

RISCO SÍSMICO EM ALMADA: DO DIAGNÓSTICO AO PLANEAMENTO E GESTÃO DO RISCO

FILIPE RIBEIRO
LNEC

MARIA L. SOUSA
LNEC

ANTÓNIO A. CORREIA
LNEC

DELTA SILVA
LNEC

ALEXANDRA CARVALHO
LNEC

MARTA VICENTE
LNEC

A. AIRES
CM Almada

A. GODINHO
CM Almada

SUMÁRIO

No âmbito da estratégia de cidade resiliente, a Câmara Municipal de Almada (CMA) solicitou ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) a realização de um estudo de risco sísmico, que visou estabelecer bases científicas para melhorar a estratégia de planeamento e gestão do risco do município, assim como desenvolver uma metodologia de comunicação do risco, com enfoque ao nível da comunidade escolar. Este estudo assentou na adoção de uma metodologia colaborativa, alicerçada num diálogo continuado entre investigadores, técnicos municipais nos domínios do planeamento urbano, proteção civil e outros sectores da sociedade civil. Este artigo pretende descrever o processo de análise do risco sísmico, ao nível da subsecção estatística, que envolveu a aquisição, tratamento e implementação de um grande volume de dados, assim como a sua implementação nas ferramentas de simulação utilizadas. Descrevem-se também as ações de comunicação de risco, realizadas numa lógica de investigação-ação, tendo como população-alvo a comunidade escolar.

ABSTRACT

As part of its resilient city strategy, Almada City Council (CMA) asked the National Laboratory for Civil Engineering (LNEC) to carry out a seismic risk study, which aimed to establish scientific bases for improving the municipality's risk planning and management strategy, as well as developing a risk communication methodology, with a focus on the school community. This study was based on the adoption of a collaborative methodology, based on a continuous dialog between researchers, municipal technicians in the fields of urban planning, civil protection, and other sectors of civil society. This paper aims to describe the process of seismic risk analysis, at the statistical subsection scale, which involved the acquisition, processing, and implementation of a large volume of data, as well as its implementation in the simulation tools used. It also describes the risk communication actions carried out in an action-research approach, targeting the school community.

PALAVRAS-CHAVE: Almada, comunicação do risco, planeamento e gestão da emergência, resiliência, risco sísmico.

1. INTRODUÇÃO

Em 2020, a Câmara Municipal de Almada (CMA) estabeleceu um protocolo com o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) para o desenvolvimento de um estudo do risco sísmico ao nível do município. Este estudo pretende ser uma base para a melhoria da gestão do risco e para a definição da estratégia de reforço e da resiliência sísmica daquele território, apoiando a definição de planos de resposta e emergência e constituindo uma base estratégica para outras ferramentas de gestão urbana e territorial. Além disso, este estudo implementou e demonstrou a aplicabilidade de uma metodologia de comunicação do risco, junto da comunidade escolar, com o objetivo de ser reproduzida, de forma sistemática, pelos serviços da CMA.

Almada é um dos 18 municípios que compõem a Área Metropolitana de Lisboa (AML), situado na margem sul do rio Tejo, exibindo uma extensa frente fluvial e oceânica. Almada tem uma área de 70,21 km² e, de acordo com o Censos 2021, concentra 177.238 habitantes, cerca de 35.000 edifícios e 100.000 alojamentos. Mais de metade da população (95.000) reside na cidade de Almada, sendo esta a área onde a densidade populacional é mais elevada (ver Figura 1).

O estudo adotou uma abordagem multidisciplinar, baseada numa interação regular com os técnicos do município, de modo a cobrir as suas várias vertentes. Por outro lado, para a análise do risco sísmico em Almada, que envolveu a recolha e sistematização de um volume significativo de dados, foi necessário estabelecer parcerias com diversas entidades públicas e privadas, no sentido de caracterizar, com uma resolução ao nível da subsecção estatística, a perigosidade sísmica, para a qual é necessária a caracterização geológico-geotécnica do município, o parque construído e a sua vulnerabilidade, assim como a população residente. Apenas com esta informação devidamente integrada nas ferramentas de simulação é possível a definição de cenários sísmicos e o cálculo das suas consequências, devidamente materializadas em mapas de danos, perdas, população desalojada, entre outros.

Neste artigo pretende-se descrever o processo de aquisição, tratamento e implementação destes dados nas ferramentas de simulação utilizadas.

Numa lógica de investigação-ação, realizaram-se ações de comunicação de risco, baseadas numa metodologia anteriormente desenvolvida pelo LNEC e sucintamente descrita neste artigo, tendo como população-alvo a comunidade escolar. As ações foram dinamizadas, junto da comunidade escolar, por equipas constituídas por investigadores do LNEC e técnicos da CMA.

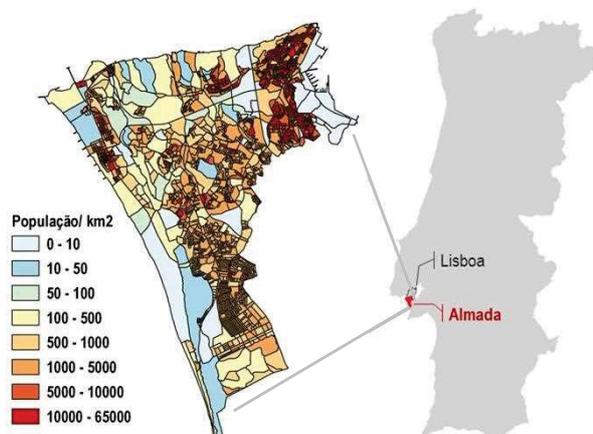


Fig. 1 – Densidade populacional no município de Almada ao nível da subsecção estatística

2. METODOLOGIA

2.1. Análise do risco sísmico

O simulador de cenários sísmicos desenvolvido no LNEC ([1], [2], [3] e [4]) foi utilizado para estudar o impacto, no município de Almada, de cenários sísmicos previamente definidos. Esta ferramenta serve três propósitos principais: (i) planeamento de soluções emergência, providenciando informação sobre danos e perdas esperadas, (ii) gestão de emergência devido à sua capacidade de operar em tempo real, uma vez conhecida a

magnitude e localização de um evento sísmico, e (iii) operar no apoio à tomada de decisão, nomeadamente na formulação de estratégias de redução do risco sísmico, fornecendo uma avaliação do impacto de cenários sísmicos, com uma desagregação geográfica fina e providenciando informação relevante sobre o tipo de solos e de construção onde se observam os danos e perdas mais severos.

