

AVALIAÇÃO E COMUNICAÇÃO DE SUSCETIBILIDADE COSTEIRA EM CENÁRIOS DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS: DOIS CASOS DE ESTUDO NA COSTA PORTUGUESA

C.I.C. Vargas¹, F.D. Santos¹, G. Penha-Lopes¹, P. Cardoso¹, T. Lourenço¹, L. Schmidt², C. Gomes²

1. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande, Edifício C5, 1749-016, Lisboa, Portugal, fdsantos@siam.fis.fc.ul.pt
2. ICS, Universidade de Lisboa, Av. Professor Aníbal de Bettencourt, n.º 9, 1600-189, Lisboa, Portugal, schmidt@ics.ul.pt

RESUMO

Neste trabalho é proposta uma metodologia de mapeamento de suscetibilidade ao avanço do mar em zonas costeiras, em cenários de alterações climáticas. Nestes mapeamentos, as áreas suscetíveis são delimitadas projetando em MDT (modelo digital de terreno) os níveis de inundação e espraio, correspondentes a combinações de extremos de vários agentes forçadores (maré, sobreelevação meteorológica e agitação marítima) sobrepostos a níveis projetados de subida relativa do NMM (nível médio do mar).

A abordagem adotada na elaboração dos mapeamentos de suscetibilidade permite: a) identificar as áreas propensas ao avanço do mar na sequência de eventos hidrodinâmicos extremos de probabilidade de ocorrência muito pequena, mas que a História revela poderem ocorrer; b) zonar as áreas suscetíveis de acordo com o seu grau de suscetibilidade, para apoio na priorização de intervenções de adaptação; c) discriminar visualmente as áreas suscetíveis aos fenómenos de inundação, espraio e galgamento; e d) comunicar a incerteza associada às projeções de subida do NMM em cada horizonte temporal em estudo (2025, 2050 e 2100).

Esta abordagem é aplicada a ambientes da costa portuguesa densamente urbanizados e/ou em intensa expansão urbanística: Costa da Caparica - troço baixo arenoso a sul do Estuário do Tejo e abrigado da agitação marítima de noroeste pelo Cabo da Roca; e Quarteira - troço na costa sul a oeste da Ria Formosa, atuado por regime de agitação menos energético e constituído por arribas brandas interrompidas por planícies litorais situadas na foz de ribeiras. Os mapeamentos produzidos para estas áreas de estudo serão utilizados na comunicação e sensibilização de populações e *stakeholders* locais para o potencial agravamento de fenómenos de inundação costeira e a necessidade de se adotarem medidas de adaptação.

A área de estudo da Costa da Caparica, com predomínio de morfologia em planície baixa, apresenta maior extensão de território propensa ao avanço do mar no longo termo. Este território suscetível coincide em grande medida com áreas construídas. Em Quarteira, as áreas mais suscetíveis coincidem sobretudo com vales de ribeiras, sem grande exploração urbanística, se bem que a área construída se venha a expandir na direção destas planícies litorais.

Palavras-chave: inundação costeira, alterações climáticas, suscetibilidade e comunicação

ENQUADRAMENTO

Existe atualmente um alargado consenso científico de que as alterações climáticas observadas são, em parte, um resultado do aquecimento global induzido pelas emissões antrópicas de gases com efeito de estufa.

Na avaliação do risco de inundação de origem marítima, a subida do NMM global é o fenómeno diretamente decorrente das alterações climáticas que requer maior atenção na costa portuguesa. Com efeito, de acordo com estudos recentes aplicados à costa portuguesa, não se têm verificado modificações significativas no regime de agitação marítima ao longo das últimas décadas (Ferreira *et al.*, 2009), nem se espera que venha a alterar-se de forma expressiva ao

longo deste século em resultado das alterações climáticas projetadas (Andrade *et al.*, 2006). Estão em falta estudos que permitam aferir a influência das alterações climáticas no regime de sobre-elevação meteorológica e maré.

As inundações marítimas de consequências mais gravosas resultam da coincidência de extremos de vários fatores forçadores, como níveis elevados de maré em simultâneo com tempestade marítima.

Não sendo equacionadas medidas de adaptação adequadas, os impactos de inundações costeiras são agravados pela intensificação da ocupação em áreas costeiras, com reflexos a nível económico e social (Meehl *et al.*, 2007; Stern, 2006; e Church *et al.*, 2010).

Afigura-se assim necessário um planeamento de médio a longo prazo das regiões costeiras que acautele os potenciais impactos negativos, agravados em cenários de alterações climáticas. Uma aplicação eficaz das medidas definidas em sede de planeamento requer a sensibilização das populações e *stakeholders*, e a promoção da sua participação ativa e esclarecida nas tomadas de decisão.

O trabalho que aqui se apresenta constitui uma resposta à necessidade de metodologias práticas de avaliação e representação cartográfica da suscetibilidade do território costeiro a inundações de origem marítima em cenários de alterações climáticas - contemplando a evolução projetada do NMM e, se possível e justificável, considerando a evolução futura de extremos nos regimes de maré, sobre-elevação e agitação marítima. São considerados os cenários SRES estabelecidos pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Nakićenović e Swart, 2000).

