



---

# ESTUDO DE AVALIAÇÃO DE RISCOS SISMICO E DE TSUNAMI NO CONCELHO DE OEIRAS

Relatório Não Técnico

Março de 2021

Elaborado por:

**SOCARTO**  
MAPPING SINCE 1977



Instituto de Geografia  
e Ordenamento do Território  
UNIVERSIDADE DE LISBOA



**TÉCNICO**  
LISBOA

Para:

  
**OEIRAS**  
VALLEY  
PORTUGAL

MUNICÍPIO OEIRAS

## INDÍCE

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	RISCO SÍSMICO .....	2
2.1.	IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA SISMICIDADE REGIONAL .....	2
2.2.	PERIGOSIDADE SÍSMICA NO CONCELHO DE OEIRAS .....	3
2.3.	EXPOSIÇÃO E VULNERABILIDADE NO CONCELHO DE OEIRAS .....	6
2.3.1.	População.....	6
2.3.2.	Edificado.....	6
2.3.3.	Infraestruturas .....	7
3.	RISCO DE TSUNAMI .....	11
3.1.	PERIGOSIDADE DE TSUNAMI NO CONCELHO DE OEIRAS.....	11
3.2.	EXPOSIÇÃO E VULNERABILIDADE NO CONCELHO DE OEIRAS .....	14
3.2.1.	População.....	14
3.2.2.	Edificado.....	15
3.2.3.	Infraestruturas .....	16
4.	CONCLUSÕES .....	17
4.1.	ESTRATÉGIA DE EVACUAÇÃO.....	17
4.2.	PROPOSTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS/MITIGADORAS .....	18
4.2.1.	Medidas para a redução da exposição .....	18
4.2.2.	Propostas de medidas preventivas/mitigadoras .....	19

## INFORMAÇÃO DO DOCUMENTO E REVISÕES

<b>Projeto</b>	Estudo de Avaliação de Riscos Sísmico e de Tsunami no Concelho de Oeiras
<b>Coordenação</b>	Nelson Mileu
<b>Equipa</b>	Ana Paula Falcão; Ângela Santos; João Fonseca; Jorge Proença; Luís Guerreiro; Margarida Queirós; Susana Vilanova
<b>Data de início da fase</b>	25-03-2020
<b>Data de fim da fase</b>	25-03-2021

<b>Versão</b>	<b>Data</b>	<b>Autores</b>	<b>Notas</b>
<b>1.0</b>	19-03-2021	Ana Paula Falcão; Ângela Santos; João Fonseca; Jorge Proença; Luís Guerreiro; Margarida Queirós; Nelson Mileu; Susana Vilanova	Versão inicial
<b>2.0</b>	05-04-2021	Ana Paula Falcão; Ângela Santos; João Fonseca; Jorge Proença; Luís Guerreiro; Margarida Queirós; Nelson Mileu; Susana Vilanova	Versão alterada de acordo com as notas do email de 5.4.2021 da C.M.O.

## APROVAÇÃO DO DOCUMENTO

<b>Responsável</b>	<b>Data</b>	<b>Assinatura</b>
Nelson Mileu	19-03-2021	

# 1. INTRODUÇÃO

O Contrato Social, base política do Estado moderno, atribui aos órgãos estatais a incumbência de zelar pela segurança dos cidadãos quando expostos a calamidades como guerra, epidemias ou desastres naturais. No que aos desastres naturais diz respeito, os riscos são múltiplos e inerentes à condição humana: na medida em que as atividades humanas se desenvolvem em interação com fenómenos naturais, não é viável eliminar totalmente a exposição a fenómenos adversos como cheias, fogos florestais ou sismos. A mitigação eficaz dessa exposição deve ter como ponto de partida a quantificação do risco associado a cada tipo de fenómeno adverso.

Neste contexto, entende-se por **risco** a probabilidade de que os danos causados pelo fenómeno excedam um dado valor, durante um determinado intervalo de tempo (por exemplo, nos próximos 50 anos). A comparação entre riscos associados a diferentes fenómenos (sismos, tsunamis, cheias, entre outros) pode fazer-se fixando valores de referência para a **probabilidade de excedência** e para o período de exposição (por exemplo, 10% em 50 anos), e calculando os danos correspondentes a cada tipo de fenómeno. Esta será uma base adequada para a tomada de decisão sobre as decisões (os investimentos) a realizar na mitigação de cada risco.

Tendo presente as prioridades de ação definidas na Estratégia de Sendai para a Redução do Risco de Catástrofes 2015-2030, o “Estudo de Avaliação de Riscos Sísmico e de Tsunami no Concelho de Oeiras”, promovido pela Câmara Municipal de Oeiras, constitui um avanço significativo na compreensão clara do risco sísmico e de tsunami em todas as suas dimensões de vulnerabilidade e exposição de pessoas e bens e de características dos perigos. Este conhecimento pode ser aproveitado para: (i) realizar uma avaliação de riscos pré-catástrofe, e (ii) desenvolvimento e implementação da preparação adequada e resposta eficaz a catástrofes pela proteção civil municipal e autoridade nacional de emergência e proteção civil.

O presente documento consiste num Resumo Não Técnico e serve de suporte à divulgação pública do “Estudo de Avaliação de Riscos Sísmico e de Tsunami no Concelho de Oeiras”. A sua leitura permite identificar quais as áreas de maior perigosidade e vulnerabilidade ao risco sísmico e de tsunami. Neste resumo serão efetuadas algumas simplificações que visam uma interpretação mais fácil e intuitiva dos resultados do estudo.

Este documento encontra-se organizado em 3 pontos: Avaliação do Risco Sísmico, Avaliação do Risco de Tsunami e Conclusões. Nas conclusões apresenta-se a estratégia de evacuação e a proposta de medidas preventivas/mitigadoras para os riscos estudados: sísmico e de tsunami.

## 2. RISCO SÍSMICO

### 2.1. IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA SISMICIDADE REGIONAL

O Concelho de Oeiras localiza-se no interior da placa tectónica Euroasiática, na região da Bacia Lusitaniana e Vale do Tejo, caracterizada por uma sismicidade moderada. A região encontra-se ainda sob influência da sismicidade de magnitude muito elevada ( $M \sim 8$ ) com origem na fronteira de placas Açores-Gibraltar. A falha comprovadamente ativa mais próxima localiza-se no Vale Inferior do Tejo. Esta estrutura é capaz de gerar sismos de magnitude moderada a elevada ( $M6-7$ ) e encontra-se mapeada desde a zona do Entroncamento até à zona Vila Franca de Xira (Figura 1a). Existem falhas mapeadas no Concelho que poderão ser ativas, mas não se encontram estudadas até à data (Figura 1b). A estrutura mais proeminente atravessa a Ribeira da Laje e mostra indícios de deformação recente no curso do rio. Estudos de paleosismologia e tectónica ativa seriam fundamentais para compreender o grau de atividade desta estrutura (Figura 1c). Os dados de geodesia espacial e de análise de interferogramas de imagens de satélite com a técnica de PSInSAR mostram indícios de significativa deformação da crosta na região de Oeiras.

