeto PERSISTAH, foi desenvolvido com base numa linguagem de programação orientada a objetos, de alto desempenho. Assim, o programa informático é constituído por um conjunto de objetos independentes, mas totalmente interligáveis, o que torna a sua organização de elevada complexidade, mas simultaneamente confere uma grande versatilidade e inúmeras combinações de opções. Os objetos foram desenvolvidos de modo a poderem ser ligados entre si, possibilitando desta maneira a criação de novos programas somente pela simples junção deles, sem um esforço adicional de garantia de compatibilidade.

Cada objeto possui uma interface com o utilizador totalmente independente. Assim, foi possível criar um programa que pode ser atualizado em qualquer altura, designadamente existindo a possibilidade da adição de novos objetos possuidores de valências específicas. Também após a criação de uma nova funcionalidade num objeto, a mesma irá ficar automaticamente disponível para todos os programas que utilizam esse objeto, após recompilação do código fonte. O fluxograma correspondente ao estado atual de desenvolvimento do programa PERSISTAH está apresentado na Fig. 1, onde cada uma das caixas de texto corresponde, simplificada, a um objeto principal.

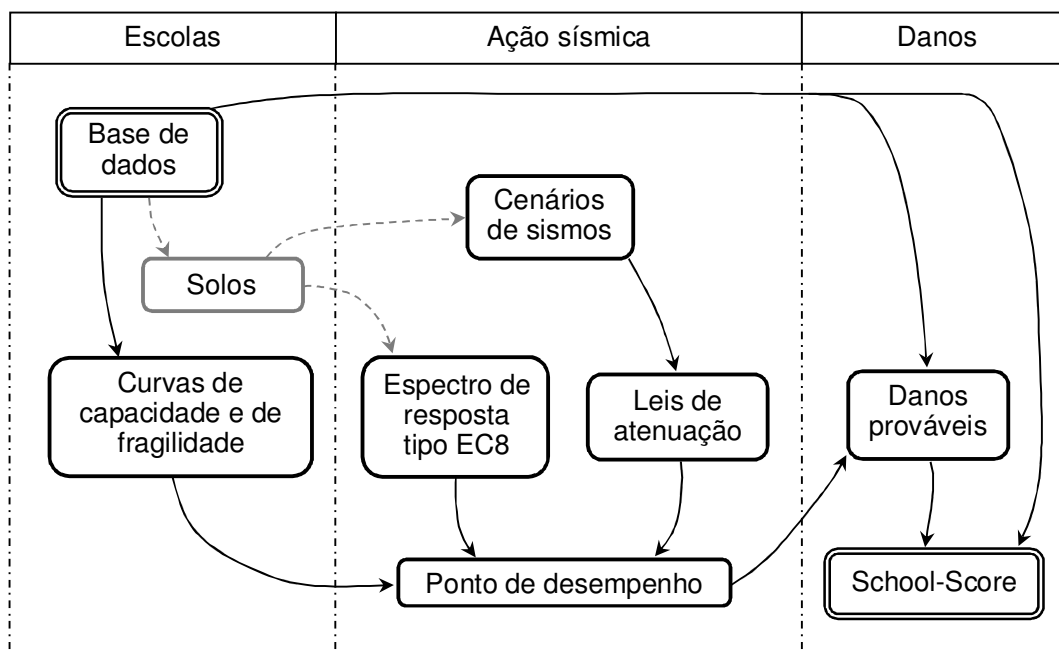


Fig. 1 – Fluxograma da fase atual de desenvolvimento do programa informático concebido para a gestão do risco sísmico das escolas.

Mais do que criar um programa informático estanque, que rapidamente ficará desatualizado, tentou-se criar um programa aberto, preparado para ser facilmente alterado, designadamente para futuras inclusões de novas abordagens, tais como algumas técnicas da área da Inteligência Artificial [4].

2.1. Base de dados das escolas

Foi criada uma base de dados específica para a gestão da informação recolhida referente às escolas, sempre com a preocupação de tornar o programa fácil de utilizar, e também que desse resposta às especificidades de cada região e país, no seguimento das reuniões realizadas no contexto da parceria internacional que foi estabelecida.