Esta metodologia é desenvolvida no âmbito do Projeto de investigação CHANGE (Mudanças Climáticas, Costeiras e Sociais, coordenado pelo Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa e com a participação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa) visando avaliar a suscetibilidade de três áreas da costa continental portuguesa com elevada pressão urbanística. Tem raiz nos procedimentos estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território português para a produção de cartografia municipal de risco (Julião *et al.*, 2009).

Neste artigo serão apresentados e discutidos os resultados dos mapeamentos de suscetibilidade produzidos para as áreas de estudo da Costa da Caparica e de Quarteira, estando ainda em elaboração os mapeamentos da área de estudo de Vagueira.

Os mapeamentos produzidos têm utilidade: 1) na sensibilização para os impactos de eventos hidrodinâmicos extremos, agravados pela subida do NMM no curto, médio e longo prazo; e 2) na capacitação das entidades competentes e da população em geral de informação facilitadora de decisões de ordenamento e gestão do litoral.

METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO E MAPEAMENTO DE SUSCETIBILIDADE

A abordagem metodológica adotada para análise e mapeamento das áreas suscetíveis ao avanço do mar fundamenta-se no Princípio da Precaução, perspetivando um planeamento de longo prazo das zonas costeiras que antecipe os problemas e acautele o défice de conhecimento e a capacidade de intervenção (Harremoës *et al.*, 2002). Por conseguinte, e para cada um dos horizontes temporais em estudo (2025, 2050 e 2100, respetivamente no curto, médio e longo prazo), estabelecem-se três condições forçadoras de inundação, correspondentes à coincidência de níveis extremos de maré, de sobre-elevação meteorológica e de elevação de esprai de onda, sobre níveis projetados de elevação relativa do NMM.

Projeções de subida do NMM

De forma a projetar a evolução do NMM em cenários de alterações climáticas num dado local importa conhecer as projeções mais atuais de subida do NMM do mar global (variação fundamentalmente dependente da expansão térmica do oceano global e das trocas de água

entre reservatórios) e afetar estas projeções dos processos que influenciam o NMM local (essencialmente movimentos verticais da crosta terrestre).

Com este intuito, foram analisados os pressupostos e projeções obtidos com os mais recentes modelos de subida do NMM global, em particular as contribuições de Grinsted *et al.* (2010), Meehl *et al.* (2007) e Vermeer e Rahmstorf (2009). Meehl *et al.* (2007) recorreram a AOGCMs (*Atmosphere-Ocean General Circulation Models*) para modelar os vários processos contribuintes para a subida do NMM global, ao passo que Grinsted *et al.* (2010) e Vermeer e Rahmstorf (2009) desenvolveram modelos semi-empíricos, baseados na relação entre observações históricas do NMM global e registos de temperatura atmosférica.

Dado o défice de conhecimento quanto à potencial aceleração do degelo das calotes polares da Gronelândia e da Antártida, não foi possível incorporar esta contribuição nos AOGCMs. Os modelos semi-empíricos foram calibrados com registos de subida do NMM global do séc. XX, superando as limitações dos modelos determinísticos, e gerando projeções mais robustas.

Com o objetivo de estabelecer limites à magnitude de resposta do oceano global, Pfeffer *et al.* (2008) avaliaram os potenciais condicionamentos glaciológicos à subida do NMM, concluindo ser fisicamente pouco plausível um aumento superior a 2 m até ao fim do séc. XXI (2000 como ano base). Como a projeção de Grinsted *et al.* (2010) para 2090-2099 ultrapassa os 2 m (reconstrução de temperatura de Jones e Mann, 2004), optou-se por considerar as projeções de Vermeer & Rahmstorf (2009) na metodologia utilizada, em detrimento da primeira.

Condições forçadoras

Estabeleceram-se as seguintes condições forçadoras de inundação e espraio (Figura 1):

Forçamento otimista – admite-se a ocorrência simultânea de preia-mar máxima média e de um temporal marítimo caracterizado por sobrelevação meteorológica e Hso (altura de onda significativa máxima ao largo) de períodos de retorno de 10 anos no curto prazo, de 25 no médio prazo e de 50 anos no longo prazo; considera-se o NMM relativo correspondente ao valor mínimo de NMM global projetado por Vermeer e Rahmstorf (2009) para o cenário B1 (cenário menos gravoso; definido em Nakićenović e Swart, 2000);

Forçamento intermédio – os mesmos NMM relativo e nível de maré do forçamento otimista, em simultâneo com temporal marítimo de sobrelevação meteorológica e Hso de períodos de retorno de 25 anos no curto prazo, de 50 no médio prazo e de 100 anos no longo prazo;

Forçamento pessimista – as mesmas condições forçadoras estabelecidas no forçamento intermédio, sobre o NMM relativo correspondente ao valor máximo de NMM global projetado por Vermeer e Rahmstorf (2009) para o cenário A1FI (cenário mais gravoso).