O simulador de cenários sísmicos do LNEC é uma ferramenta versátil que possui uma formulação matemática robusta e arquitetura modular. É composto por quatro módulos principais que permitem avaliar: (i) a ação sísmica ao nível do substrato rochoso, (ii) a ação sísmica à superfície, (iii) os danos nos edifícios e (iv) as perdas humanas e económicas. O simulador tem sido continuamente atualizado em termos de dados e procedimentos e está integrado num Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Atualmente é corrente a utilização, a nível mundial, de simuladores de cenários sísmicos para diversos fins. Diversos autores, tais como [5], [6] e [7] realizaram uma revisão do estado da arte sobre estas ferramentas incluindo o simulador do LNEC. A arquitetura geral deste simulador é delineada na Figura 2. Os retângulos desta Figura ilustram os vários módulos computacionais que integram o simulador. Os retângulos contornados a vermelho representam os módulos para os quais foi necessário recolher os dados, específicos para o município de Almada, indicados nos cilindros azuis. Esta tarefa foi realizada estabelecendo contactos com instituições nacionais (e.g., o Instituto Nacional de Estatística, INE, o Laboratório Nacional de Energia e Geologia, LNEG, entre outros), diversas empresas privadas e recorrendo a parcerias com as autoridades do município de Almada.

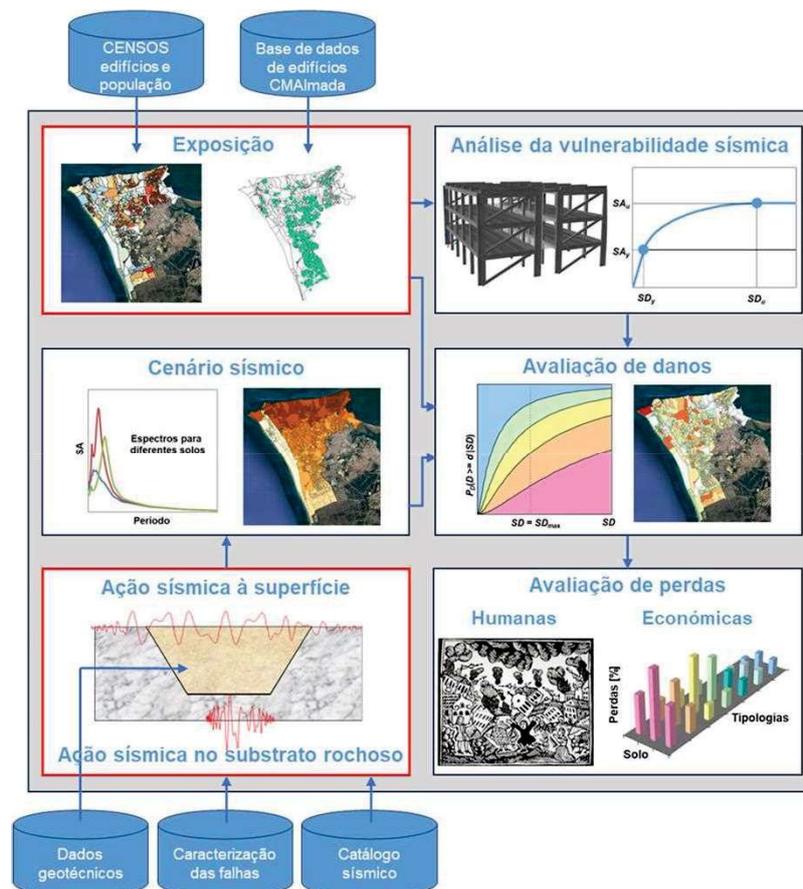


Fig. 2 - Visão geral do procedimento de análise de risco e dos dados necessários (adaptado de [8]).

Para alimentar os módulos computacionais do simulador foi necessário compilar um catálogo sísmico, caracterizar as falhas sísmicas ativas com potencial para afetar a

região, definir um zonamento geotécnico com as características das colunas de solo de cada local, caracterizar a exposição de edifícios e população na região, em função da tipologia construtiva e, por fim, avaliar a sua vulnerabilidade sísmica. Para isto, foi necessário recolher e sistematizar um volume significativo de dados.

No contexto do módulo de ação sísmica, o movimento do solo é simulado utilizando uma metodologia estocástica de falha finita, incorporando parâmetros calibrados por [9]. São considerados efeitos de sítio utilizando um modelo para a propagação vertical de ondas S polarizadas horizontalmente através de camadas de solo [3]. Os solos foram caracterizados geotécnicamente com base num conjunto extenso de sondagens obtidas junto dos serviços da CMA, assim como de várias entidades privadas com responsabilidade na gestão de infraestruturas, promoção imobiliária e empresas de projeto de engenharia.