O programa possui um sistema de “navegação” por entre os edifícios das escolas muito visual, que se suporta nas fotografias aéreas dos *campi* das escolas e dos diversos edifícios, como está exemplificado na Fig. 2.

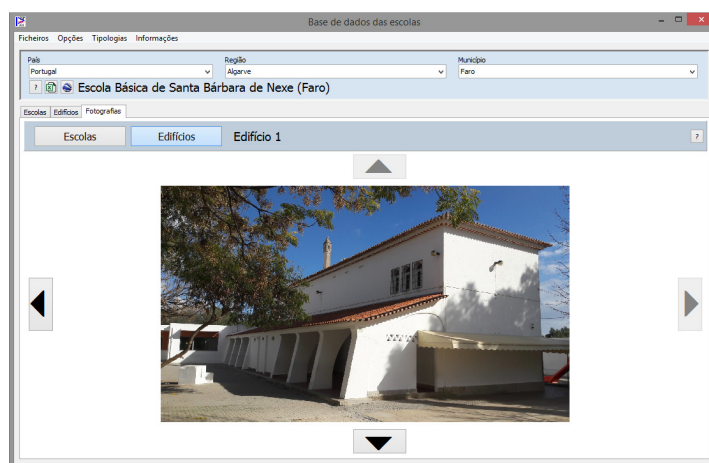


Fig. 2 – Exemplo da interface de gestão da base de dados das escolas.

Também é possível filtrar a base de dados por país, região e município, para facilitar a gestão da informação. Todos os edifícios estão georreferenciados, e o programa permite exportar tanto os dados das escolas, como os resultados das análises, diretamente para o Google Earth, através da criação automática de ficheiros *kml*. Esses ficheiros poderão ser depois importados para o Google Maps, o que permite apresentar os resultados em páginas da internet, para consulta da informação de uma forma muito dinâmica e intuitiva.

2.2. Definição da ação sísmica

Como é possível constatar da Fig. 1, no módulo da ação sísmica é possível escolher uma ação de acordo com um código sísmico que esteja implementado, ou estabelecer um cenário para a ocorrência de um sismo, que corresponda a uma determinada localização da rotura e tipo de falha, e a um valor de magnitude.

Em relação ao Algarve, para já foi implementada a ação da NP EN 1998-1:2010 [2]. Quanto à região de Huelva, foi implementada a ação estabelecida na Norma Espanhola NSCR-02 [5], o que possibilita a comparação das ações definidas para as zonas de fronteira, que em teoria deveriam ser iguais. Em função das opções escolhidas, o programa estabelece automaticamente a ação a usar na avaliação de cada edifício da escola, como pode ser observado no exemplo apresentado na Fig. 3.

Com estas capacidades implementadas, o programa permite facilmente a comparação da ação sísmica que é estabelecida pelas normas de cada país. Atualmente, existem duas ações definidas para o Algarve: a estabelecida na NP EN 1998-1:2010 e a estabelecida no Decreto-Lei nº 235/83 (RSAEEP) [6], que é o regulamento atualmente em vigor. Ambos os códigos sísmicos apresentam dois sismos tipo: um sismo próximo, de pequena magnitude, e um sismo afastado de maior magnitude. Já a Norma Espanhola NSCR-02 define uma única ação sísmica.