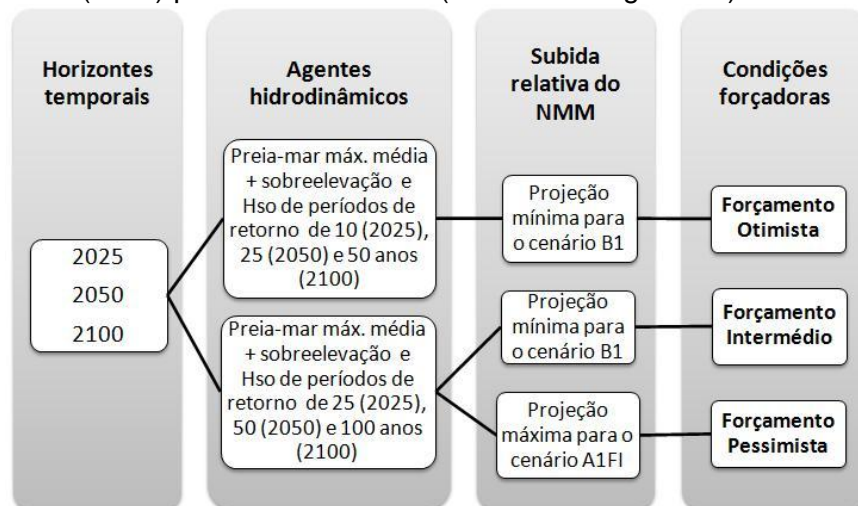


Figura 1. Definição das condições forçadoras

Mapeamentos resultantes

As áreas suscetíveis ao avanço do mar são delimitadas por projeção em MDT dos níveis de inundação e de elevação de espraio, assinalando-se galgamento quando as linhas de cumeada frontais à linha de costa apresentam cotas inferiores ao nível de máximo espraio determinado.

Considera-se nível de inundação o somatório do NMM relativo, do nível de preia-mar máxima média e da sobre elevação de tempestade. A elevação de espraio é determinada por aplicação da formulação de Stockdon *et al.* (2007), formulação empírica que se ajusta à gama de praias intermédias a refletivas (típicas na costa portuguesa) e que foi calibrada para uma ampla gama de ambientes e condições hidromorfodinâmicas.

Admite-se que a ação das condições forçadoras não é condicionada pelo tipo de ocupação dos territórios costeiros. Negligencia-se, portanto, a influência do património construído na delimitação das áreas suscetíveis, à excepção das obras portuárias e de defesa costeira. Admite-se que a morfologia do terreno não se altera ao longo do século e que os terrenos adjacentes à linha de costa têm morfologia regular. Assume-se ainda que as características geomorfológicas da face de praia se prolongam ao longo da vertente frontal à linha de costa.

Conhecidas as áreas propensas a inundação e espraio para as três condições forçadoras estabelecidas em cada horizonte temporal, é produzido o **mapeamento de suscetibilidade** por diferenciação de áreas segundo as seguintes classes:

Suscetibilidade elevada – áreas mais propensas, prevendo-se serem afetadas em todas as condições forçadoras estabelecidas;

Suscetibilidade moderada – áreas de propensão intermédia, prevendo-se serem afetadas nos forçamentos intermédio e pessimista; e

Suscetibilidade baixa – áreas menos propensas, prevendo-se serem afetadas apenas no forçamento pessimista.

Cada mapeamento de suscetibilidade deverá ser acompanhado de uma “Nota explicativa”, onde constem as cotas máximas de inundação e de elevação de espraio determinadas para cada forçamento (ver exemplo da Tabela 2). Nessa nota explicativa deverão ser também apresentados os NMMs relativos e os níveis extremos de maré, sobre elevação meteorológica e espraio da onda (estes últimos obtidos a partir de Hso de período de retorno conhecido), que se estabelece ocorrerem em simultâneo em cada forçamento (Tabela 1 como exemplo).

Para compreender a contribuição dos fenómenos de inundação e espraio na delimitação das áreas suscetíveis, propõe-se a produção de um mapeamento para cada forçamento, zonando as áreas afetadas por fenómeno - **mapeamento por fenómenos** (ver Figura 3).

ÁREAS DE ESTUDO

O troço costeiro em estudo na Costa da Caparica (da povoação da Cova do Vapor até à Fonte da Telha) localiza-se na costa ocidental de Portugal Continental, imediatamente a sul da embocadura do estuário do Tejo (Figura 2). Ocupa a zona superior do arco Costa da Caparica – Cabo Espichel, apresentando uma orientação de linha de costa NNW-SSE.