No módulo de danos, a análise é baseada no método do espectro de capacidade, amplamente divulgado através da metodologia HAZUS [10]. A vulnerabilidade do parque edificado é classificada por meio de curvas de capacidade e de fragilidade, as quais foram atualizadas com base em estudos recentes sobre o comportamento de edifícios de betão armado e de alvenaria típicos do parque edificado nacional [11,12,13].

Finalmente, os módulos de perdas sociais e económicas recorrem à estimativa de danos obtida no módulo anterior, ao conhecimento do número de edifícios e população residente por tipologia construtiva, à área de implantação média de cada tipologia construtiva, ao número de pisos e à proporção entre o número de edifícios uni- e plurifamiliares. Esta proporção constitui informação necessária para estimar o número de desalojados de acordo com a metodologia apresentada em [14]. O número de desalojados depende ainda do número de alojamentos inabitáveis devido a danos estruturais (SD) nos edifícios ou da inoperacionalidade de parte das infraestruturas de abastecimento de água e energia (UTL). A metodologia considera inabitáveis todos os alojamentos localizados em edifícios no estado de dano total. Por outro lado, distingue os habitantes de edifícios unifamiliares dos plurifamiliares, considerando que os primeiros toleram mais facilmente os danos, sendo mais provável que continuem a viver na sua habitação desde que esta não esteja completamente danificada, enquanto os segundos encaram os seus alojamentos como inabitáveis para níveis de dano menos severos. Assim, a avaliação do impacto económico e social resultante de um cenário específico inclui o número de perdas humanas em termos de vítimas mortais e para vários graus de severidade de lesões (adaptados de FEMA e NIBS, 1999), as pessoas desalojadas e a estimativa da área útil de edifícios perdida. As perdas económicas podem ser posteriormente determinadas multiplicando a área útil perdida pelo custo de reposição dos edifícios.

2.2. Comunicação do risco

Os cidadãos e as comunidades locais desempenham um papel relevante na gestão do risco, sendo imperativo capacitá-los com conhecimento sobre o risco e as várias alternativas de proteção. Neste estudo, a comunicação de risco teve como enfoque a comunidade escolar. A par dos objetivos de sensibilização para o risco, esta intervenção visou capacitar os técnicos do Serviço Municipal de Proteção Civil (SMPC) neste domínio. Num formato interativo, investigadores do LNEC e técnicos do SMPC implementaram uma estratégia de comunicação de risco, cujo protocolo havia sido concebido e testado em 2016 no âmbito do projeto europeu KnowRisk [15], no qual o LNEC participou.

A educação para a segurança sísmica falha, muitas vezes, por se alicerçar num desconhecimento sobre o modo como os indivíduos pensam os riscos e decidem proteger-se [16]. Sendo nosso objetivo delinear uma estratégia de comunicação de risco

capaz de vir a estimular a adoção de comportamentos protetivos, tornou-se imperativo considerar, de antemão, o conhecimento acumulado em ciências sociais neste domínio.

Com base numa revisão de literatura, optou-se por delinear o protocolo de comunicação a partir do modelo de [16], [17] e [18]. Este, à semelhança de outros modelos da psicologia social [19], define a ação protetiva como um processo sociocognitivo pelo qual os indivíduos ensaiam comportamentos novos, *i.e.*, comportamentos que não fazem parte do seu repertório quotidiano e que envolvem mudanças cognitivas, planeamento prévio e, muitas vezes, a colaboração de outros. [16], [17] e [18] operacionalizam aquele processo em quatro grandes patamares: a) tomada de *consciência do risco*; b) *diálogo*, com vista à confirmação da ameaça; c) construção de uma *visão realista das consequências* (de um sismo); d) *desenvolvimento de competências* de autoproteção. O protocolo de comunicação de risco foi estruturado em ações dirigidas a cada um dos quatro patamares, na expectativa de que a intervenção favorecesse algum deles. Estas ações distribuem-se por aproximadamente dez momentos de interação entre investigadores, estudantes e professores. A secção 4 detalha cada um destes momentos.

Este protocolo de comunicação de risco tem associado um procedimento de monitorização. Ao permitir o conhecimento dos seus efeitos junto dos grupos-alvo, a monitorização representa uma oportunidade de aprendizagem e de refinamento da estratégia de comunicação adotada. A monitorização alicerça-se numa metodologia experimental [20], com a aplicação de um inquérito, por questionário, antes (*Tempo 0*) e depois (*Tempo 1*) da comunicação de risco. Como é característico destas abordagens metodológicas, o procedimento implicou a constituição de dois grupos: um grupo experimental (*i.e.* alunos abrangidos pela comunicação de risco) e um grupo de controlo (*i.e.* alunos não abrangidos pela comunicação de risco).

A comunicação de risco ocorreu numa escola do município de Almada, a Escola Secundária Monte da Caparica, previamente selecionada pelo município. Para o efeito, foram selecionadas duas turmas, do 7º e do 8º ano de escolaridade, cada uma composta por aproximadamente 25 alunos.

3. ANÁLISE DO RISCO SÍSMICO

3.1. Cenários sísmicos

Sismos históricos, como os de 1344, 1531 e 1909, tiveram origem na falha do Vale Inferior do Tejo (FVIT). Vários estudos recentes analisaram a atividade sísmica neste local, analisando as taxas de atividade sísmica e a distribuição de magnitude para a região. Isso permitiu estimar os intervalos de recorrência para sismos intensos em Portugal continental, especialmente na bacia do Baixo Tejo [21,22]. Em conformidade com [23], os cenários intraplaca considerados neste estudo estão listados na Tabela 1. Na Figura 3 é apresentado, a título ilustrativo, o cenário associado a um período de retorno de 475 anos. A Figura 3a mostra a aceleração máxima no substrato rochoso e a Figura 3b a aceleração máxima à superfície (PGA), considerando os efeitos de sítio.