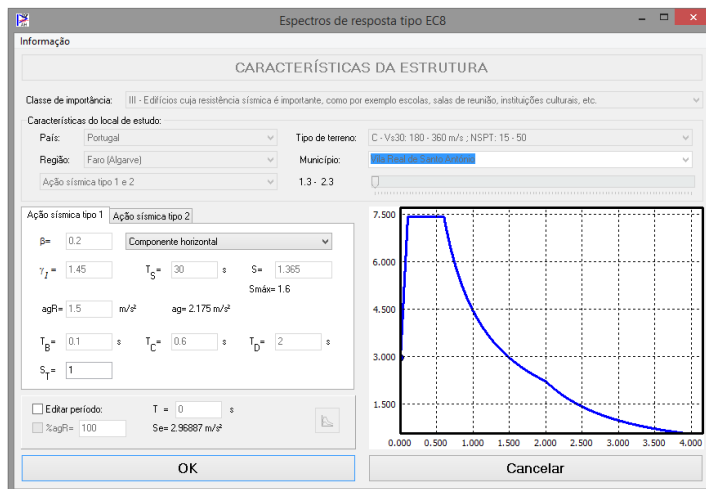


Fig. 3 – Exemplo da interface onde é apresentada a ação sísmica tipo EC8, calculada automaticamente para cada edifício de uma determinada escola.

Para uma melhor comparação dos possíveis valores que se obtêm para as ações sísmicas a considerar na zona de fronteira, designadamente entre Ayamonte e Vila Real de Santo António, foram também determinados os espectros de resposta a partir de duas leis de atenuação diferentes [7, 8], e para dois cenários possíveis de ocorrência de sismos. No cenário afastado, foi considerada a ocorrência de um sismo de magnitude $M=7.7$ nas coordenadas 36.699° e -7.329° , onde ocorreu um sismo em 1968/06/12 (com intensidades observadas de III/IV) [9], a sul de Ayamonte e de Vila Real de Santo António, onde tudo indica existir um conjunto de falhas ativas [10]. Para o cenário mais próximo, foi considerada a ocorrência de um sismo de magnitude $M=5.2$ nas coordenadas 37.163° e -7.389° , por ter sido o epicentro de um sismo superficial ocorrido em 2003/04/05 (com intensidades observadas de II/III) [11]. Nas Fig. 4 e 5 estão apresentados os correspondentes espectros de resposta para comparação da ação na “Escola Básica Santo António” e no “Colegio Moreno y Chacón”, localizadas nas duas localidades anteriormente referidas, que foram escolhidas por se encontrarem, sensivelmente, às mesmas distâncias dos epicentros dos dois cenários sísmicos estabelecidos (a cerca de 56 km e de 5 km, respetivamente). As magnitudes escolhidas são as que estão definidas no Anexo NA.I da NP EN 1998-5:2010 [12], para edifícios de classe de importância III (escolas) localizados em Vila Real de Santo António, e correspondem a um período de retorno de 821 anos [12].

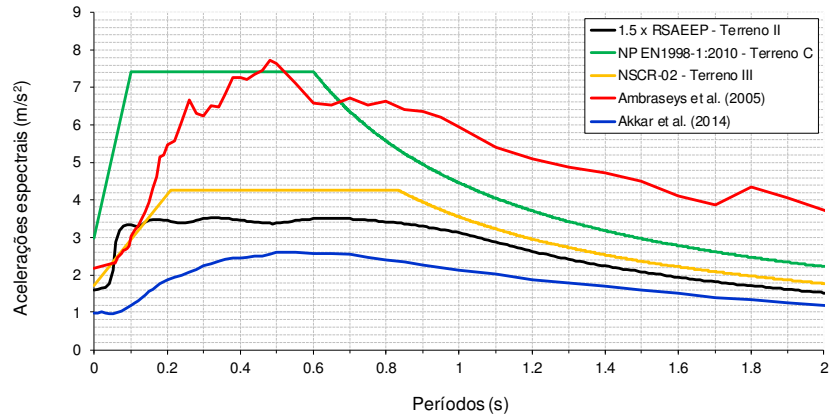


Fig. 4 – Comparação de espectros de resposta determinados para a zona de fronteira entre Ayamonte e Vila Real de Santo António, para o cenário de sismo afastado.

