



RISCOS



VULNERABILIDADES DO AEROPORTO DE FARO (PORTUGAL) FACE À OCORRÊNCIA DE TSUNAMIS*

VULNERABILITIES OF FARO AIRPORT (PORTUGAL) TO TSUNAMIS

119

Henrique Vicêncio

Universidade Nova de Lisboa, GeoBioTec
Faculdade de Ciências e Tecnologia (Portugal)

ORCID 0000-0002-1465-7041 henrique.vicencio@gmail.com

RESUMO

O aeroporto de Faro (Algarve, Portugal) deverá ter um papel importante na fase de resposta, após a ocorrência de um *tsunami* na região do Algarve. Caso o aeroporto fique inoperacional, poderão surgir dificuldades acrescidas no socorro atempado das populações. Estudaram-se as suas vulnerabilidades face à ocorrência de *tsunamis* e apresentam-se medidas de mitigação. Utilizou-se um modelo digital do terreno e consideraram-se diferentes cenários para o alcance de *tsunamis*. Será provável que para *tsunamis* que alcancem cotas de 4 a 5 m o aeroporto de Faro fique impossibilitado de receber voos comerciais, mas deverá poder receber voos destinados à resposta de emergência. Para valores superiores, grande parte da pista de aterragem deverá ser inundada e, nestas circunstâncias, o aeroporto deverá ficar inoperacional. Com a exceção do cenário mais gravoso, o piso superior do terminal poderá constituir-se como local de destino para a evacuação de passageiros e funcionários do aeroporto. As instalações dos bombeiros do aeroporto serão atingidas por um *tsunami* que se desloque até uma cota 3.

Palavras-chave: *Tsunami*, aeroporto, vulnerabilidades, mitigação.

ABSTRACT

After a tsunami hit the Algarve region (Portugal), Faro airport is expected to play an important role in the response phase. Additional difficulties could arise in providing timely assistance to local people if the airport become inoperable. Airport vulnerabilities to tsunamis are studied and some mitigation measures are presented. A digital terrain model was calculated and different scenarios were used. For tsunamis up to 4 or 5 meters in height it is likely that the airport will be unable to receive commercial flights, but it should be able to receive emergency flights. Taller tsunamis will almost certainly flood a large part of the airstrip and in these circumstances the airport will become inoperable. Except in the most severe scenario, the top floor of the airport terminal could be the destination for the evacuation of passengers and airport employees. The installations of the fire department will be hit by a tsunami that moves at a height of 3 meters.

Keywords: Tsunami, airport, vulnerabilities, mitigation.

* O texto deste artigo corresponde a uma comunicação apresentada no V Congresso Internacional de Riscos, tendo sido submetido em 30-10-2020, sujeito a revisão por pares a 10-03-2021 e aceite para publicação em 007-05-2021. Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 29 (I), 2022, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

A ocorrência de *tsunamis* em Portugal tem sido responsável por elevados impactos materiais e sociais nas áreas localizadas no seu litoral. Os sismos de 1722 e 1755 são exemplos de eventos responsáveis pela ocorrência de *tsunamis* com impactos significativos na região do Algarve (Baptista, Miranda, 2009). Os danos provocados pela ação sísmica associados à ocorrência de *tsunamis* poderão ser responsáveis pela ocorrência de uma catástrofe nesta região. Faro localiza-se a cerca de 300 km a sul de Lisboa e tem um aeroporto internacional que tem ligações com mais de 30 cidades europeias (fig. 1). Esta estrutura poderá ter um papel importante na fase de resposta após a ocorrência de um *tsunami* que provoque impactos significativos na região do Algarve. Tal como previsto no Plano Especial de Emergência de Proteção Civil para o Risco Sísmico e de Tsunamis na Região do Algarve (ANPC, 2010), o aeroporto deverá receber equipas de emergência nacionais e estrangeiras e os recursos necessários para socorrer as populações atingidas. Caso o aeroporto fique inoperacional, poderão surgir dificuldades acrescidas no socorro atempado das populações. O aeroporto de Faro localiza-se a cerca de 1500 m da cidade de Faro (fig. 1) e a sua área de implantação varia entre as cotas dos 2 m e os 10 m. A sua pista dista do litoral cerca de 1500 m no seu extremo oeste e cerca de 2500 m na sua zona leste. Nesta zona do litoral existem 322 edifícios (INE, 2011) construídos no cordão dunar (península do Ancão) numa extensão aproximada de 2 km. Na eventualidade da ocorrência de um *tsunami*, que galgue esse cordão dunar, o aeroporto pode sofrer danos tornando-se impossível a sua utilização em ações de emergência.