Tabela 1- Magnitude e períodos de retorno associados a cenários sísmicos intraplaca para o Município de Almada [8].

Cenário	Período de retorno (anos)	Magnitude (M_w)
1	20	5.3
2	50	5.8
3	100	6.1
4	275	6.6
5	475	6.8
6	1100	7.0
7	2200	7.1

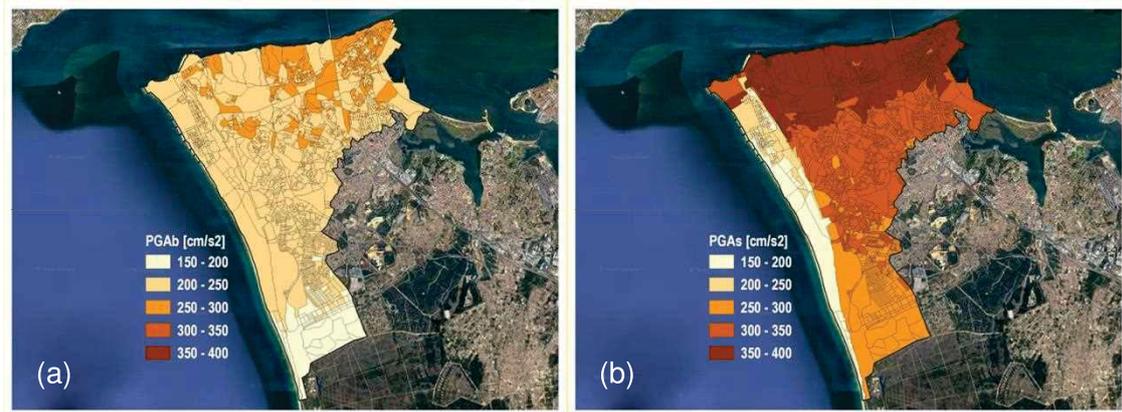


Fig. 3 - Valores de PGA em Almada ao nível do substrato rochoso (a) e à superfície (b), para o cenário sísmico associado a um período de retorno de 475 anos ($M_w = 6,8$).

É possível verificar a elevada amplificação das acelerações decorrentes da propagação vertical nos solos. Além destes cenários, associados a sismos próximos, foram também considerados cenários afastados (sismos com origem no oceano) que não são aqui apresentados.

3.2. Exposição e vulnerabilidade

A Tabela 2 apresenta as variáveis, apuradas nos Censos 2011 e 2021, utilizadas para distribuir os edifícios por classes de vulnerabilidade. É de realçar que os edifícios e a população residente em cada subsecção estatística foram objeto de classificação considerando simultaneamente as três variáveis apresentadas na Tabela 2 (tipo de estrutura, número de pisos e época de construção). Por outras palavras, considerando dez categorias para a variável época de construção, cinco categorias para o tipo estrutural do edifício e sete categorias para o número de pisos, foi possível classificar os edifícios residenciais recenseados nos Censos 2011 num total de 350 tipologias distintas. Estas classes foram agregadas em 49 classes de vulnerabilidade, tendo em consideração as três variáveis acima mencionadas, o conhecimento sobre a evolução das práticas de construção e dos sistemas estruturais utilizados em Portugal, bem como as datas de entrada em vigor da regulamentação sísmo-resistente no país. As categorias sombreadas a cinzento na Tabela 2 são as que diferem nos dois Censos. Como se pode verificar, a variável "tipo de estrutura" do edifício não foi apurada nos Censos 2021. Acresce que, entre os dois recenseamentos, o concelho de Almada sofreu uma reorganização territorial administrativa, em que 11 das suas freguesias passaram a 5 e 2114 das suas subsecções estatísticas passaram a 1727.

Uma vez que a variável "tipo de estrutura" do edifício (não apurada em 2021) é essencial para a classificação da vulnerabilidade dos edifícios, foi desenvolvida, no âmbito deste estudo, uma metodologia para categorizar os edifícios com data de construção anterior a 2011 de acordo com as 350 tipologias de edifícios estabelecidos nos Censos 2011. Desta forma, as áreas geográficas abrangidas pelos Censos 2011 e 2021 foram sobrepostas, resultando em 2 468 subsecções partilhadas por ambos os Censos. De seguida, os edifícios identificados nos Censos 2021 foram distribuídos por proporções idênticas às das tipologias de edifícios dos Censos 2011. Finalmente, os edifícios construídos após 2011, ou seja, os edifícios novos sobre os quais os Censos 2021 não especificam a tipologia, foram distribuídos seguindo as estatísticas de construção de 2001 a 2011. Assim, optou-se por classificar 10% do parque habitacional como edifícios de alvenaria com pavimentos de betão armado, enquanto os restantes 90% foram classificados como edifícios de betão armado, mantendo o número de pisos apurado no Censos 2021.

A Figura 4a) ilustra a distribuição do número de edifícios em função do seu tipo estrutural e da época de construção conforme foram apurados nos Censos 2011 e estimados, pelo método atrás indicado, para o Censos 2021. Assim, tal como em 2011, em 2021 o tipo estrutural predominante para os edifícios construídos após 1960 é o betão armado (RC). Em contrapartida, os edifícios mais antigos, construídos antes de 1919, têm como tipo estrutural predominante a alvenaria sem pavimentos de betão armado (ASP). Atualmente, ainda existe uma percentagem considerável de edifícios de alvenaria com pavimentos de betão armado (ACP). Considerando que a maioria dos edifícios no concelho de Almada foram projetados e construídos antes da entrada em vigor da regulamentação sismo-resistente de 1983, e especialmente, que quase 20% dos edifícios existentes datam de uma época anterior à introdução do primeiro regulamento de 1958, torna-se claro que perto de 70% do parque edificado carece de dimensionamento sismo-resistente adequado, tal como ilustrado na Figura 4b. Além disso, mais de 65% da população reside em edifícios que podem ser considerados vulneráveis, tal como se observa na Figura 4c. Saliente-se que não se pode garantir que os edifícios construídos após a aplicação dos códigos modernos tenham cumprido rigorosamente as respetivas prescrições de dimensionamento e construção [4], o que poderá agravar ainda mais a vulnerabilidade sísmica.