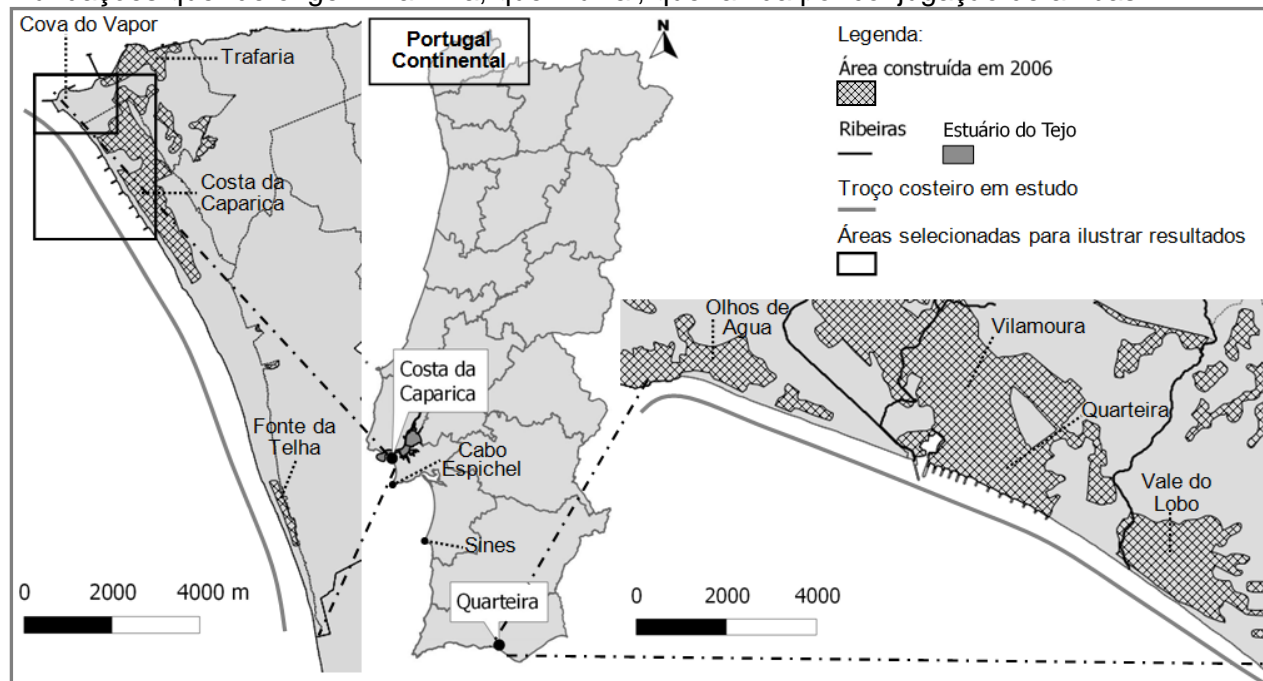
O troço em estudo de Quarteira (da povoação de Olhos de Água até Vale do Lobo) localiza-se na costa sul, com orientação predominante da linha de costa WNW-ESE.

Ambos os troços em estudo estendem-se por cerca de 14 km de frente marítima, apresentando trechos densamente urbanizados, mas diferindo na morfologia e no regime médio e extremo de agitação marítima.

Geomorfologia, agitação marítima e NMM

O troço costeiro da Costa da Caparica é caracterizado por uma planície costeira, baixa e arenosa, com largura crescente para norte, situada na base da Arriba Fóssil da Costa da Caparica. A topografia baixa e a fragilidade do seu sistema dunar tornam este troço litoral mais propenso a inundações de origem marinha.

Na área de estudo de Quarteira predomina a morfologia de arriba interrompida por planícies litorais, na foz de ribeiras. Os ambientes costeiros em planície litoral são os mais propensos a inundações quer de origem marinha, quer fluvial, quer ainda por conjugação de ambas.



Fonte: Caetano et al. (2006)

Figura 2. Localização das áreas de estudo com marcação em frente à linha de costa do troço costeiro abrangido e das zonas selecionadas para ilustrar a análise de suscetibilidade

A costa oeste portuguesa é considerada uma das mais energéticas da Europa, consequência da sua exposição ao clima de agitação marítima do Atlântico Norte. As tempestades marítimas são aqui frequentes entre Outubro e Março. De acordo com Costa et al. (2001) o regime médio de agitação ao largo de Sines apresenta valores mais frequentes de altura significativa de onda na classe de 1 a 2 m (49% das ocorrências), representando os valores superiores a 3 m cerca de 10% das ocorrências. A agitação tem origem predominante dos octantes NW e W, com uma frequência que não excede os 3% de SW.

A área de estudo da Costa da Caparica encontra-se abrigada das condições de agitação de noroeste pelo Cabo da Roca, a norte do arco Caparica – Espichel, resultando assim uma diminuição da energia do regime de agitação de sul para norte neste troço.

A costa sul é abrigada da agitação com origem no Atlântico Norte, o que justifica um regime de agitação menos energético. No clima de agitação dominam as direções de W - SW (cerca de 68%) e a altura significativa de onda é inferior a 2 m em 90% das ocorrências, das quais a maioria apresenta valores inferiores a 1 m (Veloso Gomes et al., 2006). Os eventos de tempestade são menos frequentes e não alcançam a intensidade observada na costa Oeste.