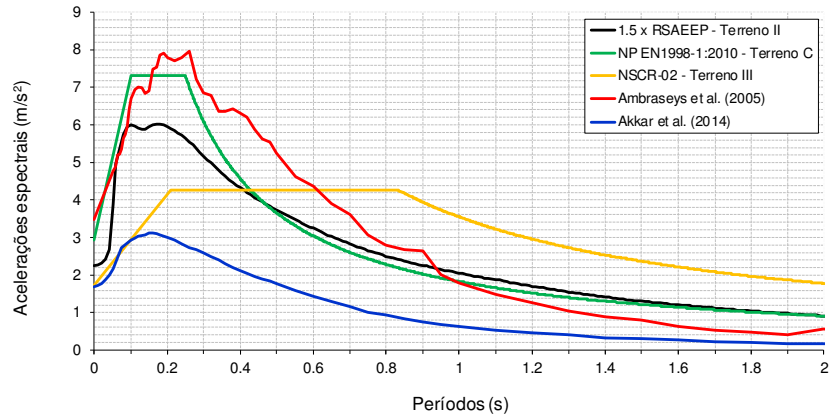


Fig. 5 – Comparação de espectros de resposta determinados para a zona de fronteira entre Ayamonte e Vila Real de Santo António, para o cenário de sismo próximo.

2.3. Avaliação de danos

O módulo de avaliação de danos é, provavelmente, a parte mais importante do programa informático desenvolvido. Procurou-se implementar os métodos de análise estabelecidos na NP EN 1998-1:2010 e na NP EN 1998-3:2017, designadamente o recurso a análises estáticas não lineares de acordo com o método N2 [13], tal como está definido no Anexo B da NP EN 1998-1:2010. Também foi implementada a abordagem estabelecida no ATC-40 [14].

A verificação de segurança é realizada com base em estados limites, com a mesma filosofia de avaliação estabelecida na NP EN 1998-3:2017, designadamente os estados limites de colapso iminente (NC), de danos severos (SD), e de limitação de dano (DL). Também foi considerado um estado limite associado à operacionalidade (OP), seguindo desde já na direção da futura geração de Eurocódigos [15].

O programa PERSISTAH permite associar um conjunto de curvas de capacidade a cada edifício de duas maneiras distintas: ou podem resultar de uma análise específica do edifício em estudo, ou podem corresponder às curvas de capacidade médias associadas a uma determinada subtipologia a que o edifício pertence. As curvas de capacidade podem ser determinadas com base num qualquer programa de análise estrutural com essas valências de análise, que depois podem ser importadas

diretamente para o programa PERSISTAH. Na Fig. 6 está ilustrado o resultado da importação de uma curva de capacidade.

As rotinas que realizam as avaliações de danos resultaram da transformação de um conjunto de programas preexistentes em objetos independentes, e que já tinham sido previamente usadas na avaliação da segurança de edifícios existentes no Algarve [16] e nos Açores [17, 18].

A hierarquização do risco sísmico das escolas é realizada com base na determinação do School-Score. O programa PERSISTAH foi desenvolvido de modo a possibilitar a existência de múltiplos critérios para estabelecer este valor. Para efeitos da avaliação das necessidades de reforço, procurou-se seguir a lógica da NP EN 1998-3:2017. Assim, o programa determina o fator (α_a) pelo qual temos de multiplicar a ação de modo a que o ponto de desempenho da estrutura (o deslocamento alvo) corresponda ao deslocamento associado a um determinado estado limite. O valor do School-Score corresponde ao inverso de α_a , e será o número de vezes que a ação usada na avaliação da segurança excede o valor correspondente ao estado limite em causa. Assim, quanto maior for o valor do School-Score, maior será o risco sísmico da escola.