Tabela 2. Variáveis e classes para a classificação dos edifícios nos Censos 2011 e 2021 [8]

Censos 2011			Censos 2021	
Tipo de estrutura do edifício	Nº. pisos	Época de construção	Nº. pisos	Época de construção
Betão armado (RC)		Antes de 1919	1	Antes de 1919
Paredes de alvenaria com placa (ACP)	1	1919 - 1945	2	1919 - 1945
	2	1945 - 1960	3	1946 - 1960
Paredes de alvenaria sem placa (ASP)	3	1961 - 1970	4	1961 - 1980
	4	1971 - 1980	+ 5	1981 - 1990
Paredes de adobe ou de alvenaria de pedra solta (AAPS)	5 a 8	1981 - 1990		1991 - 2000
	8 a 15	1991 - 1995		2001 - 2005
Outros (metálica, madeira)	+ 15	1996 - 2000		2006 - 2011
		2001 - 2005		2011 - 2015
		2006 - 2011		2016 - 2021

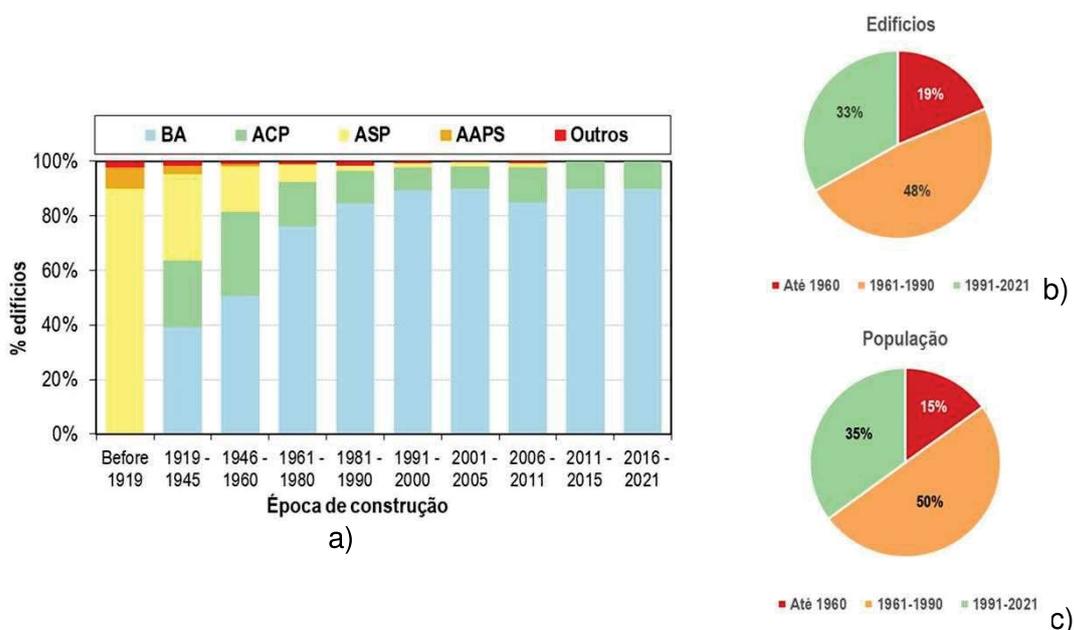


Fig. 4 - a) Percentagem de edifícios por tipo de estrutura em função da época de construção; b) e c) respetivamente, distribuição dos edifícios e dos habitantes em função das datas de entrada em vigor da regulamentação sismo-resistente em Portugal [8].

3.3. Danos e perdas

A Figura 5 serve como exemplo ilustrativo das consequências de um evento sísmico de magnitude M_w 6,8 ocorrido na FVIT, com o potencial de afetar o concelho de Almada. A Figura 5a apresenta uma representação qualitativa da incidência de danos totais em edifícios (colapso total e parcial), normalizada pelo número total de edifícios em cada subsecção estatística do município. A figura ilustra ainda a localização de pontos vitais relevantes para o município de Almada, designadamente quartéis de bombeiros, forças de segurança, equipamentos de proteção civil e as empresas abrangidas pela diretiva SEVESO. As vias de acesso a estes pontos vitais poderão ficar obstruídas por destroços resultantes do colapso de edifícios, em particular se as referidas vias forem de largura reduzida. A representação geográfica facilita a identificação das regiões que sofrem o maior impacto de um evento sísmico no concelho de Almada. Verifica-se que as regiões com os maiores danos se localizam na região noroeste do concelho, na vizinhança do rio Tejo, onde os solos existentes amplificam a ação sísmica à superfície e predominam edifícios antigos. No entanto a densidade populacional nesta região não é muito elevada.

A Figura 5b) apresenta a percentagem de desalojados decorrentes de danos estruturais considerando que cerca de 1% das infraestruturas de água e eletricidade ficariam inoperacionais. Sabe-se que no caso dos sismos da Turquia de fevereiro de 2023, perto de 1,6% das infraestruturas terão ficado inoperacionais [14]. Este valor deverá ser calibrado com base em danos reais em infraestruturas decorrentes de sismos que afetem redes de infraestruturas semelhantes às existentes no município de Almada. Resultados como os aqui apresentados, relativos aos danos em edifícios, podem facilmente ser transformados em perdas económicas uma vez conhecido o valor médio do m^2 de cada tipologia construtiva. Estes resultados contribuem para a formulação de estratégias de mitigação, identificam áreas com maior risco, permitindo delinear as prioridades de intervenção, bem como informar sobre iniciativas de preparação e planeamento da emergência.