Por análise das séries maregráficas de Cascais (referência para a Costa da Caparica) e de Lagos (mais próximo de Quarteira), observam-se valores médios de subida relativa do NMM para o século passado de 1,9 mm/ano (Antunes e Taborda, 2009) e 1,5 +/- 0,2 mm/ano (Dias e Taborda, 1988), respetivamente. As velocidades verticais estimadas por Bruyninx (2004) e Peltier (2004) para as duas áreas de estudo são uma ordem de grandeza inferior às taxas de subida relativa do NMM no séc. XX.

Eventos extremos nas áreas de estudo

É com relativa facilidade que se encontram na literatura científica e comunicação social relatos de eventos extremos que resultaram em danos sobre as áreas de estudo.

Refere-se, a título de exemplo, o evento excepcional de Dezembro de 1981 que deixou rasto ao longo de toda a costa portuguesa. Este temporal de longa duração caracterizou-se por uma sobre-elevação meteorológica máxima em Cascais de 52 cm e agitação marítima com 10 a 12 m de altura significativa e rumo SW (Taborda e Dias, 1992). Na costa sul, esta tempestade teve expressão maior no pico de maré, a que se sobrepuseram um nível de sobre-elevação meteorológica de 42 cm e elevados níveis de espraio (Gama *et al.*, 1997; Taborda e Dias, 1992).

Níveis de Inundação e Espraio para avaliação da suscetibilidade

Nas tabelas seguintes apresentam-se de forma sistematizada os dados base para produção dos mapeamentos de suscetibilidade e por fenómenos das duas áreas de estudo.

Tabela 1. NMMs relativos e níveis extremos de maré, sobre-elevação e elevação de espraio

Horizonte temporal	Projeção de subida relativa do NMM (m)		Preia-mar máxima média (m)	Sobreelevação meteorológica e espraio para diferentes períodos de retorno			
	Mínima no cenário B1	Máxima no cenário A1FI		10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
Costa da Caparica*							
2025	0,1	0,1	2,0	S de 0,5 m e E entre 5,9 e 9,9 m (Hso de 10,7 m)	S de 0,5 m e E entre 6,6 e 11,0 m (Hso de 11,8 m)	S de 0,6 m e E entre 7,2 e 12,0 m (Hso de 12,7 m)	S de 0,6 m e E entre 7,8 e 13,2 m (Hso de 13,7 m)
2050	0,2	0,4					
2100	0,6	1,6					
Quarteira**							
2025	0,1	0,1	1,9	S de 0,6 m e E entre 3,5 e 3,7 m (Hso de 6,4 m)	S de 0,6 m e E entre 4,0 e 4,3 m (Hso de 7,4 m)	S de 0,7 m e E entre 4,4 e 4,7 m (Hso de 8,1 m)	S de 0,7 m e E entre 4,8 e 5,1 m (Hso de 8,8 m)
2050	0,2	0,4					
2100	0,6	1,6					

*2007 como ano base do NMM relativo; **2006 como ano base do NMM relativo; S – sobre-elevação meteorológica; E – elevação de espraio; Fontes: Antunes (2007) para os níveis de maré, Andrade *et al.* (2006), Pires e Pessanha (1986a e 1986b), Pires (1998)

Ao longo do séc. XXI a diferença entre as projeções mínima e máxima de subida do NMM extrapoladas de Vermeer e Rahmstorf (2009) vai sendo mais dilatada, devendo o NMM relativo aumentar entre 60 cm e 1,6 m no final do século em ambas as regiões em estudo.

As elevações de espraio obtidas refletem o contraste entre os regimes de agitação da costa oeste de Portugal Continental (Pires e Pessanha, 1986a e 1986b) e da costa sul (Pires, 1998). Os valores de sobre-elevação para períodos de retorno conhecidos são, por sua vez, semelhantes na zona centro/sul da costa oeste e na costa sul (Andrade *et al.*, 2006).

Tabela 2. Cotas máximas de inundação e espraio

	Horizonte temporal	Forçamento otimista		Forçamento intermédio		Forçamento pessimista	
		CI (m)	CE (m)	CI (m)	CE (m)	CI (m)	CE (m)
Cotas máximas de inundação e de espraio	Costa da Caparica						
	2025	2,5	12,4	2,5	13,6	2,6	13,7
	2050	2,5	12,4	2,7	14,8	2,9	15,0
	2100	3,1	15,2	3,1	16,3	4,1	17,3
	Quarteira						
	2025	2,5	6,3	2,6	6,9	2,7	7,0
	2050	2,7	7,1	2,8	7,5	3,0	7,7
	2100	3,1	7,8	3,2	8,3	4,1	9,3

CI – cota máxima de inundação; CE – cota de máximo espraio

SUSCETIBILIDADE DAS ÁREAS DE ESTUDO AO AVANÇO DO MAR

Nesta secção é analisada a suscetibilidade à inundação e espraio dos territórios costeiros em estudo, tendo por base os mapeamentos de suscetibilidade obtidos. Analisa-se também a evolução da ocupação ao longo das duas últimas décadas nas áreas avaliadas como suscetíveis aos forçamentos estabelecidos para 2100.