Com base num conjunto de pontos cotados foi possível calcular um modelo digital do terreno do cordão dunar existente entre o aeroporto e o mar (fig. 2). Nesta zona, as cotas mais elevadas variam entre os 6 m e os 8 m, mas existem locais, mais depressidos, em que as cotas variam entre os 2 m e os 4 m. Para sudeste as cotas são mais baixas, variando entre os 0 m e 1 m, e existe uma área de comunicação entre o cordão dunar e o oceano. Para além dos possíveis locais de penetração identificados na fig. 2, é provável que possam existir outros localizados ao longo do cordão dunar (e.g Ilha do Farol, praia da Barrinha). Esta estrutura dunar é referida em Baptista e Miranda (2009) como tendo protegido a cidade de Faro face ao *tsunami* de 1775, mas é de realçar que quando o *tsunami* alcançou Faro a maré estava baixa.

Existem vários estudos sobre os efeitos do *tsunami* de 1755 em Portugal, nos quais se estimam as alturas máximas que o *tsunami* terá alcançado em vários locais da costa Algarvia. Costa *et al.* (2012) concluíram que o *tsunami* de 1755 não terá ultrapassado as dunas existentes na zona de Salgados (localizada a cerca de 34 km a oeste do aeroporto de Faro) ficando a sua altura máxima constringida a 10 m. Costa *et al.* (2016) estudaram o alcance do *tsunami* de 1755 na zona de Salgados e Alcantarilha (cerca de 34 km a oeste do aeroporto de Faro) e estimaram um *run-up* máximo de 6 m a 8 m. Segundo Andrade (1992), a altura do *tsunami* na península do Ancão, localizada na região do aeroporto de Faro (fig. 1), terá alcançado uma altura de 9 m e terá erodido e destruído a antiga barreira litoral. Magalhães (2016) modelou o comportamento de um *tsunami* semelhante ao de 1755 e obteve ondas superiores a 6 m



Fig. 1 - Localização da cidade de Faro, do seu aeroporto, da Península do Ancão e do cordão dunar existente a sul do aeroporto (Google Earth 2018).

Fig. 1 - Location of Faro and its airport, Peninsula of Ancão and dune system to the south of the airport (Google Earth 2018).

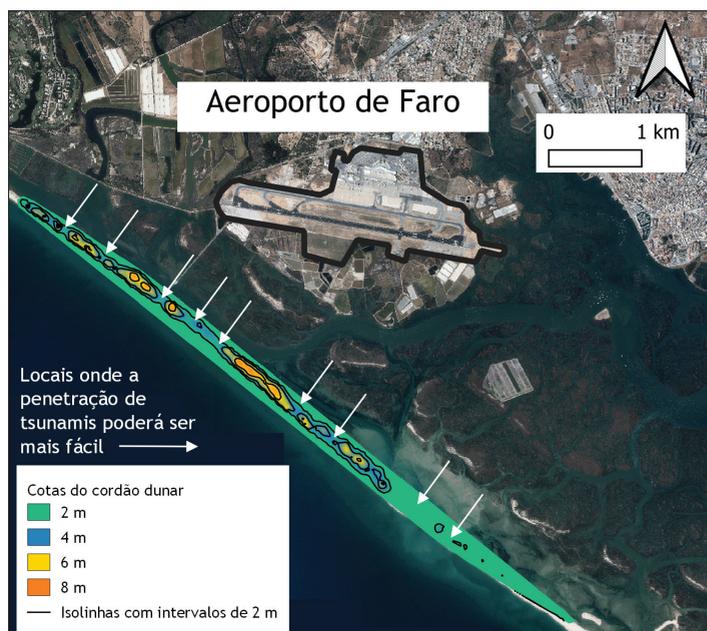


Fig. 2 - Modelo digital do terreno do cordão dunar existente em frente ao aeroporto e locais onde a penetração de tsunamis poderá ser mais fácil (Google Earth 2018).

Fig. 2 - Digital model of the dune system in front of the airport and places where tsunamis might penetrate more easily (Google Earth 2018).

para um local situado a cerca de 15 km a sudeste do aeroporto de Faro. Baptista *et al.* (2011) e Santos *et al.* (2017) são exemplos de trabalhos que realizaram modelações numéricas de tsunamis para as cidades de Setúbal e Lisboa. Silva *et al.* (2016) calcularam a propagação de um tsunami com origem na falha do Banco de Portimão e concluíram que parte do aeroporto de Faro ficará inundado com velocidades máximas de escoamento de 5 m/s. Durante a tempestade de 5 de fevereiro de 1941, a Praia de Faro foi invadida pela água do mar e terão sido criadas duas novas passagens no cordão litoral da Ria Formosa, uma delas localizada quase em frente ao aeroporto de Faro (Freitas, Dias, 2013). Durante os temporais de fevereiro e março de 1978, o mar galgou a duna que coroava o cordão litoral nalguns locais da praia de Faro (Daveau *et al.*, 1978). Considerando as cotas do cordão dunar localizado a sul do aeroporto e os valores das alturas máximas e de *run-up*, descritas por diferentes autores para a costa Algarvia e em especial para a região de Faro, podemos considerar que o cordão litoral da península do Ancão poderá ser galgado em parte ou na totalidade na eventualidade da ocorrência de um tsunami. Para tsunamis com alturas máximas de 4 m, existem vários locais onde o tsunami pode galgar o cordão dunar (fig. 2) e propagar-se na direção do aeroporto.