Fig. 5 – Exemplos de mapeamento de danos, em termos da percentagem de colapsos em edifícios (a) e percentagem de desalojados devidos à ocorrência de danos estruturais em edifícios e à inoperacionalidade das infraestruturas de abastecimento (b), para um evento sísmico de magnitude M_w 6,8.

4. COMUNICAÇÃO DO RISCO

Como referido na secção 2.2, este estudo incluiu uma estratégia de comunicação de risco numa escola do concelho de Almada, a Escola Secundária do Monte da Caparica. Esta intervenção decorreu entre fevereiro e junho de 2023 e incidiu em duas turmas, uma do 7º ano e outra do 8º ano de escolaridade, cada uma com aproximadamente 25 alunos com idades compreendidas entre os 12 e os 15 anos (grupo experimental). Além

destas duas turmas, selecionaram-se outras duas dos mesmos anos de escolaridade para grupo de controlo.

A Figura 6 apresenta o fluxo de ações que compõem a estratégia de comunicação de risco, organizadas segundo os quatro patamares do modelo de [16], [17] e [18]. A interação entre a equipa do LNEC e os estudantes decorreu ao longo de 10 encontros por turma, culminando com um evento em que estes alunos partilharam a sua experiência com outras turmas da escola.

A intervenção teve início com a aplicação de um questionário, seguida das sessões 1 e 2. Estas tiveram dois objetivos: i) estimular a consciencialização do risco através da divulgação de informação científica sobre o risco sísmico, a sua incidência na área metropolitana de Lisboa e em Almada e ii) apresentar as várias alternativas de redução do risco e de proteção sísmica. A sessão 3 visou fomentar o diálogo entre cientistas e estudantes. Organizou-se uma visita ao LNEC onde os alunos tiveram a oportunidade de conhecer a mesa sísmica do LNEC e a investigação experimental sobre a resistência sísmica de edifícios que o Laboratório faz.

Esta e outras atividades, realizadas no *campus* do LNEC, permitiram aos alunos consolidar a informação recebida e esclarecer dúvidas. A sessão 4 visou estimular os estudantes a formar uma visão realista das consequências, em caso de sismo. Como refere [16], os indivíduos precisam de construir uma imagem mental daquilo que pode acontecer em seu redor, nomeadamente em sua casa, para tomarem decisões relativamente ao modo como se proteger.

Operacionalizou-se este objetivo estimulando os alunos, a partir de recursos multimédia, a pensar nos efeitos de um sismo no seu quarto/interior da habitação.

As três sessões seguintes (5 a 7, Figura 6) visaram o desenvolvimento de competências em matéria de autoproteção. Pretendeu-se consolidar conhecimentos sobre proteção sísmica não-estrutural e estimular o desenvolvimento de crenças favoráveis à sua implementação. Para o efeito, simulou-se uma abordagem experimental em sala de aula. Utilizaram-se duas maquetes de uma habitação, à escala 1/10, e desafiaram-se os alunos a terminarem a sua construção, compondo cada divisão com o mobiliário específico da mesma. De seguida, avaliou-se as consequências da disposição do mobiliário escolhida para cada divisão, com recurso à simulação de um sismo em plataforma previamente concebida para o efeito.

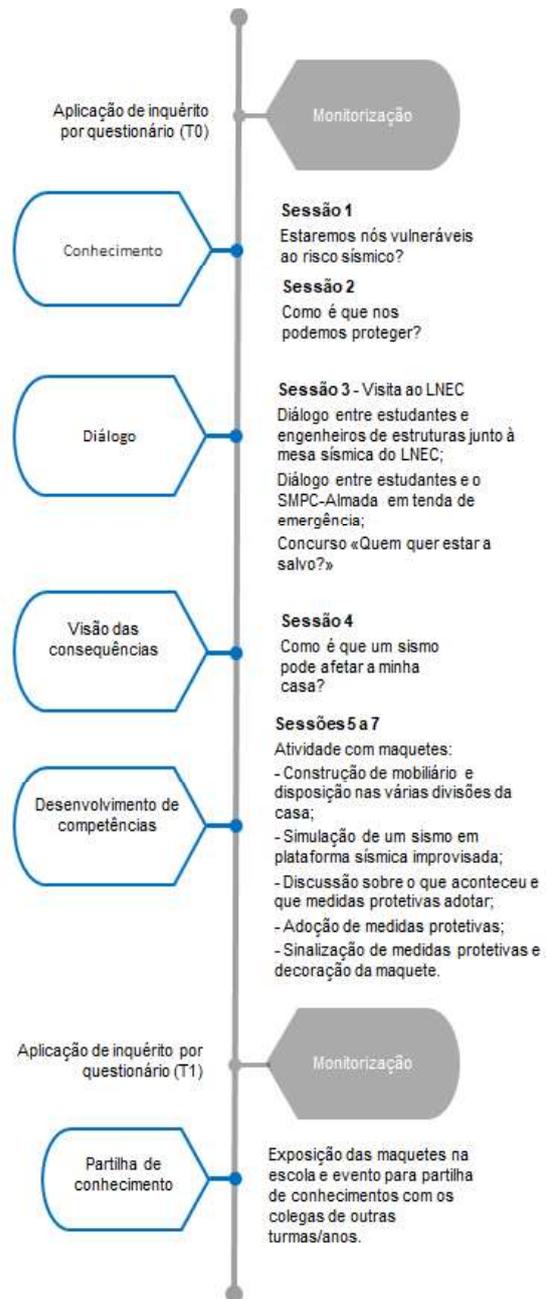


Fig. 6 - Protocolo de comunicação do risco.