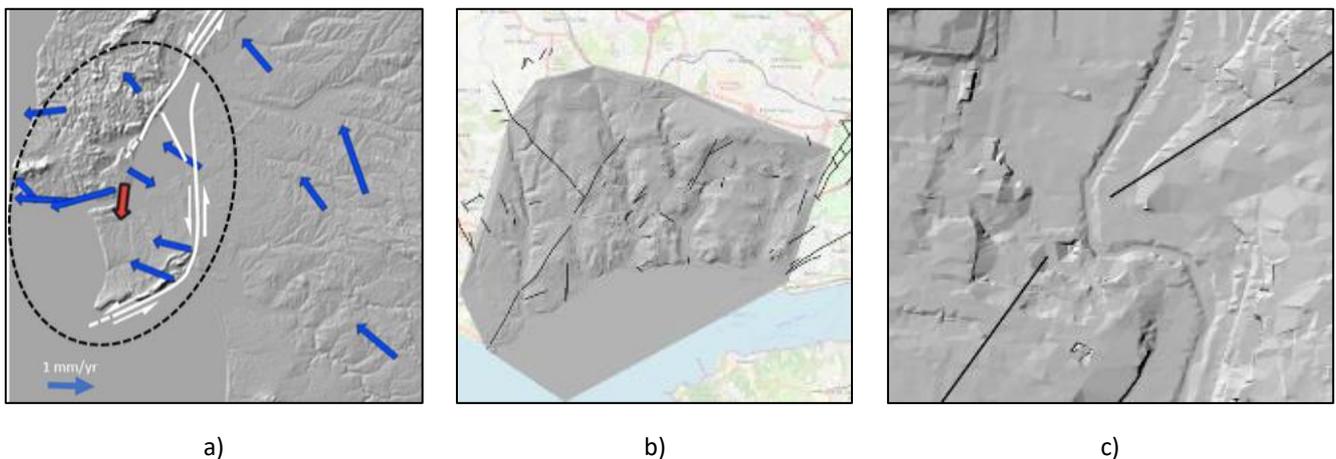


Figura 1 – a) Velocidades horizontais médias dos pontos de observação geodésica GNSS nos arredores de Oeiras, indiciando deformação da crosta (resultados preliminares). A seta a vermelho indica a média das velocidades dos pontos no interior da elipse a tracejado, em relação aos pontos no seu exterior. As linhas a branco mostram o modelo neotectónico proposto por Vilanova e Fonseca (2004). Processamento de dados GNSS: J. Fernandez (CSIC/UCM, Madrid) e M. Palano (INGV, Catania); b) Modelo digital do terreno da região de estudo, e falhas geológicas mapeadas na Carta Geológica 1:50.000; c) Detalhe da possível deformação na Ribeira da Laje, associada à presença de uma falha ativa.

## 2.2. PERIGOSIDADE SÍSMICA NO CONCELHO DE OEIRAS

O cálculo probabilístico da perigosidade sísmica num dado local consiste na determinação da intensidade de vibração do solo que, num dado intervalo de tempo, pode ser excedido com uma dada probabilidade. Neste estudo adotam-se os valores de referência do código europeu de projeto de estruturas para resistência aos sismos, o Eurocódigo 8 (NP EN 1998-1:2010+AN) que, em edifícios correntes, são de 10% de probabilidade de excedência num período de exposição de 50 anos. Dentro de condições bastante gerais, é equivalente recorrer ao conceito estatístico de **período de retorno**: se um dado nível de intensidade de vibração tem a probabilidade de 10% de ser excedido em 50 anos, diz-se que tem o período de retorno de 475 anos. O uso do termo “período” não implica que as ocorrências se repitam periodicamente de forma regular. Só ao fim de um tempo de observação infinito se verificaria que o intervalo médio entre ocorrências consecutivas tomaria o valor do período de retorno.

Em alternativa ao cálculo probabilístico da perigosidade, é por vezes útil proceder à análise determinística, que recorre ao conceito de cenário: se ocorrer um fenómeno com certas características particulares, quais serão os danos sofridos? Para estruturas particularmente melindrosas como centrais nucleares ou barragens, é frequente considerar-se o **piores cenário**. Ao invés, na análise probabilística são considerados todos os cenários plausíveis, sendo a contribuição de cada cenário “pesada” pela sua probabilidade de ocorrência. Uma vez feita a análise probabilística, o procedimento designado por desagregação permite investigar quais os cenários de ocorrência (que magnitudes, a que distâncias) que mais contribuem para a perigosidade do local, e quantificar essas contribuições.

Para o projeto de estruturas correntes como edifícios de habitação, não é economicamente viável levar em consideração o pior cenário, pelo que se tem em conta a tolerância societal ao risco. Nos regulamentos europeus de projeto de estruturas para resistência aos sismos, essas considerações levaram a que se adotasse o período de retorno de 475 anos (ou, equivalentemente, a probabilidade de excedência de 10% em 50 anos), como referência. No projeto de edifícios mais vulneráveis ou críticos (escolas, hospitais, quartéis de bombeiros, etc.), em que a tolerância ao risco é menor, adotam-se períodos de retorno mais longos, ou seja, probabilidades de excedência mais baixas.

A medida usada para a intensidade da vibração do solo é a aceleração de pico (PGA, da designação inglesa “peak ground acceleration”). Adicionalmente, considerou-se também a **aceleração espectral** para diferentes períodos de vibração, conceito usado no projeto de estruturas para resistência aos sismos.

No estudo probabilístico efetuado para o concelho de Oeiras foi utilizado o modelo de fontes sísmicas desenvolvido para o projeto Europeu SHARE, que inclui a sismicidade intraplaca e a sismicidade com génese na fronteira de placas. A atenuação das ondas sísmicas com a distância foi tratada segundo o mais atual conhecimento científico. Foram considerados quatro modelos de propagação das ondas, provenientes da literatura para diversos ambientes tectónicos, ponderados de acordo com a sua capacidade de reproduzir os registos sísmicos regionais. As amplificações locais

devidas à presença de sedimentos pouco consolidados foram incorporadas através de um modelo baseado na geologia superficial e em sondagens geofísicas pré-existentes.

Os mapas de perigosidade sísmica apresentados na Figura 2 mostram em cada local do Concelho de Oeiras a aceleração de pico do solo (PGA) com probabilidades de excedência de 10% em 50 anos (período de retorno de 475 anos). Adicionalmente, foram calculados mapas semelhantes para probabilidades de excedência de 18,6%, 5,9% e 3,8% em 50 anos (períodos de retorno de 243 anos, 821 anos e 1303 anos, respetivamente), relevantes para o projeto de estruturas de crescente importância para resistência aos sismos.

Os resultados mostram que existe uma probabilidade de 10% de que uma aceleração de pico de aproximadamente 0,3g (onde g é a aceleração da gravidade,  $9,8 \text{ ms}^{-2}$ ) seja excedida nos próximos 50 anos, nos locais sem acumulação de sedimentos pouco consolidados. Nos locais onde esses sedimentos estão presentes (vales de antigas ribeiras, zonas de praia, aterros) ocorrem amplificações que atingem um fator máximo de cerca de 1,4, o que se traduz em acelerações de pico da ordem dos 0,4g. Diminuindo a probabilidade de excedência (menor tolerância) obtêm-se naturalmente valores de aceleração mais elevados: por exemplo, para uma probabilidade de excedência de 3,8% em 50 anos obtêm-se 0,6g como aceleração de pico do solo.

A desagregação da perigosidade (tomando como referência o período de retorno regulamentar de 475 anos para construções correntes) indica que o cenário de sismo próximo e fraco a moderado (magnitude 4,75 a menos de 10km de distância) é o que mais contribui para a perigosidade no Concelho de Oeiras. Com base nessa análise, foi efetuado o cálculo determinista da perigosidade sísmica para esse cenário. Adicionalmente, tendo em conta a sismicidade histórica da região, foi feita a análise determinista para os cenários de um sismo de magnitude 6,5 com epicentro a 50 km de Oeiras (do tipo do sismo de Benavente de 1909), e de um sismo de magnitude 8,5 com epicentro a 240km de Oeiras (do tipo do terramoto de 1755).

Além dos danos causados diretamente pela vibração do solo, os sismos podem desencadear deslizamentos de taludes ou, em condições geológicas muito particulares, liquefação dos terrenos onde estão as fundações dos edifícios (Figura 3a). Seguiu-se a metodologia HAZUS para quantificar a suscetibilidades a ambos os fenómenos no Concelho de Oeiras. A Figura 3b ilustra os resultados no que respeita às suscetibilidades a deslizamentos de taludes.