O estudo deste tipo de ocorrência é relevante por já ter ocorrido uma situação semelhante no Japão. O sismo de 11 de março de 2011 ocorrido ao largo da costa da região de Tohoku, com uma magnitude de Mw 9 (Nakahara *et al.*, 2011), gerou um tsunami que provocou dezenas de milhares de mortos. O aeroporto de Sendai

que se localiza a cerca de 1 km da costa, construído a uma cota de 1,7 m (IACO, 2011), foi atingido por esse tsunami que inundou o primeiro piso do seu terminal (IATA, 2018) e algumas zonas do segundo (AON, 2011). A altura máxima do tsunami na área do aeroporto foi de 4 m (Suppasri *et al.*, 2013) o que possibilitou o arrastamento de aviões, carros, camiões, restos de árvores e outras estruturas que se amontoaram sob a forma de detritos. Por esta razão, a pista de aterragem, os equipamentos elétricos, transformadores e equipamentos de segurança ficaram inoperacionais ficando o aeroporto encerrado, reabrindo para voos comerciais apenas a 13 de abril (IATA, 2018).

Este estudo pretende identificar vulnerabilidades do aeroporto de Faro face à ocorrência de tsunamis e propor algumas medidas de mitigação. Os cenários considerados não foram calculados com modelos hidrodinâmicos, pelo que não têm em consideração a interação do tsunami com a plataforma e morfologia costeiras. Nesse sentido, este estudo procede a uma análise de sensibilidade em que se estudam as vulnerabilidades do aeroporto de Faro face à ocorrência de tsunamis. Não se incluem estimativas do aumento do nível médio das águas do mar que sugerem um aumento do potencial de inundação costeira na região central do Algarve (Martínez-Graña *et al.*, 2016).

Metodologia

Para se estudarem as vulnerabilidades do aeroporto de Faro face à ocorrência de tsunamis recorreu-se a um modelo digital do terreno. Consideraram-se como cenários as cotas atingidas por diferentes tsunamis, admitindo-se

que cada *tsunami* se deslocou uniformemente até às cotas consideradas. Para se estimar a cota para a qual o aeroporto deverá ficar inoperacional, considerou-se o deslocamento do *tsunami* até à cota de 1 m e realizaram-se incrementos de 1 m até se alcançar uma área de inundação que impossibilite o funcionamento do aeroporto. Estimaram-se as profundidades da água para quatro cenários correspondentes às cotas de 4, 6, 8 e 10 m. A metodologia utilizada seguiu os seguintes passos:

- Utilizaram-se pontos cotados da região do aeroporto e calculou-se um modelo digital do terreno (MDT) pelo método da triangulação de Delaunay (Weibel, Heller, 1991). Foi utilizada uma grelha de 10 m por 10 metros;
- Com base no MDT identificaram-se as áreas inundadas desde a cota 1 até à cota de 10 m, com incrementos de 1 metro;
- Para as cotas relativas aos cenários de 4, 6, 8 e 10 m, calcularam-se as profundidades da água na área do aeroporto. Para este cálculo subtraíram-se ao modelo digital do terreno a cota do cenário considerado. Por exemplo, para se calcular a profundidade de água para a situação em que a onda alcançou a cota 10, subtraiu-se o valor 10 ao MDT;
- Para as profundidades de cada cenário calcularam-se isolinhas com a distribuição dos seus valores.

Resultados

Para os cenários de cotas 3, 4 e 5 m observa-se um aumento gradual das áreas submersas na área do aeroporto, com um maior desenvolvimento na sua zona oeste (fig. 3 a, b, c). As ondas de *tsunami* nas zonas circundantes à pista de aterragem, para estes três cenários, podem transportar e depositar detritos. Assim, apesar da pista de aterragem não se encontrar inundada, poderão existir constrangimentos no funcionamento do aeroporto até se proceder à limpeza dessas áreas. Será provável que para *tsunamis* que alcancem cotas de 4 a 5 m o aeroporto de Faro fique impossibilitado de receber voos comerciais, mas deverá poder receber voos destinados à resposta de emergência (por exemplo aviões e helicópteros das Forças Armadas Portuguesas). O terminal deverá ficar parcialmente inundado a partir do cenário da cota de 5 m. É de realçar que para o cenário menos gravoso (cota de 3 m), os bombeiros do aeroporto serão atingidos pelas ondas de um *tsunami* e que deverão ficar inoperacionais. No cenário de cota de 6 m (fig. 3 d), grande parte da pista de aterragem deverá ser inundada pela propagação de um *tsunami* e, nestas circunstâncias, o aeroporto de Faro ficará inoperacional.