Este ensaio foi um pretexto para uma discussão com os alunos sobre as vulnerabilidades e as medidas de proteção não-estrutural a adotar (ver Figuras 7 e 8). Após esta discussão, os alunos voltaram para a sua maquete, aplicando e sinalizando as medidas protetivas.



Fig. 7 – Debate em torno de maquetes de uma casa.



Fig. 8 – Partilha de conhecimento entre alunos.

Esta atividade terminou com uma discussão, dinamizada pelos técnicos da Proteção Civil (Figura 7), sobre as ações de preparação para a emergência que cabem ao cidadão implementar. Aproximadamente dois meses após esta atividade, aplicou-se o questionário T1 e organizou-se, como referido, uma exposição onde os alunos partilharam a sua experiência com a comunidade escolar (Figura 8).

Como se pode verificar pela descrição anterior, esta estratégia de comunicação de risco assenta em dois princípios fundamentais: *envolvimento* e *tempo*. Como referido anteriormente, a ação protetiva implica de antemão a existência de uma pré-disposição para adotar comportamentos que não fazem parte do reportório quotidiano dos sujeitos. Esta é uma mudança que não é nem imediata nem linear. Exige tempo porque pressupõe que os indivíduos alterem a sua perceção do risco, o modo como equacionam a sua própria vulnerabilidade, e que acreditem na eficácia das medidas protetivas. Muito dificilmente se consegue uma mudança deste teor por via de estratégias fugazes e despersonalizadas, sobretudo quando o objeto de comunicação é o risco sísmico, enquadrado na região de Lisboa. Neste contexto, o perigo possui períodos de recorrência elevados, uma especificidade geofísica que, em termos sociais, torna a perceção do risco permeável à indiferença, a atitudes passivas ou até de negação do risco, todas elas difíceis de contrariar [24].

5. CONCLUSÕES

As várias componentes do estudo de avaliação e comunicação do risco implementado em Almada permitiram aumentar a resiliência do município face ao risco sísmico. A estratégia assentou, em primeiro lugar, no aumento do conhecimento sobre o risco sísmico do território, obtendo-se dados quantitativos para a sua mitigação, quer do ponto de vista do planeamento de emergência, quer da gestão urbanística ou de futuras intervenções de reforço estrutural. Em segundo lugar, o estudo permitiu o desenvolvimento de uma metodologia de comunicação de risco junto da comunidade escolar. O conjunto de ferramentas desenvolvidas foram disponibilizadas à Câmara Municipal de Almada para a gestão e mitigação do risco, podendo ser utilizadas e implementadas de forma contínua e autónoma pelas entidades locais, não obstante o apoio que o LNEC poderá prestar num futuro próximo.

O grande volume de dados que foi necessário recolher e sistematizar no âmbito da avaliação do risco sísmico a uma escala bastante refinada, como é o caso da subsecção estatística, implicou um esforço significativo e o estabelecimento de parcerias com diversas entidades públicas e privadas. Nesse domínio foram sentidas dificuldades ao nível da aquisição de dados e da integração da informação disponível nas entidades públicas e privadas envolvidas no estudo. As dificuldades são particularmente evidentes nos seguintes aspetos: (i) falta e/ou dispersão de dados sobre edifícios e população, uma vez que a informação se encontra usualmente dispersa em várias plataformas e

serviços públicos, não sendo fácil obter e sistematizar dados para serem utilizados num estudo de avaliação de risco; (ii) falta de interligação entre as entidades públicas e o sector privado, em particular as empresas de construção civil, responsáveis pela construção do parque edificado local, em especial de infraestruturas de maior dimensão; estas empresas podem ser úteis, como se veio a comprovar neste estudo, na partilha de dados que podem não ter sido partilhados com as entidades públicas aquando do seu licenciamento; o LNEC desenvolveu estes contactos durante a execução deste projeto, mas deverá ser implementado um procedimento mais eficaz para futuros estudos de maior escala; e (iii) falta de dados georreferenciados das condições geológico-geotécnicas, apesar da existência de estudos efetuados no concelho.

Estas dificuldades têm motivado o LNEC a desenvolver soluções para que os estudos de risco sísmico a realizar futuramente, em particular estudos à escala regional e/ou nacional, cujo volume de dados é superior ao volume de dados deste estudo, possam ser implementados de forma mais rápida e eficaz. Neste sentido, o LNEC tem vindo a desenvolver uma plataforma integrada dedicada à avaliação de redes de edifícios e transportes expostas a riscos múltiplos, por exemplo risco sísmico e de tsunamis. A abordagem desta plataforma integrada consiste em envolver uma série de partes interessadas, nomeadamente decisores políticos, serviços de emergência e de proteção civil, a fim de alinhar a atividade de investigação com as necessidades das aplicações sectoriais. A plataforma web que faz a interface com as partes interessadas, permite a estes utilizadores armazenar os seus próprios conjuntos de dados de ativos expostos e condicionantes locais, em atualização constante ao longo do tempo, bem como aceder e descarregar resultados de simulações baseadas em cenários de risco. Esta plataforma, que deverá estar disponível brevemente, permite a identificação de cenários de risco críticos e disponibiliza mapas integrados que são particularmente úteis para efeitos de redução e gestão do risco de catástrofes.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Câmara Municipal de Almada, bem como a colaboração de todas as entidades públicas e privadas que disponibilizaram dados e tornaram possível a análise do risco sísmico. Os autores agradecem à Dra. Anabela Martins, do LNEC, pelo seu apoio na utilização do simulador de cenários sísmicos.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Campos Costa, A., Sousa, M.L., Carvalho, A., Coelho, E. (2010). Evaluation of seismic risk and mitigation strategies for the existing building stock: application of LNECloss to the Metropolitan Area of Lisbon. *Bulletin of Earthquake Engineering (BEE)*, vol. 8, pp. 119–134, Springer.
- [2] Sousa, M.L., Afonso, N., Matos, J. (2008). Simulation of Seismic Scenarios in a WebGIS Environment. Application to Azores Islands. *Proceedings of the 14th WCEE, Beijing, China*.
- [3] Sousa, M.L., Carvalho, A., Bilé Serra, J., Martins, A. (2010). Simulation of seismic scenarios in Algarve region. *Proceedings of the 14th European Conference on Earthquake Engineering, Ohrid, North Macedonia*.
- [4] Sousa, M.L., Campos Costa, A. (2016). Evolution of earthquake losses in Portuguese residential building stock. *Bulletin of Earthquake Engineering*. DOI 10.1007/s10518-015-9809-z. Springer.
- [5] Andreadakis, I., Proietti, C., Fonio, C., Annunziato, A. (2017). Seismic risk assessment tools workshop. *Publications Office of the European Union, Luxembourg*.
- [6] Guérin-Marthe, S., Gehl, P., Negulescu, C., Auclair, S., Fayjaloun, R. (2020). Rapid earthquake response: The state-of-the art and recommendations with a focus on