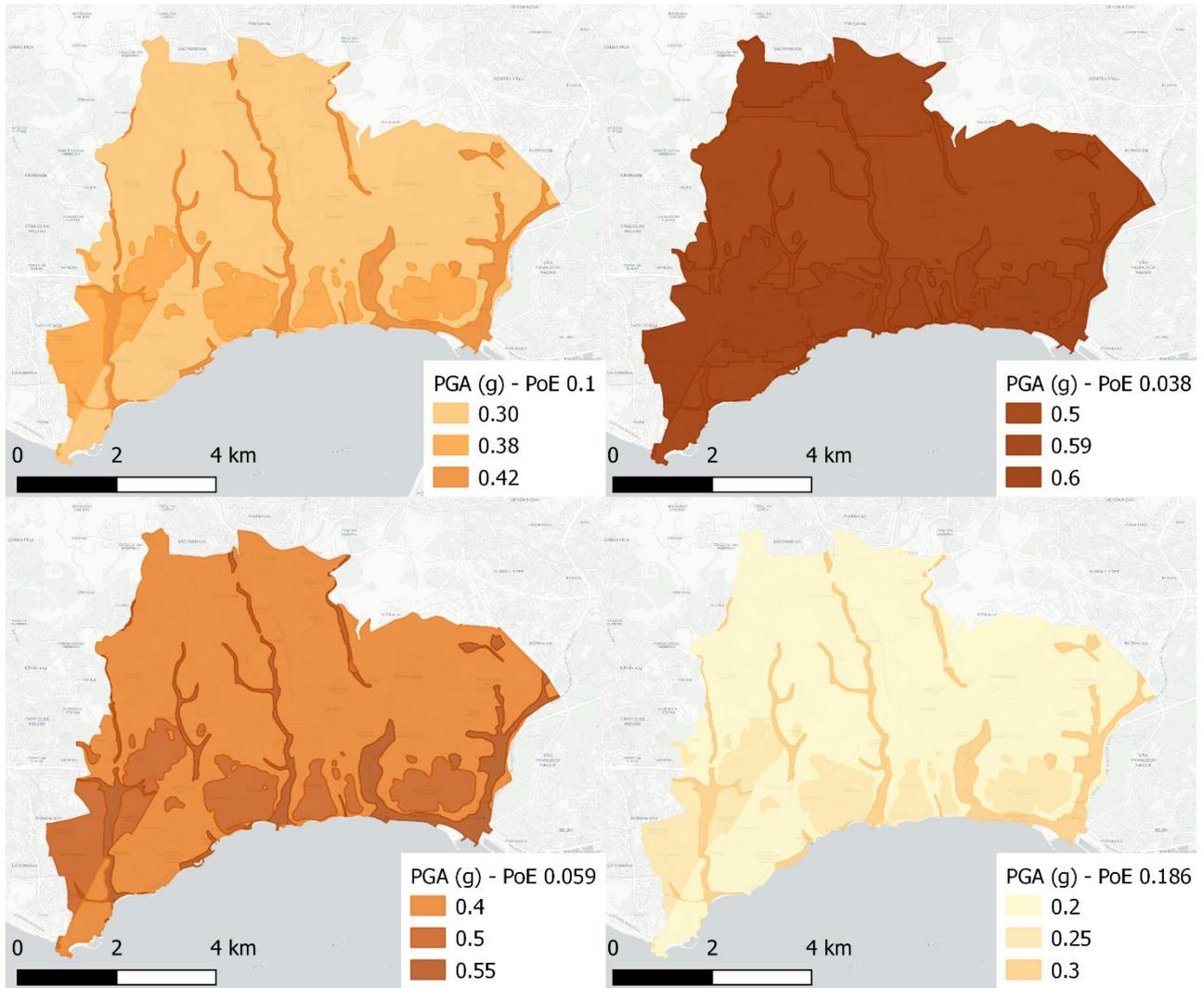


Figura 2 - Mapas de perigosidade sísmica (PGA) para as probabilidades de excedência de 10%, 18,6%, 5,9% e 3,8% em 50 anos.

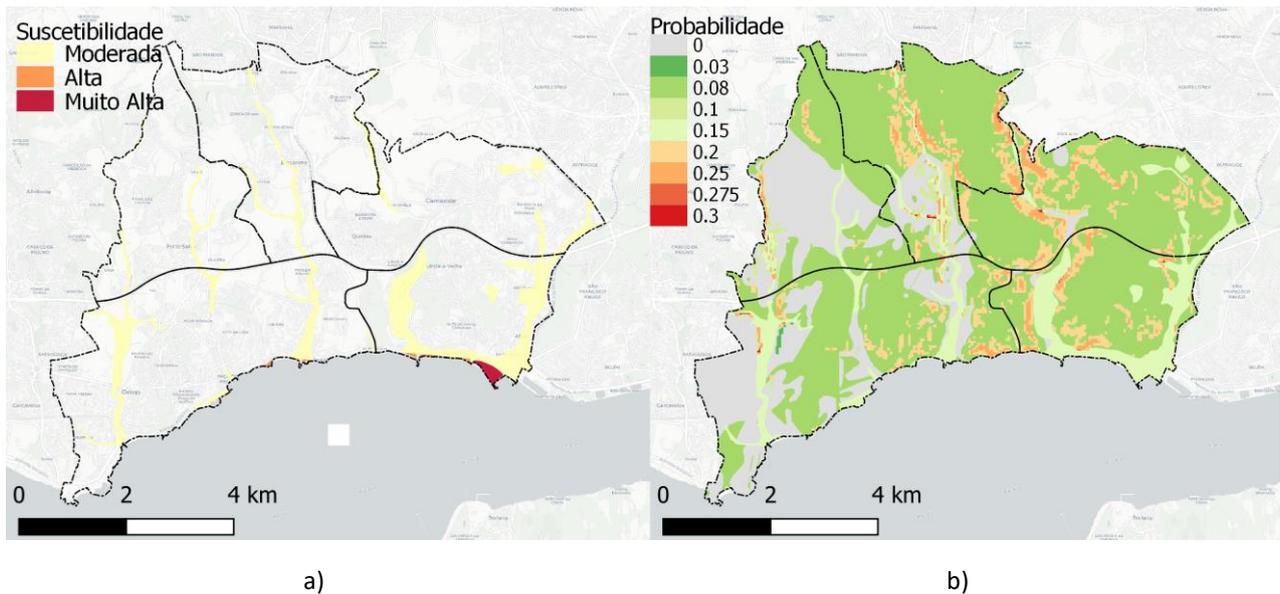


Figura 3 – a) Mapa de suscetibilidade à liquefação. B) Probabilidade de ocorrência de deslizamentos de taludes com origem sísmica, em condições saturadas.

## 2.3. EXPOSIÇÃO E VULNERABILIDADE NO CONCELHO DE OEIRAS

### 2.3.1. População

Para determinar o número e gravidade das vítimas de um sismo, adaptou-se a metodologia HAZUS que se baseia no pressuposto de que existe uma forte correlação entre os danos do edifício (estruturais e não estruturais) e as vítimas. O número esperado de vítimas mortais/feridos num edifício será um produto do número de ocupantes do edifício no momento do sismo e a probabilidade desse ocupante ser uma vítima mortal/ferido. Para o presente estudo essas probabilidades foram adaptadas da metodologia HAZUS considerando as classes tipológicas do edificado definidas no presente estudo. O número de mortos, no concelho de Oeiras, para o período de retorno de 475 anos, é de 6 no cenário ‘dia’ e de 16 no cenário ‘noite’. Relativamente ao número de feridos (ligeiros e graves), no concelho de Oeiras, para o mesmo período de retorno, este é de 464 no cenário ‘dia’ e de 146 no cenário ‘noite’. Em termos de distribuição dos mortos e feridos destacam-se os lugares de Algés, Cruz-Quebrada, Paço de Arcos e Oeiras (Quadro 1).

Quadro 1 - Número de mortos e feridos por lugar.

Lugares	Feridos (Noite)	Feridos (Dia)	Mortos (Dia)	Mortos (Noite)
Algés	255	44	4	9
Barcarena	9	2	0	1
Carnaxide	3	1	0	0
Caxias	12	4	0	0
Cruz Quebrada-Dafundo	114	24	1	2
Fabrica da Pólvora	1	18	0	0
Laje	1	0	0	0
Laveiras	7	1	0	0
Linda-a-Velha	3	1	0	0
Miraflores	6	21	0	1
Murganhal	2	0	0	0
Oeiras	15	7	0	0
Outurela-Portela	1	10	0	0
Paco de Arcos	26	9	1	2
Porto Salvo	3	1	0	0
Talaíde	1	0	0	0
Valejas	3	1	0	1
Vila Fria	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>464</b>	<b>146</b>	<b>6</b>	<b>16</b>

### 2.3.2. Edificado

Para a ação sísmica com o período de retorno de 475 anos, os danos em edifícios concentram-se nas classes de edifícios A e B, que correspondem respetivamente a edifícios de adobe, taipa ou alvenaria de pedra (Classe A) e a edifícios de alvenaria anteriores a 1960 (Classe B). Nas classes de edifícios mais recentes, construídos já com a regulamentação sísmica de 1983 (RSA), os danos são reduzidos, apresentando um grande número de edifícios classificados “Sem danos”. Num panorama

geral, mais de 70% dos edifícios não apresentam danos ou estão classificados com “Danos Ligeiros” (Figura 4). Um fator que demonstrou ter considerável importância no desempenho dos edifícios é o seu estado de conservação. De acordo com os resultados, os casos de colapso ocorrem todos em edifícios considerados em mau estado de conservação. Convém realçar que somente 4,3% dos edifícios estudados foram classificados com estando em mau estado de conservação.