Calcularam-se, de acordo com a metodologia descrita, as profundidades da água para os cenários de cotas 4, 6,

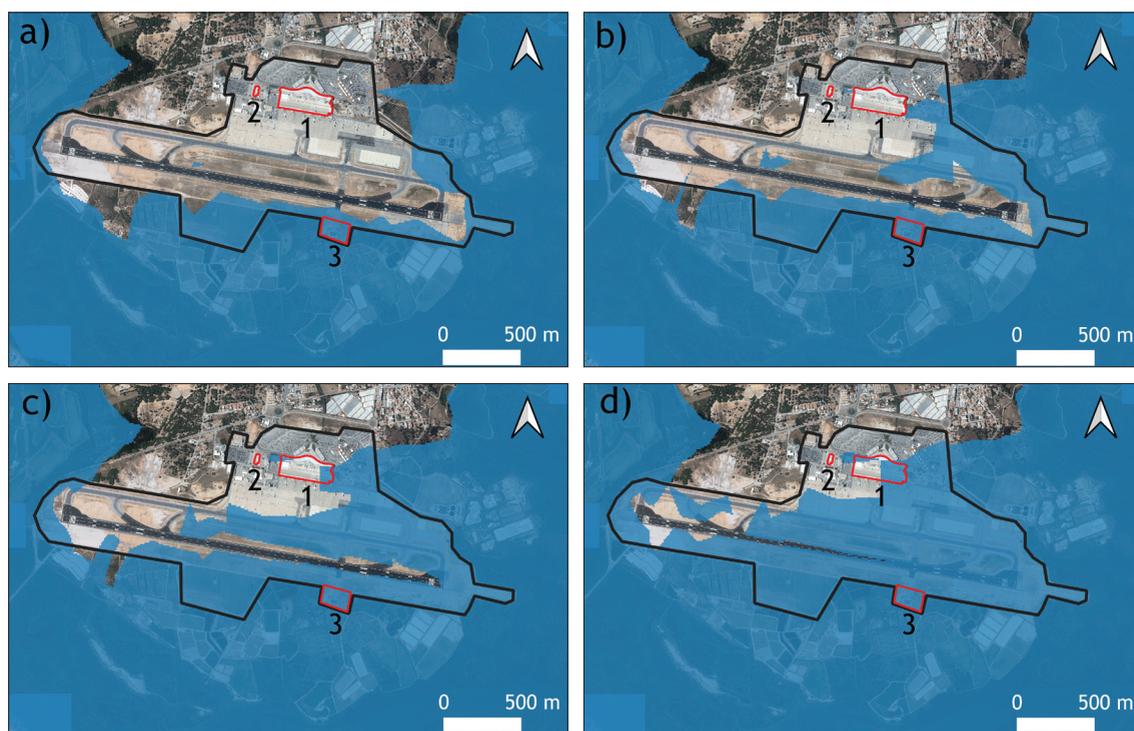


Fig. 3 - Áreas de inundação para os cenários de cotas de (a) 3, (b) 4, (c) 5 e (d) 6 m (Google Earth 2018).
1 - Terminal do aeroporto; 2 - Depósitos de combustível; 3 - Quartel dos Bombeiros.

Fig. 3 - Flood areas for scenarios with heights of (a) 3 m, (b) 4 m, (c) 5 m and (d) 6 m (Google Earth 2018).
1 - Airport terminal; 2 - Fuel tanks; 3 - Fire station.

8 e 10 m (fig. 4). A profundidade da água calculada para o cenário da cota 4 m, mostra que a pista de aterragem e áreas circundantes e estruturas como o terminal e o reservatório de combustível não deverão sofrer impactos (fig. 4a). No entanto, na área oriental do aeroporto onde a profundidade máxima da água pode alcançar 2 m, poderá verificar-se o arrastamento de viaturas estacionadas nos parques de estacionamento existentes nessa área. O quartel dos bombeiros do aeroporto deverá ser sujeito ao avanço de um *tsunami* com uma altura que pode chegar aos 2 m, devendo ficar inoperacional.