$$\text{School-Score} = \frac{1}{\alpha_a} \quad (1)$$

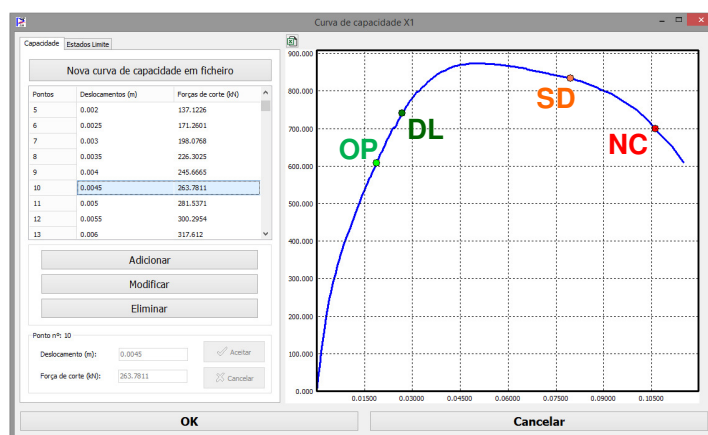


Fig. 6 – Exemplo da interface onde é apresentada a curva de capacidade, com identificação dos estados limites de dano (NC - colapso iminente; SD - danos severos; DL - limitação de dano; OP – operacionalidade).

No futuro, serão estudadas e implementadas outras abordagens para definição do School-Score.

Quanto à questão da determinação rigorosa das curvas de capacidade dos edifícios, também aqui as condicionantes encontradas no Algarve e em Huelva são muito distintas. Enquanto em Espanha os processos das escolas estavam, na generalidade, muito completos e organizados, em Portugal o que se experienciou foi uma grande dificuldade em encontrar os projetos das escolas mais antigas, por muito boa vontade que tenha sido encontrada da parte das autoridades Portuguesas.

Em relação ao Algarve, foi procurada informação nas Câmaras Municipais, na Direção-Geral dos Estabelecimentos Escolares (Direção de Serviços da Região do Algarve), em Faro, e no arquivo da Secretaria-Geral da Educação e Ciência, em Lisboa, no entanto encontrou-se muito pouca informação sobre as características das estruturas dos edifícios mais antigos.

Foram identificadas algumas tipologias de edifícios com elevada repetição no Algarve. Os edifícios mais antigos que foram identificados, são os das denominadas escolas do “Plano dos Centenários” (com estrutura em alvenaria resistente, e eventualmente com laje de betão armado). A seguir surgiram as escolas do “Plano das Construções”, com características arquitetónicas algo semelhantes, mas apresentando mais elementos de betão armado. Depois surgiram as “Escolas P3” (com estrutura totalmente em betão armado), cujos edifícios foram construídos, primeiramente, antes da entrada em vigor do RSAEEP, e só na fase final da sua utilização como projeto tipo é que foram construídos já no contexto de aplicação do RSAEEP, no final dos anos 1980.

Assim, foi dada especial atenção ao grupo de edifícios das escolas que foram construídos antes da aplicação do RSAEEP. Foram realizados ensaios não-destrutivos em alguns edifícios de diversas “Escolas P3”, dado não ser possível a realização de outro tipo de ensaios mais destrutivos, como a extração de carotes para ensaio em laboratório. Como a estrutura foi executada com betão à vista, isso possibilitou o uso de um pacómetro para a identificação das armaduras existentes nos elementos estruturais, e também foram realizados ensaios com ultrassons e com esclerómetro, para caracterização do material existente.

Nos cadernos de encargos que foram encontrados nos arquivos, referentes às escolas mais antigas existentes no Algarve, designadamente as do “Plano dos Centenários” e do “Plano das Construções”, existia a indicação de que a fiscalização da obra, em conjunto com o empreiteiro, poderiam decidir sobre o tipo de sistema estrutural a usar nos elementos verticais (de grande importância para a segurança sísmica): se em alvenaria de pedra da região (normalmente em pedra calcária com argamassa à base de cal), ou se em betão armado (sem qualquer projeto tipo estabelecido para o efeito). Este facto origina uma grande variabilidade da real vulnerabilidade sísmica destas construções, pois muito embora a arquitetura possa ser igual, já não o é, necessariamente, o sistema estrutural utilizado. A utilização do pacómetro possibilitou a confirmação da existência de pilares em algumas dessas escolas, mas foi de todo impossível identificar os diâmetros das armaduras, sem o recurso a ensaios mais destrutivos.