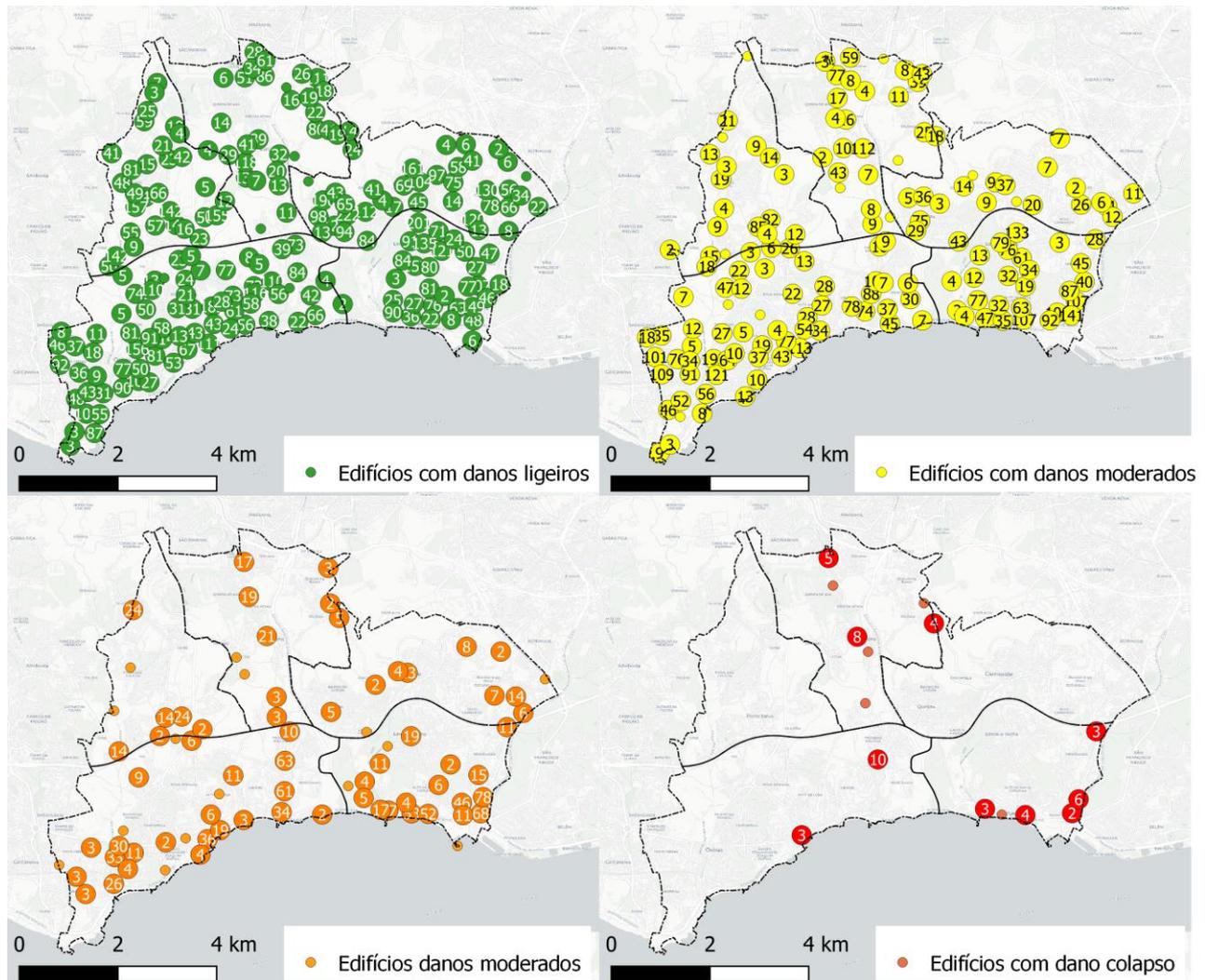


Figura 4 – Distribuição dos danos no edificado para um período de retorno de 475 anos.

### 2.3.3. Infraestruturas

Julga-se oportuno descrever de forma abreviada os grupos de dados de infraestruturas considerados no presente estudo. Concretizando, consideram-se as seguintes redes, constituídas pelos componentes indicados:

- Rede de abastecimento de água, constituída por elementos geograficamente distribuídos/contínuos (condutas enterradas, totalizando mais de 720 km) e elementos geograficamente localizados/discretos (Estações Elevatórias (EEs), Reservatórios e Furos de Captação);

- Rede de saneamento de águas residuais, constituída por elementos distribuídos (condutas e coletores, perfazendo mais de 970 km) e localizados [Estações Elevatórias de Águas Residuais (EEARs)];
- Rede de gás, na qual foram considerados os elementos distribuídos (condutas) que perfazem um comprimento total superior a 440 km;
- Rede elétrica, na qual se considerou de menor vulnerabilidade a generalidade dos elementos distribuídos aéreos, focalizando-se a avaliação nos elementos distribuídos (linhas de distribuição), apoiados ou enterrados, e os elementos localizados constituídos pelos Postos de Transformação (PTs) e Subestações, que a observação indica serem os componentes de maior vulnerabilidade.
- Rede de telecomunicações, na qual, à semelhança da rede elétrica se reputou apresentarem menor vulnerabilidade os componentes distribuídos aéreos, pelo que o estudo se focalizou nos elementos distribuídos constituídos por condutas de cabos.
- Rede rodoviária e ferroviária, constituída por elementos geograficamente localizados correspondentes aos diversos tipos de obras de arte (pontes, viadutos, passagens pedonais, etc.).

Apresenta-se na Figura 5 como exemplo a constituição da rede de abastecimento de água e danos.

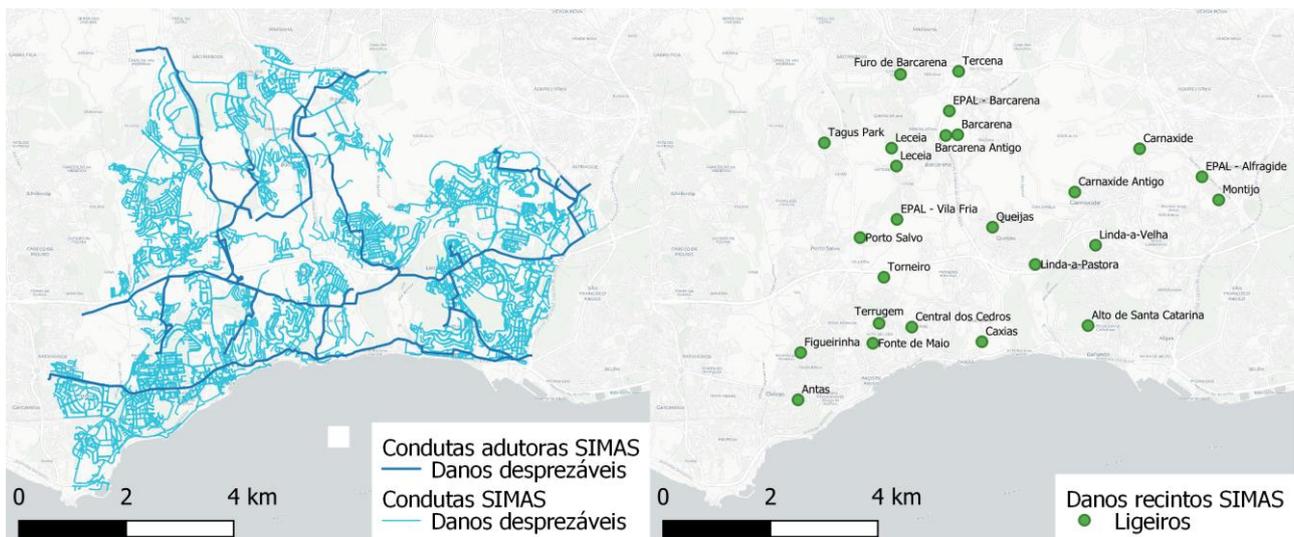


Figura 5 – Distribuição dos danos na rede de abastecimento de água para um período de retorno de 475 anos.