Como expectável, a morfologia dominante em cada área de estudo determinou que trechos costeiros, e em que extensão para o interior, são suscetíveis aos fenómenos de inundação e espraio. No excerto do mapeamento por fenómenos na Costa da Caparica apresentado na Figura 3 é possível distinguir as zonas afetadas por inundação e espraio numa das combinações de condições forçadoras estipuladas – forçamento intermédio no ano de 2100.



Fontes: Altimetria do Concelho de Almada gentilmente cedida pelos SMAS de Almada; Ortofotos do Instituto Geográfico Português (fotografias aéreas adquiridas entre 2004-2006)

Figura 3. Pormenor de mapeamento por fenómenos na área de estudo da Costa da Caparica (forçamento intermédio no ano de 2100)

A área de estudo da Costa da Caparica, caracterizada por uma zona norte com uma extensão significativa de terrenos interiores a cotas baixas, é a que, de entre as duas áreas e no médio a longo prazo, apresenta maior superfície de território propenso à inundação (Costa da Caparica com 5,65 km² e Quarteira com 3,55 km², para 2100).

As áreas mais propensas à inundação no troço de Quarteira coincidem com as zonas mais baixas dos vários leitos de ribeiras (planícies litorais) que afluem a este troço costeiro (Figuras 2 e 5).

Na área de estudo da Costa da Caparica os mapeamentos de suscetibilidade obtidos (ver Figura 4) dão indicação de que, no curto e médio prazo, e para os forçamentos estabelecidos, as regiões mais interiores estarão protegidas de inundação pelos paredões e duna primária (da Cova do Vapor à Fonte da Telha), ou pela maior elevação do terreno adjacente à linha de costa (da Cova do Vapor à Trafaria).

A cota de elevação destas defesas frontais condiciona o zonamento de suscetibilidade nos trechos das áreas de estudo assim protegidos. Por exemplo, no curto e médio prazo estes trechos apenas apresentam zonamento de suscetibilidade elevada (ver Figura 4), devido à sobreposição dos mapeamentos dos três forçamentos estabelecidos em ambos os horizontes.

Considera-se que os mapeamentos de suscetibilidade, enquanto ferramenta de comunicação adotada no âmbito do projeto de investigação em curso, permitem transmitir com facilidade a incerteza inerente aos cenários SRES de alterações climáticas (Nakićenović e Swart, 2000) tomados por base nas projeções de subida do NMM. Com efeito, os forçamentos intermédio e pessimista diferem na projeção do NMM considerada, sendo essa diferença traduzida em mapa através da zona de suscetibilidade baixa.



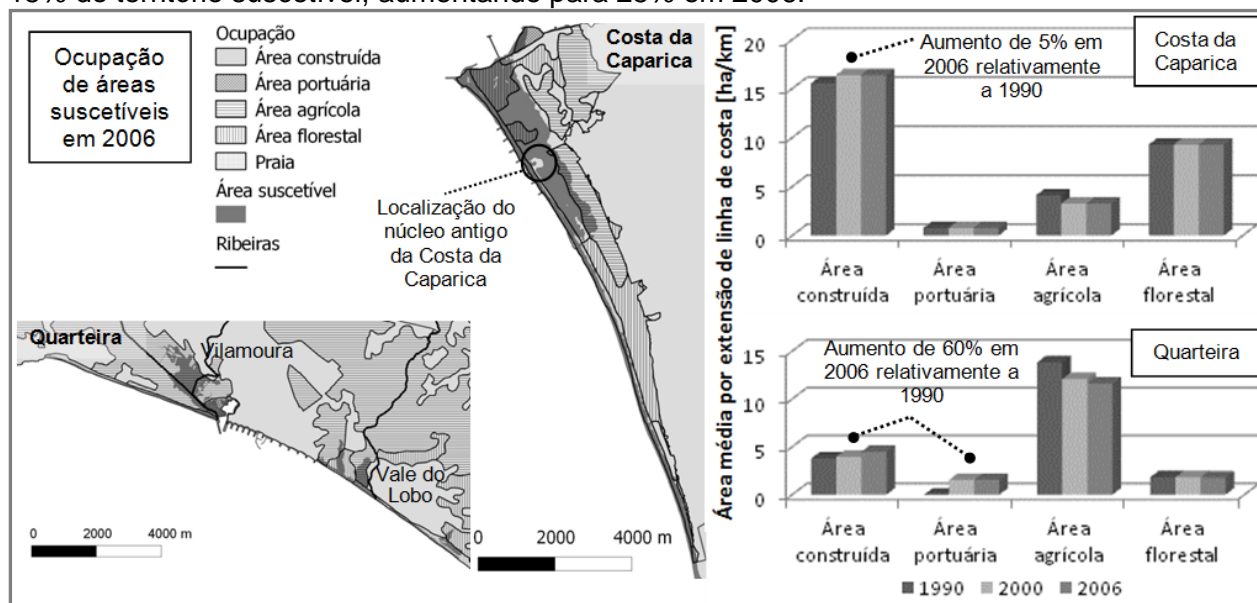
Figura 4. Pormenor dos mapeamentos de suscetibilidade