Por outro lado, observou-se a proliferação de pequenas alterações nas escolas do Algarve, designadamente com a construção de anexos, seja para salas de aula ou outro tipo de utilização, muitas vezes possuidores de sistemas estruturais muito distintos entre si, cuja vulnerabilidade sísmica conjunta é muito difícil contabilizar com rigor. Como várias destas alterações foram realizadas em regime contratual de conceção-construção, é vulgar que nem os próprios donos de obra (atualmente as camaras municipais, mas inicialmente o governo central) possuam os projetos das estruturas desses edifícios, o que dificulta imenso a tarefa de avaliação rigorosa da respetiva segurança sísmica.

3. EDUCAÇÃO E COMUNICAÇÃO DO RISCO

Em Portugal Continental não têm ocorrido sismos destrutivos ou com algum impacto há muito tempo, não fazendo assim o risco sísmico parte da memória de várias gerações e, conseqüentemente nota-se que a avaliação e mitigação do risco sísmico não são uma preocupação vinculada ao universo social, político e económico.

Sabe-se que em Portugal, cerca de um milhão e meio de crianças frequentam a escola ou a creche todos os dias. Na região do Algarve este valor diz respeito a cerca de 18 mil crianças a frequentar o 1º ciclo e aproximadamente 11500 crianças no pré-escolar (a partir dos 3 anos de idade) [19].

A educação e a comunicação para o risco são fundamentais para influenciar mudanças de comportamento e para a tomada de decisões.

O Projeto PERSISTAH tem como missão promover o conhecimento sobre o risco sísmico, para a população estudantil, através de um programa educativo “Porquê que o chão se move?” (Fig. 7), contribuir para a construção de uma cultura de risco, e difundir boas práticas para uma mitigação do risco (Guia Prático Escola Resiliente aos Sismos, Fig. 7).



Fig. 7 – Instrumentos para aumentar a resiliência sísmica da população estudantil: Projeto Educativo “Porquê que o chão se move?” com atividades e material pedagógico para a educação e comunicação do risco sísmico, e o “Guia Prático da Escola Resiliente aos Sismos”.

O Projeto educativo “Porquê que o chão se move?” conta com o desenvolvimento de material pedagógico e guiões de atividades, que promovem a participação individual e coletiva. O projeto aborda os temas “Terramotos e tsunamis”, “Efeitos de um sismo”, “Magnitude e intensidade”, “Elementos estruturais e não-estruturais”, “Medidas de mitigação” e “Medidas de autoproteção” de forma lúdico-didática.

Este produto pretende apoiar professores e alunos na implementação dos temas definidos no Referencial de Educação para o Risco [20] para o 1.º ciclo do ensino básico.

Parte deste projeto educativo foi testado, em outubro de 2018, com 16 alunos do pré-escolar (5 anos) numa atividade no Museu de São Roque em Lisboa (“A terra treme! É um sismo!”), contribuindo para a aprendizagem científica *não formal* e revelando uma participação muito positiva (Fig. 8). Em fevereiro de 2019 está previsto um workshop para crianças dos 6 aos 12 anos denominada “Se eu fosse...Engenheiro de Estruturas”. Esta atividade é passada em dois dias e dois espaços: uma manhã no Instituto Superior Técnico, onde são abordados os conceitos básicos da sismologia, o comportamento das estruturas e o que a engenharia pode fazer para minorar os danos; a outra manhã será passada na Igreja de São Roque, construída no XVI e que resistiu ao sismo de 1755.

A colaboração de outros espaços que não a escola, como museus, universidades e centros de ciência é essencial para a concretização e sucesso do projeto.



Fig. 8 – Esquerda: Atividade no museu: puzzle das placas tectónicas e comportamento dos elementos não-estruturais.
Direita: Flyer do workshop “Se eu fosse...Engenheiro de Estruturas”.

Por sua vez, o “Guia Prático Escola Resiliente aos Sismos” tem um duplo objetivo:

- i) Fornecer um instrumento que permita a identificação, avaliação, mitigação e monitorização dos riscos de acidente, em caso de sismo, dentro e fora do recinto escolar, tendo em atenção os possíveis efeitos da eventual queda de elementos classificados como não-estruturais, que são uma das principais causas de perda de vidas humanas, de bens e de funções, inviabilizando a retoma do ensino por tempo indeterminado;
- ii) Formalizar um modelo de intervenção (plano de mitigação) que pode ser replicado a todos os equipamentos de ensino, independentemente do nível de ensino, possibilitando o aumento da resiliência sísmica da comunidade escolar.