- European systems. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Elsevier, 52, pp.101958.
- [7] Makhoul, S.A., Argyroudis, S. (2018). Loss estimation software: developments, limitations and future needs. *Proceedings of the 16th European Conference Earthquake Engineering*.
- [8] Ribeiro, F., Sousa, M.L., Silva, D.S., Carvalho, A., Vicente, M., Correia, A.A. (2024). Increasing earthquake resilience in Almada, Portugal, through public partnerships. *Proceedings of the 18th World Conference on Earthquake Engineering*, Milan, Italy.
- [9] Carvalho, A.; Zonno, G.; Franceschina, G.; Serra, J.B.; Costa, A. (2008). Earthquake shaking scenarios for the metropolitan area of Lisbon. *Soil Dyn. Earthq. Eng.* 28, 347–364.
- [10] FEMA and NIBS, (1999). *Earthquake loss estimation methodology – HAZUS 99*. Federal Emergency Management Agency and National Institute of Buildings Sciences, Washington DC.
- [11] Sousa, R., Campos Costa, A., Costa, A. (2019). *Metodologia para a Avaliação da Segurança Sísmica de Edifícios Existentes Baseada em Análises de Fiabilidade Estrutural - Edifícios de betão armado*. Relatório LNEC 81/2019.
- [12] Bernardo, V., Campos Costa, A., Costa, A., Catarino, J.M., Candeias, P. (2020). Métodos expeditos para avaliação sísmica de edifícios de alvenaria com pavimentos rígidos. *Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas*. Ed. LNEC. Série III. n.º 14.
- [13] Bernardo, V., Campos Costa, A., Costa, A., Catarino, J.M., Candeias, P. (2021). Métodos expeditos para avaliação sísmica de edifícios de alvenaria com pavimentos flexíveis. *Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas*. Ed. LNEC. Série III. n.º 16.
- [14] GFDRR (2023). *Global Rapid Post-Disaster Damage Estimation (GRADE) Report. Mw 7.8 Türkiye-Syria Earthquake – Assessment of the Impact on Syria: (Results as of February 20, 2023)*. World Bank Gpurl D-Ras Team.
- [15] Silva, D.S., Musacchio, G., Vicente, M., Crescimbene, M., Pereira, A., Pino, A. (2018). *Social impact assessment report: how far was risk communication in terms of attitudinal change towards earthquake risk and non-structural protection?*, Deliverable 5, Task E, KnowRisk Project.
- [16] Becker J.S., Paton D., Johnston D.M., Ronan k. R. (2012a). A model of household preparedness for earthquakes: how individuals make meaning of earthquake information and how this influences preparedness, *Natural Hazards*, 64 (1), 107-137.
- [17] Becker J.S., Paton D., Johnston D.M., Ronan k. R. (2012b). How people use earthquake information and its influence on household preparedness in New Zealand, *J. of Civil Eng. and Architecture*, 6(6), 673-681.
- [18] Becker J.S., Paton D., Johnston D.M., Ronan k. R. (2013). Salient beliefs about earthquake hazards and household preparedness, *Risk Analysis*, 33 (9), 1710-1727.
- [19] Weinstein, N. (1988) *The Precaution Adoption Process*. *Health Psychology* 7 (4) pp 355-386.
- [20] Bryman, A. (2004). *Social Research Methods*. Oxford University Press, Oxford, U.K.
- [21] Campos Costa, A., Carvalho A. (2015). *Impact of Seismicity Assumptions on Seismic Hazard for Portugal Mainland; LNEC—Proc. 0305/121/19265; Report 20/2015—DE/NESDE; LNEC: Lisbon, Portugal*.
- [22] Carvalho, A., Malfeito, N. (2016). Recurrence interval for great earthquakes in mainland Portugal: a critical overview. *Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas, Série III, N°2*. (In Portuguese).
- [23] Ribeiro, F., Candeias, P., Correia, A.A, Carvalho, A., Campos Costa, A. (2022). Risk and Resilience Assessment of Lisbon’s School Buildings Based on Seismic Scenarios. *Appl. Sci.* 12 8570.
- [24] McClure, J., Allen, M. W., Walkey, F. (2001). Countering fatalism: causal information in news reports affects judgments about earthquakes damage, *Basic and Applied Social Psychology*, 23 (2), 109-121.