Para a profundidade da água correspondente ao cenário da cota 6, o terminal do aeroporto poderá ficar inundado na sua zona oeste (fig. 4b), mas com profundidade de água inferior a 2 m. Metade da pista de aterragem deverá ficar inundada, com profundidades máximas de 2 m. Para este cenário, os depósitos de combustível para aeronaves não deverão sofrer impactos. O possível arrastamento de estruturas será possível, em especial na zona oeste do aeroporto, onde as profundidades máximas do *tsunami* poderão alcançar os 4 m. Deverá ser exceção uma franja do aeroporto localizada na sua zona ocidental. Viaturas e outras estruturas do lado oriental poderão ser arrastadas no interior do perímetro do aeroporto, por exemplo na direção do terminal. Neste cenário o quartel dos bombeiros poderá ser destruído pela progressão do *tsunami* que poderá apresentar 4 m de altura.

Para o cenário da cota de 8 m, a maior parte do aeroporto deverá apresentar, na sua maior extensão, profundidades que poderão variar entre os 6 e os 2 m (fig. 4c). O piso térreo do terminal poderá ficar totalmente inundado e a profundidade da água deverá ser superior no sector oriental do terminal, podendo aqui alcançar valores entre os 2 e 4 m. Esta profundidade estimada pode indicar que para este cenário o piso térreo ficará inundado, mas que os pisos superiores poderão ainda ser seguros para albergar evacuados das zonas mais baixas do aeroporto, desde que não tenham sofrido impactos estruturais durante a ocorrência do sismo gerador do *tsunami*. Na sua zona oriental as estruturas que poderão sofrer arrastamento poderão ser maiores, por exemplo autocarros de transporte de passageiros e escadas de embarque para as aeronaves. Os reservatórios de combustível poderão ficar parcialmente inundados.

No cenário de cota 10, a zona oriental do aeroporto poderá apresentar valores de profundidade da água compreendidos entre os 8 e os 4 m (fig. 4d). O terminal poderá ser sujeito a profundidades de água na sua grande maioria entre os 6 e 4 m e a área dos reservatórios de combustível deverá ficar inundada com uma profundidade superior a 2 m. O terminal poderá ser atingido por estruturas arrastadas pelo *tsunami* (carros, autocarros, etc.), o que lhes poderá causar impactos estruturais. Os reservatórios de combustível poderão ser protegidos do material arrastado pelo *tsunami*, que se desloca do qua-

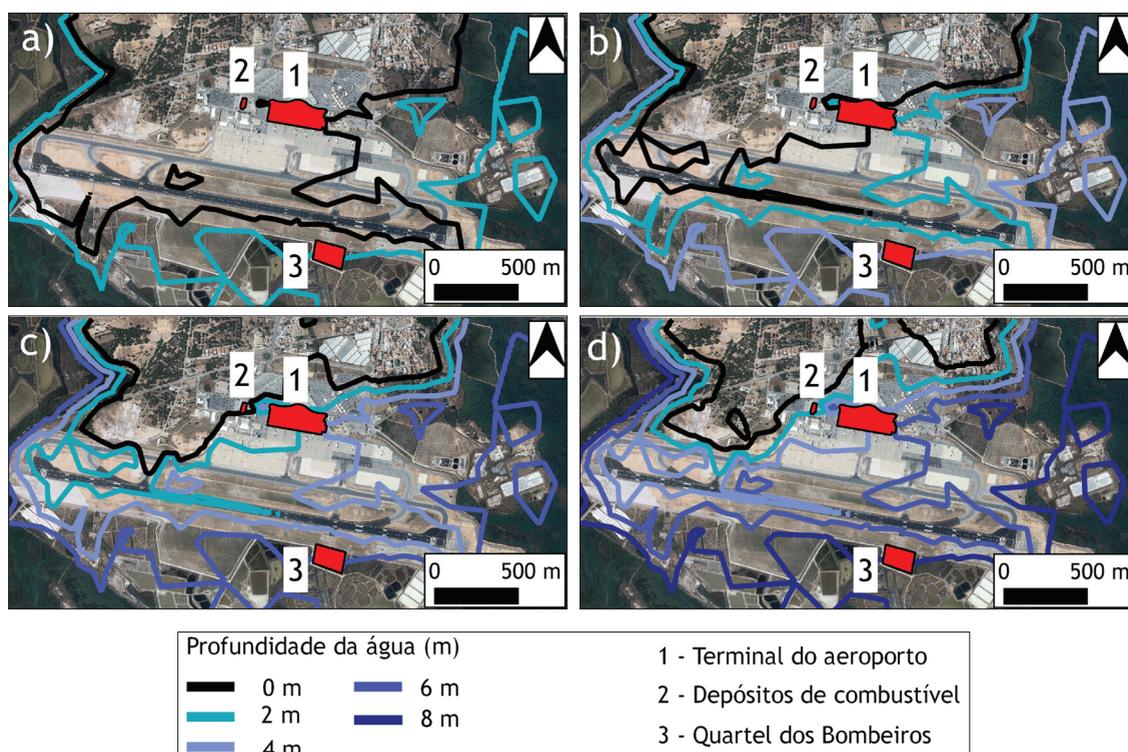


Fig. 4 - Profundidade da água para os cenários correspondentes às cotas: (a) 4 m, (b) 6 m, (c) 8 m e (d) 10 m (Google Earth 2018).