Por fim, a comunicação do risco tem por objetivo capacitar com um carácter preventivo a sociedade sobre os riscos a que podem estar sujeitos, quais as medidas de redução desses riscos, e estimular e envolver a população no processo de tomada de decisões relacionadas com o risco. Pretende-se que os materiais resultantes do projeto PERSISTAH, assim como as atividades educativas, sejam veículos para a comunicação do risco dirigidas ao público leigo e a peritos. A comunicação do risco sob a perspetiva da proteção civil será efetuada através da realização de simulacros e exercícios regulares de preparação, para alertar os alunos para o comportamento a ter em situação de emergência.

4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS E CONCLUSÕES

No contexto do projeto PERSISTAH, tem sido possível perceber quais os reais problemas inerentes à avaliação da segurança sísmica de um número elevado de edifícios pertencentes a escolas existentes nas regiões do Algarve e de Huelva. O facto dos edifícios das escolas pertencerem a diferentes épocas de construção, e possuírem diversos sistemas estruturais, aliado à dificuldade em recolher informação detalhada sobre as estruturas dos edifícios, permitiu ter uma visão global dos reais problemas associados à avaliação sísmica de edifícios existentes.

Como foram adotados métodos de análise sísmica não linear no contexto do Eurocódigo 8, também tem sido possível entender com maior detalhe as dificuldades da sua aplicação prática. A experiência mostra que não é uma tarefa fácil, pois facilmente se obtêm resultados muito distintos para as curvas de capacidade, em função do tipo de programa usado na análise, o que exige sólidos conhecimentos de análise estrutural, ou pelo menos a definição de linhas orientadoras muito bem testadas, que sejam ajustadas ao tipo de programa usado na avaliação da segurança.

Um outro problema que tem sido observado, é a grande diferença entre os valores da ação sísmica estabelecidos para o Algarve e para Huelva, e o mesmo acontece

quando comparados os resultados obtidos para diversos cenários de ocorrência de sismos, usando diversas leis de atenuação, tal como pode ser observado nas Fig. 4 e 5. Os valores estipulados na NP EN 1998-1:2010 são muito superiores aos da norma Espanhola, e são também superiores aos obtidos com diversas leis de atenuação, principalmente na gama de valores dos períodos menores, com grande influência nos resultados da verificação de segurança das construções mais rígidas, como é o caso das construções tradicionais em alvenaria resistente.

Parte das diferenças observadas estão associadas às singularidades do estudo das escolas (que são de classe de importância III), a que corresponde um maior período de retorno, facto que não é contemplado noutros regulamentos, como são os casos do RSAEEP e da NSCR-02. Todavia, isso não explica as grandes diferenças observadas entre os resultados obtidos com diferentes leis de atenuação.