Considerando agora os danos observados nas redes de infraestruturas, designadamente para a abordagem probabilística correspondente à probabilidade de excedência de 10% em 50 anos (período de retorno de 475 anos), conclui-se:

- Na **rede de abastecimento de água** não se verificam danos significativos.
- Na rede de **saneamento de águas residuais** apenas há a referir como apresentando danos moderados as EEARs de: Fermentos Holandeses, Dafundo E2, Dafundo Aquário, Laje, Passeio Marítimo (Santo Amaro Oeiras), Barcarena, Jamor, Algés E1. A avaliação dos danos prospetivos baseou-se na hipótese de que os componentes principais - bombas propriamente ditas, quadros

elétricos e/ou eventuais grupos geradores de emergência - não se encontram amarrados, pelo que uma intervenção relativamente ligeira de amarração desses componentes (fixando-os a elementos estruturais e evitando a queda de elementos não estruturais) pode reduzir consideravelmente os danos expectáveis. Sugere-se a vistoria desses recintos por um técnico com formação em engenharia de estruturas e se adotem medidas de amarração de componentes.

- Na **rede de gás** verificou-se que em dois ramais com condutas de aço, um situado no vale do Jamor e outro em Miraflores, com um comprimento total de 2249 m, se verifica um cenário de “Danos físicos reduzidos, com fugas com risco médio”. Essa avaliação foi conduzida admitindo o que as condutas têm juntas soladas a gás, situação mais desfavorável que, conservativamente (por desconhecer o processo de soldadura) se admitiu. Assim propõe-se a verificação dessa hipótese conservativa e caso se confirme, se equacione uma intervenção de substituição desses dois ramais.
- Na **rede elétrica** os danos mais significativos verificam-se num conjunto apreciável de PTs, 64 em número, que se estima poderem apresentar danos extensos. Uma vez que a avaliação foi conservativamente realizada considerando que se tratam de PTs não travados, sugere-se a verificação do grau de travamento por um técnico com formação em engenharia de estruturas, e, caso se confirme, que se procedam a intervenções de travamento desses PTs (operações comparativamente simples e pouco dispendiosas).
- Na **rede de telecomunicações** não se verificam danos significativos.
- Na **rede de pontes** praticamente não ocorrem danos devidos à ação dinâmica do movimento do solo. Apenas uma ponte apresenta danos ligeiros. Particular atenção deve ser dada às pontes em zonas com potencial de deslizamento de taludes ou com possibilidade de ocorrência de liquefação. As pontes nestas situações devem ser alvo de estudo mais pormenorizado, tendo em conta as características geológicas do local e as suas fundações.

Na Figura 6a e Figura 6b representam-se os danos estimados para as redes elétrica e de gás.

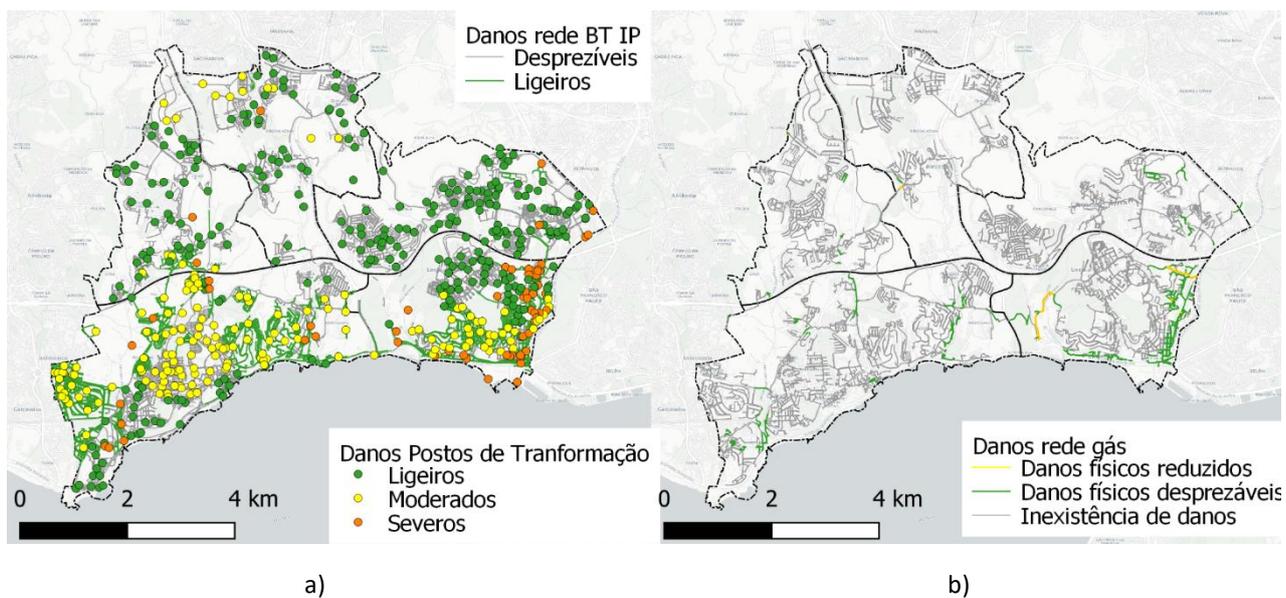


Figura 6 – a) Danos estimados na rede elétrica; b) Danos estimados na rede de gás.

## 3. RISCO DE TSUNAMI

### 3.1. PERIGOSIDADE DE TSUNAMI NO CONCELHO DE OEIRAS

A modelação numérica da perigosidade de tsunamis no concelho de Oeiras, baseou-se num conjunto de 19 fontes de tsunamis. O modelo numérico de tsunamis (código TUNAMI da Universidade de Tohoku, Japão) foi aplicado de forma determinística e probabilística, tendo-se obtido os seguintes resultados:

- i) Mapa da área potencialmente inundada por tsunamis de origem em sismo de magnitude superior a 8.
- ii) Mapa de inundação por tsunamis – pior cenário (menor tempo de chegada da 1ª onda).
- iii) Mapa de inundação tsunamis em condição de maré vazia, de origem em sismo de  $M > 8$ , tendo em conta modelos de previsão do nível do mar a 50 anos.
- iv) Mapa de inundação tsunamis em condição de maré cheia, de origem em sismo de  $M > 8$ , tendo em conta modelos de previsão do nível do mar a 50 anos.
- v) Mapa da envolvente das alturas máximas de inundação.
- iv) Mapa de probabilidade de inundação por tsunamis para um período de excedência de 50 anos.

O mapa da área potencialmente inundada por tsunamis de origem em sismo de  $M > 8$ , foi obtido a partir de uma fonte de tsunamis com magnitude de 8,35. Esta rotura gerou uma área inundada, com altura máxima calculada na Praia da Torre de 4,3 m. Neste modelo, o tsunami penetra a Ribeira da Laje, a Ribeira de Barcarena e o Rio Jamor a uma distância entre 500 e 920 m (Figura 7).

Na Figura 7 são apresentados os resultados da modelação para o pior cenário, relativamente ao tempo de chegada da primeira onda. Verifica-se que o tsunami chega à praia da Torre a partir dos 27 minutos após o sismo, sendo este o primeiro local a ser atingido pelo tsunami no território. O tsunami atinge Caxias a partir dos 31 minutos.



Figura 7 - Mapa da área potencialmente inundada por tsunami de origem em sismo de magnitude superior a 8 (em cima) e Mapa de inundação por tsunami – pior cenário (em baixo).

Os mapas da área potencialmente inundada por tsunami de origem em sismo de  $M > 8$ , em condição de maré cheia (+2m) e maré vazia (-2m) (Figura 8), e tendo em conta modelos de previsão no nível médio do mar a 50 anos (+0,70m) foi obtido por uma fonte de tsunami com magnitude 8,75. Os resultados em condição de maré cheia, apresentam uma elevada extensão da área inundada na faixa costeira (Oeiras, Paço de Arcos, Cruz Quebrada e Dafundo) e juntos aos vales da Ribeira da Laje, Ribeira de Barcarena e Rio Jamor.



Figura 8 – Mapa de inundação tsunami em condição de maré vazia (em cima) e maré cheia (em baixo), de origem em sismo de  $M > 8$ , tendo em conta modelos de previsão do nível do mar a 50 anos.