Evolução da ocupação em áreas suscetíveis

Em 1990, a área construída (incluindo área portuária) na Costa da Caparica representava cerca de 40% do território classificado como suscetível no horizonte temporal de 2100, não tendo ocorrido alterações significativas até 2006 (crescimento de apenas 5% entre 1990 e 2006, conforme gráfico da Figura 5). Por conseguinte, o pico de expansão urbanística nesta área será anterior a 1990.

O núcleo antigo da Costa da Caparica, assinalado na Figura 5, corresponde à zona mais elevada desta área e, por conseguinte, não é suscetível a inundações.

A expansão urbanística é mais recente em Quarteira. Com efeito, entre 1990 e 2006 registou-se uma expansão da área construída de 60% nas zonas classificadas como suscetíveis no longo prazo (Figura 5). No ano de 1990 a área construída representava apenas 15% do território suscetível, aumentando para 25% em 2006.



Fonte: Caetano et al. (2006)

Figura 5. Evolução da ocupação de áreas suscetíveis entre 1990 e 2006

Em Quarteira as zonas classificadas como suscetíveis coincidem maioritariamente com ocupação não urbana (ocupação agrícola ou florestal nos leitos de cheia das ribeiras/planícies litorais), contrastando com as características de ocupação na área de estudo da Costa da

Caparica (Figura 5). A recente expansão urbanística na região de Quarteira tem-se desenvolvido na direção de planícies litorais, fronteiras a Vilamoura e a Vale do Lobo.

CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentada uma abordagem metodológica de avaliação da suscetibilidade de zonas costeiras ao avanço do mar, útil no planeamento da ocupação do território no curto, médio e longo prazo ao contemplar a subida projetada do NMM devida às alterações climáticas.

São propostos mapeamentos enquanto ferramenta facilitadora da comunicação da suscetibilidade a populações e a *stakeholders* locais, com o intuito de incentivar uma gestão do território mais consciente e participada. Estes mapeamentos zonam o território por grau de suscetibilidade, o que permite priorizar intervenções visando a adaptação face a eventos extremos.

A metodologia de avaliação e mapeamento de suscetibilidade foi aplicada a duas áreas de estudo da costa portuguesa com grande pressão urbanística. Na Costa da Caparica, área situada na costa ocidental portuguesa, uma grande extensão de território interior, em planície costeira e densamente construída, é avaliada como propensa à inundação no longo prazo, caso sejam mantidas as estruturas de defesa existentes.

Na área de estudo de Quarteira, na costa sul, sujeita a um regime de agitação menos energético, assinalam-se como zonas suscetíveis sobretudo as planícies litorais na foz de ribeiras, que se mantêm pouco exploradas urbanisticamente. No entanto a intensa expansão urbanística dos últimos tempos tem-se vindo a desenvolver na direção destas planícies.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e Tecnologia de Portugal pelo financiamento do Projeto CHANGE (PTDC/CS-SOC/100376/2008) e da bolsa de Pós-doutoramento do Dr. Gil Penha-Lopes. É dirigido um agradecimento especial ao Prof. Alveirinho Dias, ao Prof. Carlos Antunes, ao Prof. Óscar Ferreira, ao Prof. Rui Taborda, à Dra. Rita Jacinto, ao Dr. Luís Dias e ao Eng.º Nuno Grosso pelas sugestões e contributos na elaboração deste trabalho. Agradece-se igualmente os dados altimétricos dos Concelhos de Almada, Albufeira e Loulé gentilmente cedidos pelas autarquias locais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, C., Pires, H., Silva, P., Taborda, R. e Freitas, M. C., 2006, Zonas Costeiras, *In*: Santos, F. D. e Miranda, P. (eds), *Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação*, Gradiva, 169-208, Lisboa;
- Antunes, C., 2007, *Previsão de Marés dos Portos Principais de Portugal*, FCUL Webpage, http://webpages.fc.ul.pt/~cmantunes/hidrografia/hidro_mares.html;
- Antunes, C. e Taborda, R., 2009, Sea level at Cascais tide gauge: data, analysis and results, *Journal of Coastal Research*, 56 (1), 218-222;
- Bruyninx, C., 2004, The EUREF Permanent Network: a multi-disciplinary network serving surveyors as well as scientists, *Geoinformatics*, 7, 32-35;
- Caetano, M., Nunes, V. e Nunes, A., 2009, *CORINE Land Cover 2006 for Continental Portugal, Relatório técnico*, Instituto Geográfico Português, 97 p., Lisboa;
- Church, J.A., Woodworth, L.P., Aarup, T. e Wilson, W.S., 2010, *Understanding Sea-Level Rise and Variability*, Miley-Blackwell, 456 p.;
- Costa, M., Silva, R. e Vitorino, J., 2001, Contribuição para o estudo do clima de agitação marítima na costa portuguesa, *In: Proceedings das 2^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária*, Associação Nacional de Navegação, 20 p.;
- Dias, J.M.A. e Taborda, R., 1988, Evolução Recente do Nível Médio do Mar em Portugal, *Anais do Instituto Hidrográfico*, 9, 83-97, Lisboa;
- Ferreira, Ó., Voudouskas, M. e Ciavola, P., 2009, *MICORE Review of Climate Change Impacts on Storm Occurrence (Deliverable 1.4)*, MICORE Project, 125 p.;