Em face dos resultados obtidos, e neste contexto de incerteza, será desejável a realização de mais estudos referentes à definição da ação sísmica a usar na avaliação da segurança das escolas existentes nas regiões do Algarve e de Huelva, designadamente procurando encontrar cenários plausíveis (com sismos de uma determinada magnitude e distância epicentral), que correspondam a eventos com períodos de retorno normalmente associados aos edifícios de classe de importância III, como são o caso das escolas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao programa INTERREG-POCTEP Espanha-Portugal e ao Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) pelo apoio financeiro através do projeto 0313_PERSISTAH_5_P.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Estêvão, J.M.C.; Ferreira, M.A.; Morales-Esteban, A.; Martínez-Álvarez, F.; Fazendeiro-Sá, L.; Requena-García-Cruz, V.; Segovia-Verjel, M.L.; Oliveira, C.S. – "Earthquake resilient schools in Algarve (Portugal) and Huelva (Spain)", Proceedings da 16th European Conference on Earthquake Engineering (16ECEE), Thessaloniki, Greece, 2018, p. 1-11, Paper 11214.
- [2] IPQ – NP EN 1998-1. Eurocódigo 8: Projecto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 1: Regras gerais, acções sísmicas e regras para edifícios., Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal, 2010.
- [3] IPQ – NP EN 1998-3. Eurocódigo 8: Projecto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 3: Avaliação e reabilitação de edifícios., Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal, 2017.
- [4] Estêvão, J.M.C. – "Feasibility of using neural networks to obtain simplified capacity curves for seismic assessment", *Buildings*, Vol. 8 (11), 2018, p. 151.
- [5] NSCR-02 – Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (Real Decreto 997/2002). 2002.
- [6] RSAEEP – 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, E.P., Lisboa, 1983.
- [7] Akkar, S.; Sandikkaya, M.A.; Bommer, J.J. – "Empirical ground-motion models for point- and extended-source crustal earthquake scenarios in Europe and the Middle East", *Bull Earthquake Eng*, Vol. 12 (1), 2014, p. 359-387.
- [8] Ambraseys, N.N.; Douglas, J.; Sarma, S.K.; Smit, P.M. – "Equations for the Estimation of Strong Ground Motions from Shallow Crustal Earthquakes Using Data from Europe and the Middle East: Horizontal Peak Ground Acceleration and Spectral Acceleration", *Bull Earthquake Eng*, Vol. 3 (1), 2005, p. 1-53.

- [9] Pena, J.O.A.; Nunes, J.A.C.; Carrilho, F.J.R. – *Catálogo sísmico de Portugal continental e região adjacente 1961-1969*, Instituto Português do Mar e da Atmosfera, 2014.
- [10] Ramos, A.; Fernández, O.; Terrinha, P.; Muñoz, J.A. – "Neogene to recent contraction and basin inversion along the Nubia-Iberia boundary in SW Iberia", *Tectonics*, Vol. 36 (2), 2017, p. 257-286.
- [11] IM – *Boletim sismológico preliminar do Continente e da Madeira - Abril*, Instituto de Meteorologia, 2003.
- [12] IPQ – *NP EN 1998-5. Eurocódigo 8: Projecto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 5: Fundações, estruturas de suporte e aspectos geotécnicos.*, Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal, 2010.
- [13] Fajfar, P.; Gašperšič, P. – "The N2 method for the seismic damage analysis of RC buildings", *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, Vol. 25 (1), 1996, p. 31-46.
- [14] ATC – *Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings. Volume 1*, Redwood City, Califórnia, ATC-40 report, 1996, p. 341.
- [15] Bisch, P. – "Eurocode 8. Evolution or Revolution?", em *Recent Advances in Earthquake Engineering in Europe: 16th European Conference on Earthquake Engineering-Thessaloniki 2018* Ed. por K. Pitilakis (Ed.), Springer International Publishing, Cham, 2018, p. 639-660.
- [16] Estêvão, J.M.C. – "Utilização do programa EC8spec na avaliação e reforço sísmico de edifícios do Algarve", *Proceedings da 10º Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica*, LREC, Ponta Delgada, Açores, 2016, p. 1-11, CD25.
- [17] Estêvão, J.M.C.; Carvalho, A. – "The role of source and site effects on structural failures due to Azores earthquakes", *Engineering Failure Analysis*, Vol. 56, 2015, p. 429-440.
- [18] Maio, R.; Estêvão, J.M.C.; Ferreira, T.M.; Vicente, R. – "The seismic performance of stone masonry buildings in Faial island and the relevance of implementing effective seismic strengthening policies", *Engineering Structures*, Vol. 141, 2017, p. 41-58.
- [19] DGEEC – *Estatísticas da Educação 2016/2017*, Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência (DGEEC)
- [20] Saúde, A.; Costa, E.; Fernandes, J.J.; Esteves, M.J.; Amaral, M.L.; Almeida, P.; André, T.L. – *Referencial de Educação para o Risco - Educação Pré-Escolar, Ensino Básico (1.º, 2.º e 3.º ciclos) e Ensino Secundário*, Ministério da Educação e Ciência, 2015.