Fig. 4 - Water depth for the scenarios corresponding to the heights of: (a) 4 m, (b) 6 m, (c) 8 m, and (d) 10 m (Google Earth 2018).

drante sul para norte pelos edifícios que se localizam a sul destas estruturas. No entanto, caso se estabeleça um fluxo de leste para oeste, os reservatórios poderão sofrer impactos estruturais.

Para os todos os cenários considerados neste estudo, existe uma área que não deverá ser submersa pelo deslocamento de um *tsunami*, que engloba uma parcela oeste do aeroporto e uma zona exterior que engloba uma zona urbanizada.

Discussão

O aeroporto de Faro poderá ter um papel importante na fase de resposta, nomeadamente para o transporte de equipas de emergência e alocação de recursos, após a ocorrência de um *tsunami* que cause impactos na região do Algarve. Os aeroportos de Faro e Sendai apresentam semelhanças, localizam-se a uma distância de 1 a 2,5 km da linha de costa e desenvolvem-se a cotas relativamente baixas. No entanto, o aeroporto de Faro foi construído a cotas mais elevadas, entre os 2 a 10 m, enquanto que o de Sendai se desenvolve a uma cota média de 1,7 m. As suas orientações relativamente ao litoral são diferentes: o aeroporto de Faro apresenta-se sub-paralelo à linha de costa enquanto que o de Sendai lhe é quase perpendicular. Os edifícios construídos paralelamente à linha de costa são mais vulneráveis do que os edifícios que lhe são perpendiculares (Honesti *et al.*, 2019). Por esta razão, o aeroporto de Faro poderá ser mais vulnerável à propagação de um *tsunami*. Na região do aeroporto de Sendai existia, antes do *tsunami* de 2011, uma faixa de floresta com uma extensão aproximada de 300 m. Esta faixa tinha como função mitigar os danos provocados por *tsunamis* na região onde se situa o aeroporto, mas devido às dimensões do evento de 2011 as árvores foram arrancadas e transportadas na direção do aeroporto constituindo parte dos detritos que tiveram de ser removidos. Entre a linha de costa e o aeroporto de Faro não existe uma faixa idêntica, mas na praia de Faro há um número elevado de edifícios (n=322) numa extensão aproximada de 2 km (fig. 1). Para os cenários estudados, considerou-se o galgamento do cordão dunar por um *tsunami*. Alguns desses edifícios poderão sofrer danos, originar detritos que podem ser transportados na direção do aeroporto. As orientações sub-paralelas à costa de algumas estruturas do aeroporto de Faro, caso não seja danificadas pelo *tsunami*, podem constituir-se como locais de resistência à propagação do tsunami e funcionar como locais preferenciais de acumulação de detritos. É o caso do terminal, que poderá acumular uma grande quantidade de detritos na sua fachada sul. Os edifícios existentes no aeroporto, a sul dos tanques de armazenagem de combustível, poderão bloquear um fluxo do *tsunami* com direção sul-norte e, caso não sofram danos estruturais, poderão evitar que

os materiais transportados pelas águas atinjam estas estruturas evitando o seu colapso. Esta circunstância observou-se no aeroporto de Sendai onde o tanque de armazenamento foi protegido do fluxo do *tsunami*, por edifícios que foram capazes de bloquear o deslocamento das águas e desviar detritos, impedindo que colidissem diretamente com o tanque de combustível (IATA, 2018). É de referir que o transporte de combustível para o aeroporto de Faro é realizado por camiões cisterna, que podem ser arrastados por *tsunamis*, com maiores caudais e profundidades de água, e sofrer danos. A quantidade enorme de detritos acumulados nas instalações do aeroporto de Sendai impossibilitaram a sua remoção manual, tendo sido necessário empregar máquinas pesadas para sua a limpeza. A ajuda das forças armadas dos EUA, com maquinaria pesada, foi importante para restaurar rapidamente o funcionamento do aeroporto de Sendai (IATA, 2018). Os planos de emergência de proteção civil (e.g planos distrital e municipal de Faro), o Plano Prévio de Intervenção para o Aeroporto de Faro (PPIAF) e o Plano de Emergência do Aeroporto de Faro (PEAF) deverão considerar a utilização de material específico para este tipo de limpeza de materiais. O Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil de Faro (PMEPCF) considera a possibilidade da ocorrência de *tsunamis* no concelho de Faro e define as orientações relativamente à atuação dos vários intervenientes na fase de resposta (Pais 2010). No entanto, a revisão deste plano deverá ter em consideração as vulnerabilidades identificadas no presente estudo, de modo a possibilitar uma resposta rápida. O PPIAF (ANPC 2015) define o apoio a ser prestado aos meios internos do aeroporto em fase de resposta, mas não considera como fonte de perigo a ocorrência de um *tsunami*. O sistema de sinalização da pista do aeroporto de Sendai foi destruído, sendo de esperar que o mesmo possa suceder em Faro. Nesse sentido, devem ser planeados procedimentos que permitam uma rápida colocação de sinalização de modo a operacionalizar a sua pista de aterragem. O aeroporto de Sendai começou as operações de reabilitação dois dias depois do sismo e no dia 15 de março de 2011, quatro dias depois do *tsunami*, o aeroporto começou a ser utilizado para atividades de emergência e socorro (United Nations University, 2013).