O mapa da envolvente das alturas máximas de inundação, teve origem numa rotura com magnitude 8,75. Os resultados, apresentam dois picos de máximo de inundação: a oeste do Forte de São Julião com valores entre 8,9 e 9,3 m; e em Dafundo, entre a Av. Ivens e a Rua Pereira Palha, com valores de 8,9 m e um pouco ao largo 8,8 e 9,2 m. Em Santo Amaro de Oeiras a altura máxima chega aos 6,2 m (Figura 9).

Para se efetuar a análise probabilística da perigosidade de tsunami foi produzido um catálogo sintético com a duração de 10000 anos, respeitando as zonas fonte e os parâmetros da recorrência sísmica utilizados para a análise da perigosidade sísmica. Neste catálogo, constam 435 roturas, das quais foram selecionadas 19 roturas geradoras de tsunami. Na Figura 9, apresenta-se o mapa da probabilidade de excedência de inundação por tsunami para um período de exposição de 50 anos. Verifica-se que todas as praias, a Ribeira da Laje, Ribeira de Barcarena e Rio Jamor têm uma elevada probabilidade de serem inundadas.

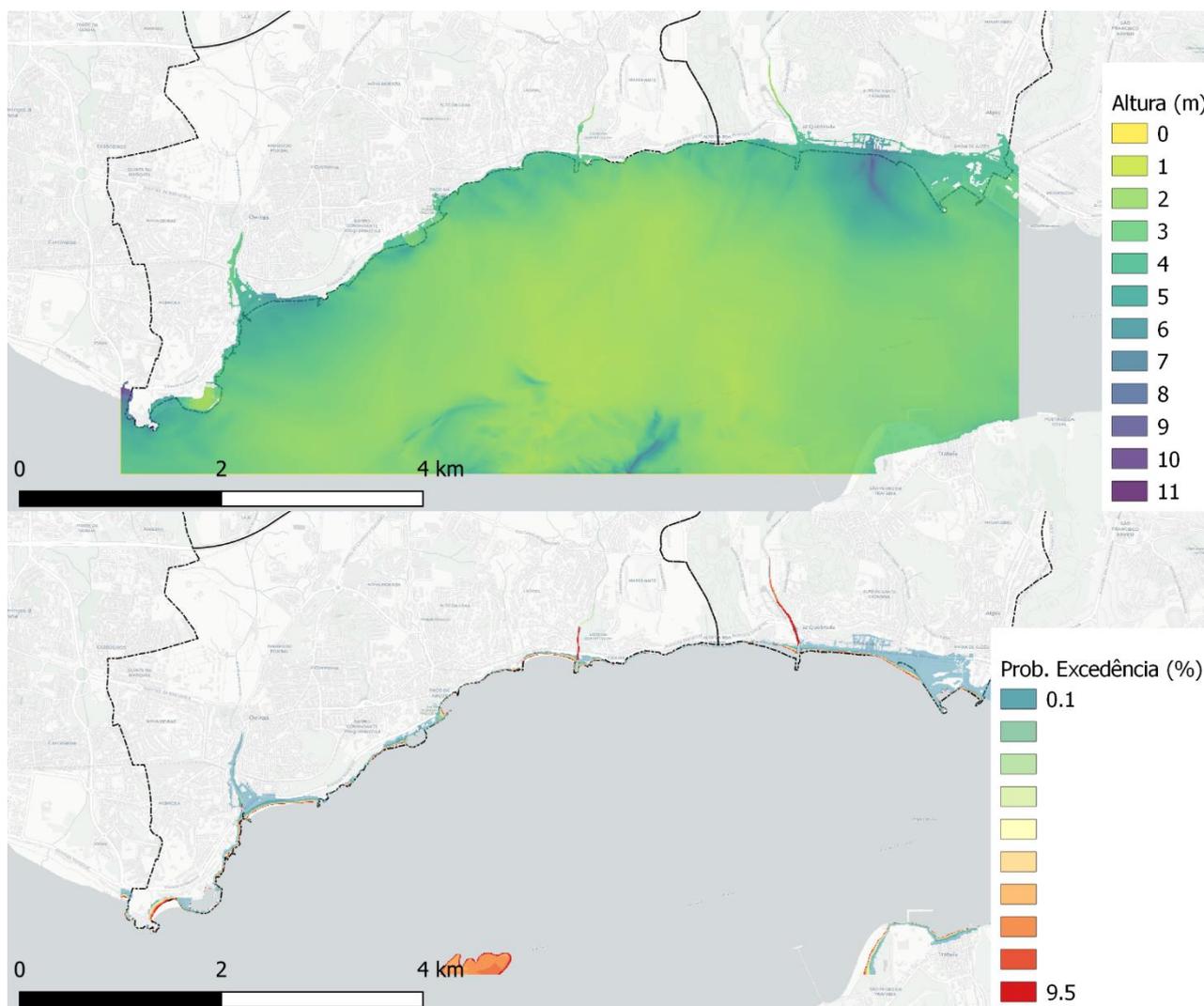


Figura 9 - Mapa da envolvente das alturas máximas de inundação (em cima) e Mapa de probabilidade de inundação por tsunami para um período de retorno de 526 anos, e num período de exposição de 50 anos (em baixo).

## 3.2. EXPOSIÇÃO E VULNERABILIDADE NO CONCELHO DE OEIRAS

### 3.2.1. População

As estimativas de danos e perdas em áreas potencialmente inundadas por um tsunami não são uniformes e encontram-se dependentes do tempo de chegada das ondas e das possíveis evacuações. Para o presente estudo, foram considerados 2 cenários para determinar a população exposta:

- 1) 2.00h, segunda-feira, época de inverno;
- 2) 17.00h, sábado, época de verão.

No primeiro cenário, foram apenas considerados os dados de população residente exposta. Os dados agregados por lugar refletem a elevada exposição no setor entre Algés, Dafundo e Cruz Quebrada (Quadro 1).

Quadro 2 - População residente exposta ao risco de tsunami por lugar.

Lugar	População residente exposta
Algés	631
Caxias	231
Cruz Quebrada	564
Dafundo	1630
Laveiras	58
Oeiras	167
Paço De Arcos	217
<b>TOTAL</b>	<b>3498</b>

No segundo cenário, foi considerada apenas a evacuação das praias. Os resultados deste cenário revelam a elevada exposição da praia de Santo Amaro de Oeiras e a menor exposição das praias mais afastadas da origem da onda de tsunami, designadamente as de Caxias, que apresentam um número menor de mortos e feridos (Quadro 3).

Quadro 3 – População exposta, mortos e feridos no segundo cenário.

Praia	População exposta	Mortos	Feridos
Caxias - Golfinhos	350	17	4
Caxias - Grande	398	20	4
Caxias - S. Bruno	530	26	5
Paço de Arcos	681	34	7
Paço de Arcos – Praia Velha	402	20	4
Santo Amaro	2574	128	26
Torre	618	31	6
<b>TOTAL</b>	<b>5553</b>	<b>277</b>	<b>57</b>

### 3.2.2. Edificado

Na Figura 10 encontram-se representados os resultados referentes à classificação do índice relativo de vulnerabilidade do edificado para os troços costeiros de Algés, Cruz-Quebrada, Caxias, Paço de Arcos, Santo Amaro e Praia da Torre. Pela sua elevada vulnerabilidade, destacam-se nestes troços, os edifícios localizados no aterro de Algés, o Forte de S. Bruno, o estabelecimento Baía dos Golfinhos, Auto Caxiense, Centro de Convívio A Nossa Praia, Forte da Giribita, o Centro Náutico de Paço de Arcos, o estabelecimento O Amarelo, o pavilhão da Associação Desportiva de Oeiras, a base dos Escuteiros Marítimos de Nova Oeiras, o restaurante do INATEL e os edifícios da Marina de Oeiras.