Gama, C., Taborda, R. e Dias, J.M.A., 1997, Sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica ('storm surge'), em Portugal Continental, In: Carvalho, G.S., Gomes, F.V. e Pinto, F. (eds), *Colectânea de ideias sobre a zona costeira de Portugal*, Eurocoast – Portugal, 131-149, Porto;

Grinsted, A., Moore, J.C. e Jevrejeva, S., 2010, Reconstructing sea level from paleo and projected temperatures 200 to 2100 AD, *Climate Dynamics*, 34, 461–472;

Harremoës, P., Gee, D., MacGarvin, M., Stirling, A., Keys, J., Wynne, B. e Vaz, S.G., 2001, *Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896-2000*, Environmental issue report No 22, EEA, Copenhagen;

Jones, P.D. e Mann, M.E., 2004, Climate over past millennia. *Reviews of Geophysics*, 42, 42 p.;

Julião, R.P., Nery, F., Ribeiro, J.L., Castelo-Branco, M. e Zêzere, J.L., 2009, *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (sig) de base municipal*, Autoridade Nacional de Protecção Civil, Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano e Instituto Geográfico Português, 93 p., Lisboa;

Meehl, G.A., Stocker, T.F., Collins, W.D., Friedlingstein, P., Gaye, A.T., Gregory, J.M., Kitoh, A., Knutti, R., Murphy, J.M., Noda, A., Raper, S.C.B., Watterson, I.G., Weaver, A.J. e Zhao, Z.C., 2007, Global climate projections, In: Qin, D., Solomon, S., Manning, M., Marquis, M., Averyt, K., Tignor, M.M.B., Miller, H.L. Jr. e Chen, Z. (eds), *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group 1 to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*, Cambridge University Press, 996 p., Cambridge e New York;

Nakićenović, N. e Swart, R., 2000, *Special Report on Emissions Scenarios: A special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge;

Peltier, W.R., 2004, Global glacial isostasy and the surface of the ice-age Earth: the ICE-5G (VM2) Model and GRACE, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 32, 111 p.;

Pires, H.N.O., 1998, Preliminary Report on the wave climate at Faro – Project INDIA, Instituto de Meteorologia e Instituto Superior Técnico, 37 p., Lisboa;

Pires, H.N.O. e Pessanha, L.E.V., 1986a, Estima da Distribuição de Probabilidade dos Valores Extremos utilizando Séries Climatológicas Curtas, *Revista do INMG*, Lisboa;

Pires, H.N.O. e Pessanha, L.E.V., 1986b, Wave Power Climate of Portugal. In: Evans, D. e Falcão, A.F.O. (eds.), *Hydrodynamics of the Ocean Wave-Energy Utilization*, 157-167, Springer, Berlin-Heidelberg;

Pfeffer, W.T., Harper, J.T. e O'Neel, S., 2008, Kinematic constraints on glacier contributions to 21st-century sea-level rise, *Science*, 321(5894), 1340-1343;

Stern, N., 2006, *Stern Review: The Economics of Climate Change*, Cabinet Office - HM Treasury, 700 p.;

Stockdon, H.F., Sallenger, A.H., Holman, R.A. e Howd, P.A., 2007, A simple model for the spatially-variable coastal response to hurricanes, *Marine geology*, 238(1-4), 1-20;

Taborda, R. e Dias, J.M.A., 1992, Análise da sobrelevação do mar de origem meteorológica durante os temporais de Fevereiro/Março de 1978 e Dezembro de 1981, *Geonovas*, 1, 89-97, Lisboa;

Veloso Gomes, F., Taveira-Pinto, F., Neves, L. e Barbosa, J., 2006, *Pilot site of River Douro: Cape Mondego and case studies of Estela, Aveiro, Caparica, Vale do Lobo and Azores*. EUrosion, A European Initiative for Sustainable Coastal Erosion Management, EUROSION-PORTUGAL, 316 p., Porto;

Vermeer, M. e Rahmstorf, S., 2009, Global sea level linked to global temperature, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 106(51), 21527-21532.