Foi emitido um aviso de *tsunami* para o aeroporto de Sendai com 1 hora de antecedência à chegada das primeiras ondas à pista de aterragem. Este aviso permitiu encerrar o aeroporto e proceder à evacuação de todos os passageiros e funcionários do aeroporto, bem como dos residentes das áreas circundantes ao aeroporto para os pisos superiores do seu terminal (IATA, 2018). Será necessário operacionalizar um sistema de aviso semelhante no aeroporto de Faro, com o objetivo de se proceder à evacuação dos passageiros e funcionários do aeroporto para locais seguros. Com a exceção do cenário

mais gravoso (cota de 10 m), o piso superior do terminal poderá, caso não sofra danos estruturais decorrentes do sismo gerador do *tsunami*, constituir-se como local de destino para a evacuação de pessoas. O aeroporto de Faro e as entidades locais poderão conceber e implementar um sistema de aviso semelhante a outros já existentes a nível local, como por exemplo o sistema implementado em Setúbal (Santos *et al.*, 2017). É de assinalar que o PMEPCF (Pais 2010) não inclui nos seus procedimentos um sistema de monitorização para a ocorrência de *tsunamis*.

Conclusões

Será provável que para *tsunamis* que alcancem cotas de 4 a 5 m o aeroporto de Faro fique impossibilitado de receber voos comerciais, mas deverá poder receber voos destinados à resposta de emergência. No cenário de cota de 6 m, grande parte da pista de aterragem deverá ser inundada pela propagação de um *tsunami* e nestas circunstâncias o aeroporto de Faro poderá ficar inoperacional. É de realçar que para o cenário menos gravoso (cota de 3 m), os bombeiros do aeroporto poderão ser atingidos pelas ondas de um *tsunami* devendo ficar inoperacionais. Nesse sentido deve-se recolocar esta estrutura para uma zona segura considerando o cenário mais gravoso (10 m). Para os todos os cenários considerados, existe uma área que não deverá ser submersa pelo deslocamento de um *tsunami* para os cenários considerados. Esta engloba uma parcela localizada na zona oeste do aeroporto, que poderá ser destinada à realocização dos bombeiros do aeroporto e à construção de um parque de estacionamento alternativo para os camiões de combustível. O terminal deverá ficar inundado a partir do cenário da cota de 3 m, mas com a exceção do cenário mais gravoso, o piso superior do terminal poderá, caso não sofra danos estruturais, constituir-se como local de destino para a evacuação de pessoas. Deverá ser estudada a capacidade de resistência do terminal do aeroporto de Faro à inundação de *tsunamis* com profundidades máximas de 4 a 6 m. Deverá ser prestada aos funcionários e ocupantes do aeroporto, informação sobre medidas de autoproteção face à ocorrência de *tsunamis* e sismos. A realização de exercícios no aeroporto de Faro, com entidades públicas e privadas, para testar a resposta face à ocorrência deste tipo de perigos é uma medida de preparação fundamental. Os vários instrumentos de planeamento e resposta (PMECPF, PPIAF, PEAF) deverão ter em consideração os resultados obtidos no presente estudo.

Para além das medidas de mitigação já referidas, poderá ser equacionada a construção de uma proteção estrutural (por exemplos diques) na zona sul e leste do aeroporto,

de modo a diminuir as suas vulnerabilidades face à ocorrência de *tsunamis*. É fundamental implementar um sistema de aviso e alerta de modo a poder salvaguardar a segurança das pessoas que se encontrem no aeroporto durante a ocorrência de um *tsunami*.

Os resultados apresentados neste estudo devem ser complementados e aferidos com análise de risco em que sejam contemplados modelos hidrodinâmicos, de modo a se estimarem velocidades de escoamento. Esta variável assume relevância na estimativa de danos e na capacidade de transporte de materiais por inundação por *tsunamis*.