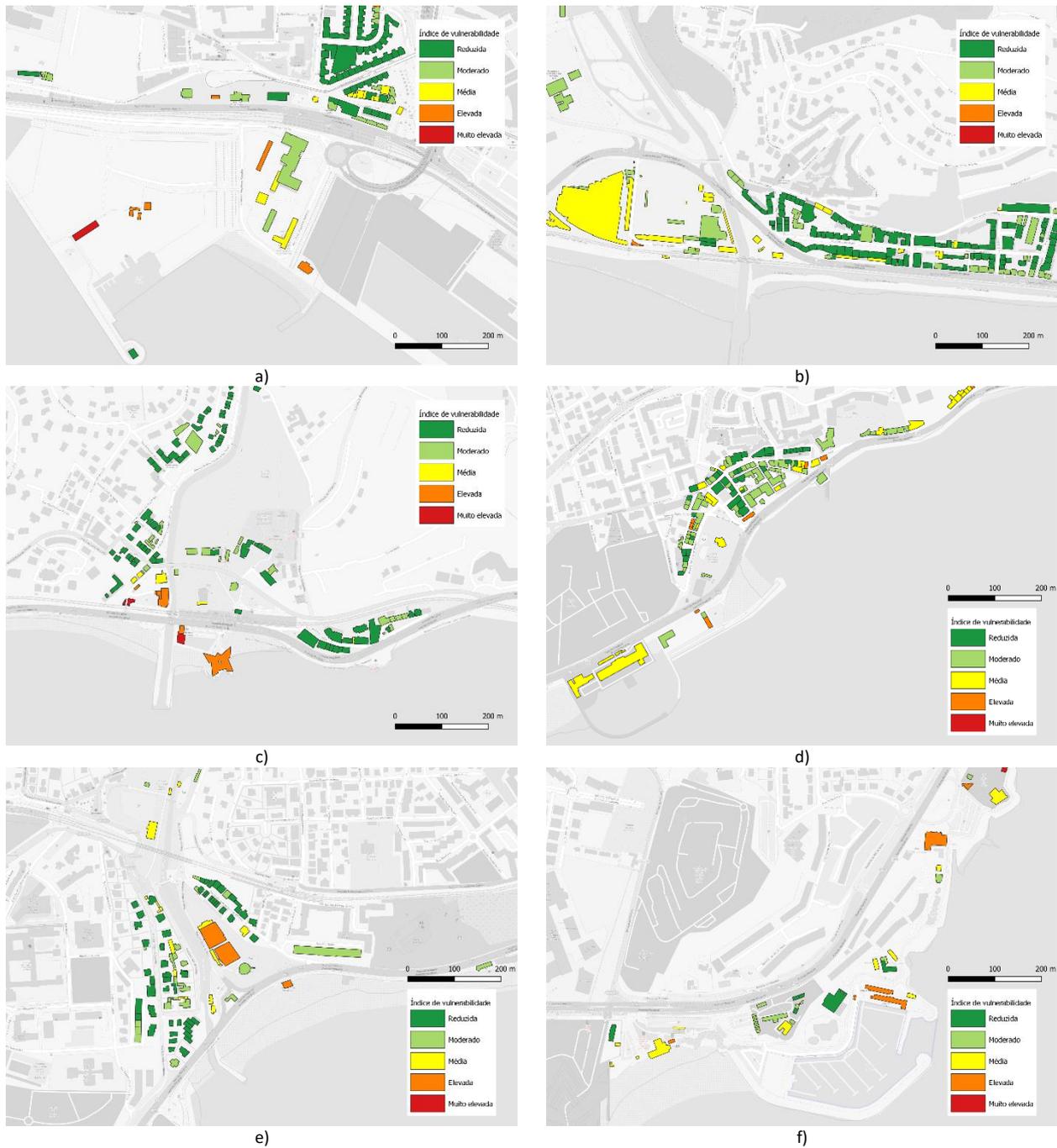


Figura 10 - Vulnerabilidade do edificado. a) Algés; b) Cruz-Quebrada; c) Caxias; d) Paço de Arcos; e) Praia de Santo Amaro; f) Praia da Torre.

### 3.2.3. Infraestruturas

As infraestruturas expostas ao risco de tsunami têm correspondência em todas as categorias analisadas, designadamente: Gás, Rede Água, Saneamento, Telecomunicações e Eletricidade. Pela sua importância na definição da estratégia de evacuação destaca-se a infraestrutura ferroviária (Linhas de Cascais), a infraestrutura rodoviária (EN-6/Avenida Marginal) e toda a extensão do passeio marítimo

Relativamente aos equipamentos/estabelecimentos expostos ao risco de tsunami, destacam-se pela sua sensibilidade e importância na definição da estratégia de evacuação, o Centro de Acolhimento de Paço de Arcos - Mãos Dadas para a Vida II, os pavilhões desportivos da Associação Desportiva de Oeiras e de S. Julião da Barra, o Aquário Vasco da Gama e os estabelecimentos de ensino (Colégio D. João de Castro, Jardim de Infância Roberto Ivens e EB1 Pinheiro Chagas).

## 4. CONCLUSÕES

### 4.1. ESTRATÉGIA DE EVACUAÇÃO

Considerando as praias e o passeio marítimo, como os locais de maior afluência de população na faixa litoral, foram identificados um conjunto de pontos de encontro fora da área de evacuação, e acima da cota de 10 m. Tendo como referência estes pontos de encontro, foram esquematizadas as respetivas rotas de evacuação. Na Figura 11, constam ainda a identificação de possíveis estrangulamentos associados às evacuações, designadamente as passagens inferiores junto às praias, passagem superior de Caxias e as barreiras/vedações associadas às infraestruturas rodoviárias e ferroviárias, como por exemplo, no troço do passeio marítimo entre Caxias e Cruz Quebrada e entre a Cruz Quebrada e Algés. Para apoiar a estratégia de evacuação, integram este mapa os locais de maior probabilidade de concentração de danos associados a um sismo, devendo-se evitar permanecer nestes locais. Sugere-se, portanto, que as populações costeiras evacuem em primeiro lugar em direção ao Ponto de Encontro, mas que continuem a andar a pé para locais mais elevados, a designar pela Proteção Civil de Oeiras.