Bibliografia

- Andrade, C. (1992). Tsunami generated forms in the Algarve barrier islands (south Portugal). *Science of tsunami hazards*, 10 (1), 21-33.
- ANPC (2010). *Plano Especial de Emergência de Proteção Civil para o Risco Sísmico e de Tsunamis na Região do Algarve*, 226p.
- ANPC (2015). *Plano Prévio de Intervenção para o Aeroporto Internacional de Faro*, 43p.
- AON Benfield (2011). *Tohoku Earthquake & Tsunami Event Recap Report*, 37p.
- Baptista, M. e Miranda, J. (2009). Revision of the portuguese catalog of tsunamis. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, 25-42.
- Baptista M., Miranda J., Omira R., Antunes C. (2011). Potential inundation of Lisbon downtown by a 1755-like tsunami. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 3319-3326.
- Costa, P., Andrade, C., Freitas, M., Oliveira, M., Lopes, V., Dawson, A., Moreno, J., Fatela, F., Jouanneau, J.-M., (2012). A tsunami record in the sedimentary archive of the central Algarve coast, Portugal: characterizing sediment, reconstructing sources and inundation paths. *The Holocene*, 22 (8), 899-914.
- Costa P., Costas S., González-Villanueva R., Oliveira M., Roelvink D., Andrade C., Freitas M., Cunha P., Martins A., Buylaert J., A.Murray A. (2016). How did the AD 1755 tsunami impact on sand barriers across the southern coast of Portugal? *Geomorphology*, 268l, 296-311.
- Daveau S., Almeida, G., Feio, M., Rebelo, F., Silva R. F. M., Sobrinho, A. S. (1978). Os temporais de Fevereiro/Março de 1978. *Finisterra*, 26, 236-260.
- Freitas, J. e Diasm J. (2013). 1941 windstorm effects on the Portuguese Coast. What lessons for the future? *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 65, 714-719.

- Honesti, L., Majid, M., Djali N., Muchlian, M. (2019). Establishing factors of building vulnerability towards tsunami hazard. *MATEC Web of Conferences*. DOI:<https://doi.org/10.1051/mateconf/201925803011>
- IATA (2018). *Fuel Operations After Natural Disasters Experiences From The Industry*, 80 p.
- ICAO (2011). *The Twenty-First Meeting of the APAN-PIRG ATM/AIS/SAR Sub-Group (ATM/AIS/SAR/SG/21)* Bangkok, Thailand.
- INE (2011). *Censos da população 2011*. Instituto Nacional de Estatística.
- Nakahara, H., Sato, H., Nishimura T., Fujiwara, H. (2011). Direct observation of rupture propagation during the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (Mw 9.0) using a small seismic array. *Earth Planets Space*, 63, 589-594.
- Martínez-Graña A., Boski T., Goy J., Zazo C., Dabrioda C. (2016). Coastal-flood risk management in central Algarve: Vulnerability and flood risk indices (South Portugal). *Ecological Indicators*, 71, 302-316.
- Magalhães, A. (2016). *Simulação Numérica do Tsunami de Lisboa de 1755m (Dissertação de Mestrado)*. Apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 148 p.
- Pais, S. (2010b). *Plano Municipal de Emergência de Protecção Civil de Faro - Vol. I - Partes não reservadas*. Serviço Municipal de Protecção Civil de Faro, Faro. 165 p.
- Santos A., Fonseca N., Queirós M., Zêzere J., Bucho J. (2017). Implementation of Tsunami Evacuation Maps at Setubal Municipality, Portugal. *Geosciences* 2017, 116 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/geosciences7040116>
- Silva, J., Silva, A., Leitão, P., Silva, A. (2016). Modelling Tsunamis with a Non-Hydrostatic Version of the MOHID Model. *4^{as} Jornadas de Engenharia Hidrográfica*. Disponível em: https://www.hidrografico.pt/recursos/files/jornadas_EH/JEH2016/20160622-sessao-2-4-Modeling-tsunamis.pdf (acedido em 14/5/2020).
- Suppasri, A., Shuto, N., Imamura, F., Koshimura, S., Mas, E., Yalciner, A. (2013). Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Tsunami: Performance of Tsunami Countermeasures, Coastal Buildings, and Tsunami Evacuation in Japan. *Pure Appl. Geophys.* 170, 993-1018.
- UNITED NATIONS UNIVERSITY (2013). The Great East Japan Earthquake 11 March 2011 - Lessons Learned and Research Questions. *Conference proceedings*, 100 p.
- Weibel, R. and Heller, M. (1991). Digital Terrain Modeling. In: Maguire, D.J., Goodchild, M.F. and Rhind, D.W. (eds.). *Geographical Information Systems: Principles and Applications*. London: Longman, 269-297.