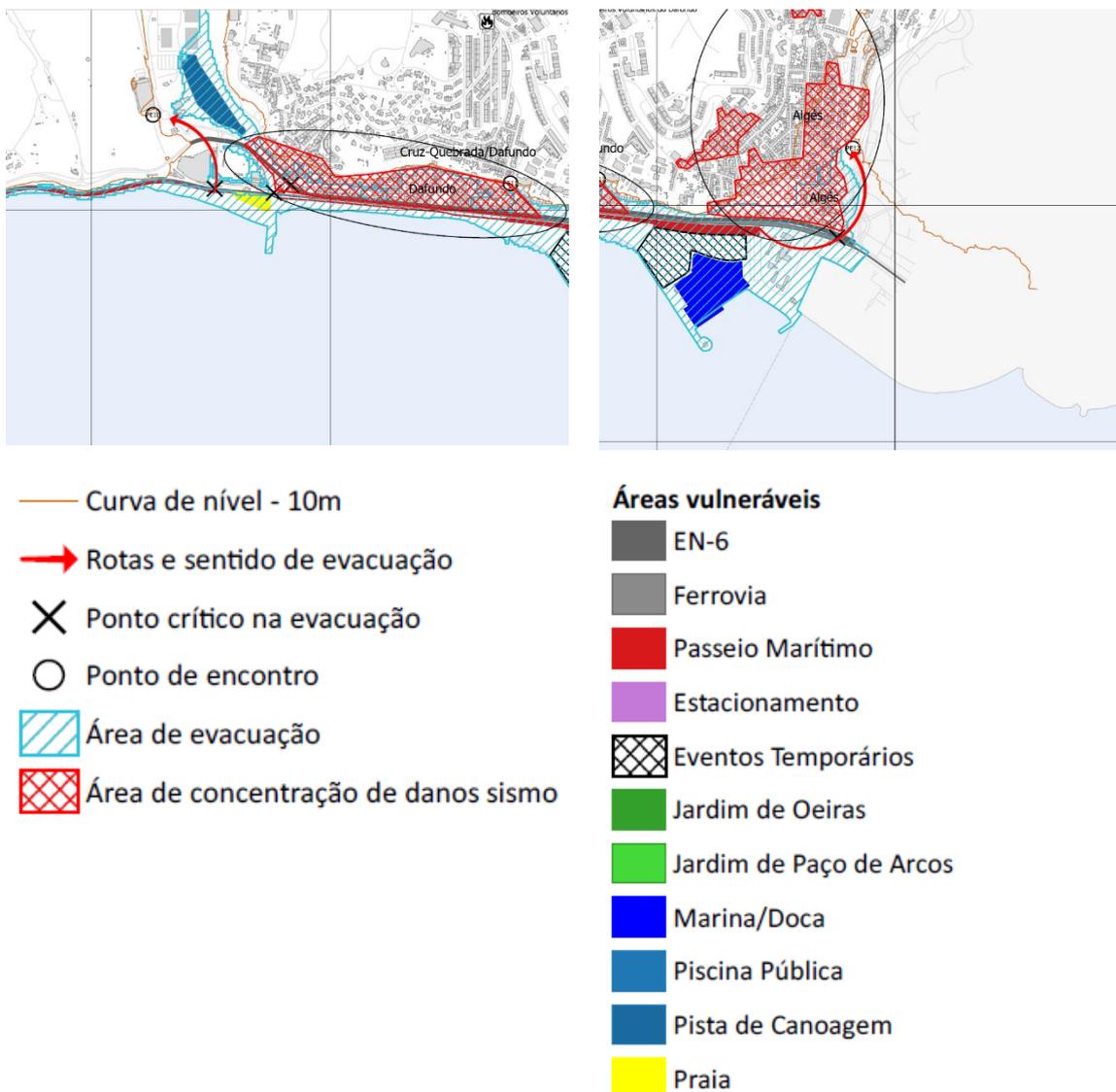


Figura 11 - Mapa conjunto tsunami + sismos.

## 4.2. PROPOSTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS/MITIGADORAS

A mitigação do risco sísmico comporta três medidas: (i) redução da exposição através do reforço estrutural do edificado e do ordenamento do território, (ii) sensibilização da população e (iii) preparação da resposta de emergência.

### 4.2.1. Medidas para a redução da exposição

#### 4.2.1.1. Edificações existentes

A reabilitação estrutural seletiva do edificado existente é uma medida de mitigação com grande impacto. As populações escolares são particularmente vulneráveis, pelo que os edifícios escolares devem ser alvos prioritários deste tipo de intervenção. Igualmente prioritárias são as

infraestruturas críticas para a resposta de emergência em caso de desastre, como quartéis de bombeiros, hospitais, esquadras de Polícia e afins. O presente estudo suporta a definição de prioridades para este tipo de intervenção, ou, no limite, à decisão de realocar estruturas críticas ou vulneráveis.

#### 4.2.1.2. *Edificações futuras*

Este estudo é um primeiro passo no sentido da microzonagem sísmica do Concelho de Oeiras, permitindo a atualização da cartografia de risco incluída no Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Oeiras. A cartografia de perigosidade produzida sugere que sejam tomadas medidas para se repensar a localização de futuras infraestruturas críticas ou escolas, no sentido em que sejam direcionadas para locais de menor suscetibilidade a sismos, tsunamis, liquefação ou deslizamento de taludes. Para o projeto de edificações correntes, a caracterização dos solos do Concelho em termos do parâmetro VS30 pode apoiar a seleção do espectro de resposta adequado no que respeita à classe de solo, sempre que não forem viáveis estudos geotécnicos dedicados.

#### 4.2.1.3. *Ações de sensibilização da população*

A experiência tem mostrado que a populações escolares são um veículo privilegiado para disseminação de informação sobre medidas a tomar em caso de sismo. O presente estudo contém dados e conclusões que podem servir de base a sessões de sensibilização nas escolas, aumentando o grau de consciência sobre o problema e informando sobre as medidas de autoproteção a adotar individual e coletivamente. Ações de sensibilização (ex. 'Preparação e Sobrevivência em Cenário de Catástrofe' ou 'Mass Training em Suporte Básico de Vida') dirigidas a classes profissionais específicas (professores, agentes da construção civil, etc.) podem também ser motivadas pelo presente estudo.

#### 4.2.1.4. *Preparação da resposta de emergência*

A melhor caracterização do risco proporcionada pelo presente estudo permite a realização de exercícios, quer por parte dos agentes da Proteção Civil, quer ao nível das escolas, instalações industriais, centros comerciais ou outros locais de grande aglomeração, focados em cenários mais realistas. Exercícios de evacuação das zonas suscetíveis de inundação por tsunami poderão ser organizados com base no zonamento definido neste estudo. A melhor caracterização do risco permitirá também estimar em que medida a capacidade de resposta do sistema de Proteção Civil poderá ser afetada pelo sinistro, permitindo a preparação de planos de contingência.

#### 4.2.2. *Propostas de medidas preventivas/mitigadoras*

Tendo em consideração os resultados do estudo, foram listadas propostas de medidas preventivas/mitigadoras para minimizar danos e assegurar a reposição de serviços (Quadro 4). A proposta de medidas preventivas/mitigadoras para o risco sísmico e de tsunami encontram-se organizada em medidas genéricas e medidas específicas.

Quadro 4 - Proposta de medidas de preventivas/mitigadoras para o risco sísmico

<b>Medidas genéricas</b>	M1.1) Integração das zonas de concentração de danos e da cartografia de perigosidade sísmica no plano municipal de emergência de proteção civil.
<b>Medidas específicas</b>	<p>M1.2) Elaboração de um documento de orientação para inventariar os perigos estruturais e não estruturais dentro e ao redor dos edifícios escolares.</p> <p>M1.3) Elaboração de um estudo de avaliação da potencial atividade sísmica das estruturas geológicas do Concelho<sup>1</sup>.</p> <p>M1.4) Apoios através de incentivos fiscais (redução da taxa de IMI), aos proprietários de habitações nos centros históricos que realizem reforços sísmicos nas estruturas.</p> <p>M1.5) Reforço estrutural da Escola Profissional Val do Rio e do Jardim de Infância Roberto Ivens.</p> <p>M1.6) Equacionar a deslocalização da Universidade Atlântica (edifícios da Reitoria, Centro Informática, Reprografia, Contabilidade e Apoio Social).</p>

Quadro 5 - Proposta de medidas de preventivas/mitigadoras para o risco de tsunami.

<b>Medidas genéricas</b>	<p>M2.1) Integração da zona de evacuação no plano municipal de emergência de proteção civil.</p> <p>M2.2) Integração dos Pontos de Encontro no plano municipal de emergência de proteção civil.</p> <p>M2.3) Elaboração de um plano de evacuação.</p>
<b>Medidas específicas</b>	<p>M2.4) Aquisição e instalação de um sistema aviso às populações nas praias da Torre, Santo Amaro de Oeiras, Paço de Arcos e Caxias.</p> <p>M2.5) Criação de abrigos verticais através de protocolo com os proprietários:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Edifício da Piscina Oceânica</li> <li>Edifício do McDonald's em Santo Amaro de Oeiras</li> <li>Edifício da Direção de Faróis da Autoridade Marítima Nacional</li> <li>Edifício Mónaco</li> <li>Torre VTS em Algés</li> </ul> <p>M2.6) Colocação de sinalética de evacuação junto às praias indicando os caminhos a seguir e local do Ponto de encontro.</p> <p>M2.7) Criação de panfletos e brochuras com os procedimentos gerais para a população.</p> <p>M2.8) Agendamento de um exercício de proteção civil municipal dedicado à evacuação associada a um tsunami para avaliação das rotas de evacuação.</p>

<sup>1</sup> Em Portugal, os relatos históricos sobre ocorrências sísmicas permitem recuar cerca de 600 anos. Para obter informação sobre épocas mais recuadas é necessário recorrer à Paleosismologia, que investiga os vestígios de sismos preservados em terrenos Holocénicos (ou seja, depositados nos últimos 12000 anos) através de escavações e análises geológicas detalhadas. O presente estudo não incluiu trabalhos de prospeção geofísica e/ou estudos de paleosismologia, pelo que a elaboração destes trabalhos para deteção de deformações e confirmação de eventuais falhas ativas será particularmente relevante para a análise do risco sísmico do Município de Oeiras.

M2.9 Construção de uma passagem pedonal de emergência no troço do passeio marítimo entre Caxias e a Cruz Quebrada.

M2.10) Construção de uma passagem pedonal de emergência no troço do passeio marítimo entre a Cruz Quebrada e Algés (ligação ao Jardim de Algés).

M2.11) Deslocalização do Pavilhão da Associação Desportiva de Oeiras.

M2.12) Deslocalização das Bombas de Gasolina da Prio em Oeiras e Algés.

M2.13) Integração do risco de tsunami no projeto de desnivelamento da Marginal (através de túnel ou viaduto).