

GALGAMENTOS COSTEIROS E MEDIDAS DE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NO LITORAL DE OVAR

Márcia LIMA^{1,2}, Carlos COELHO¹, Filipa JESUS¹

1. RISCO & Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, marcia.lima@ua.pt, ccoelho@ua.pt, filipajesus@ua.pt

2. DREAMS & Universidade Lusófona do Porto, Rua Augusto Rosa, n.º 24, 4000-098 Porto, marcia.lima@ulp.pt

RESUMO

A severidade do clima de agitação marítima que caracteriza a costa portuguesa, nomeadamente o litoral de Ovar, associada aos problemas de erosão costeira, leva frequentemente a situações de emergência devido a galgamentos e inundações, que põem em causa a segurança de pessoas, bens e infraestruturas. Por outro lado, espera-se que, em Portugal, a subida do nível do mar e as mudanças nas tempestades por efeito das alterações climáticas aumentem os episódios de galgamento. Por estes motivos, é fundamental antecipar consequências e reduzir os custos que possam resultar de galgamentos e inundações. Neste sentido, é objetivo deste trabalho, compreender a influência das alterações climáticas na previsão de eventos e custos de galgamento no litoral de Ovar, mais concretamente na obra aderente do Furadouro, e propor soluções baseadas na base de dados de medidas de mitigação e adaptação às alterações climáticas desenvolvida no âmbito do projeto INCCA (<http://incca.web.ua.pt/>). Foi analisada a incerteza associada à estimativa da subida do nível médio do mar e do clima de agitação futuro. A subida de 1.50 m corresponde ao pior cenário e estima-se um impacto direto, se outras medidas não forem tomadas, de um aumento dos custos atuais de galgamento e inundação em cerca de 2 a 7 vezes. Por outro lado, a incerteza no clima de agitação futuro, mostra que os custos associados a galgamentos, ao longo de 20 anos, poderão oscilar entre cerca de 2.5 e 3.7 milhões de euros, caso não sejam adotadas outras medidas de mitigação ou adaptação. Assim, para fazer face aos eventos futuros de galgamento propõem-se as medidas A32, B12, B14 e B21 descritas no projeto INCCA, correspondentes a alimentação artificial de sedimentos, reconfiguração das obras longitudinais aderentes, dissipação da energia das ondas com recurso a quebramares destacados e acomodação/reordenamento das frentes urbanas.

Palavras-Chave: Subida do Nível do Mar; Clima de Agitação; Furadouro; Inundações; Projeto INCCA.

1. INTRODUÇÃO

O galgamento de estruturas de defesa costeira é um fenómeno que se caracteriza pelo transporte de massa de água sobre o coroamento da estrutura, e que, num último momento, afeta diretamente as populações provocando perdas e danos. A estimativa dos caudais galgados, a avaliação do risco de ocorrência dos galgamentos e a determinação das consequências e custos correspondentes são dependentes de vários aspetos, sendo fundamental perceber a influência dos agentes forçadores nos resultados. O litoral do concelho de Ovar foi identificado como uma das zonas com mais elevada vulnerabilidade e risco costeiro (Coelho *et al.*, 2015). O défice sedimentar ao longo do litoral de Ovar é enorme e prevê-se que continuará a ser num futuro próximo, pelo que as situações de galgamento e de recuo da posição da linha de costa tendem a ser cada vez mais frequentes. Por outro lado, espera-se que, em Portugal, a subida do nível do mar e as mudanças nas tempestades por efeito das alterações climáticas aumentem os episódios de galgamento (Abadie *et al.*, 2020).

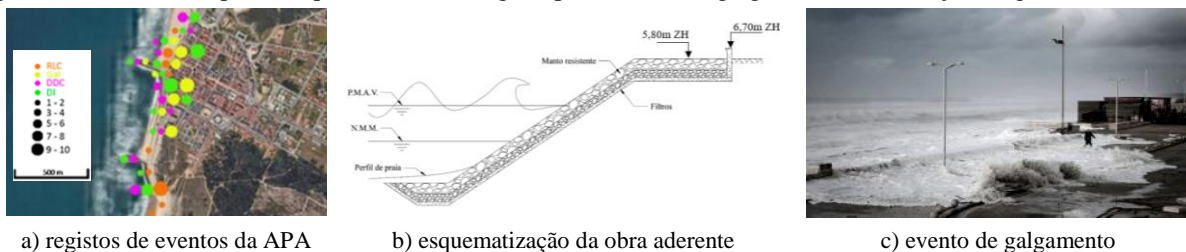
O projeto INCCA (Adaptação Integrada às Alterações Climáticas para Comunidades Resilientes) tem por objetivo promover uma abordagem que integre a adaptação às alterações climáticas (AAC) e a mitigação da erosão costeira em perspetivas de curto, médio e longo-prazo. A adaptação e mitigação deve considerar as dimensões social, ambiental, económica e de engenharia, para ajudar os órgãos de decisão a conceber planos de ação para implementação de estratégias de AAC sustentáveis e duradouras. Uma das componentes do projeto INCCA corresponde ao desenvolvimento de um manual de medidas de mitigação e adaptação à erosão costeira e às alterações climáticas (Lima *et al.*, 2021).

Neste sentido, é objetivo deste trabalho, com base na metodologia desenvolvida em Jesus (2020), compreender a influência das alterações climáticas na previsão de eventos e custos de galgamento no litoral de Ovar, mais concretamente na obra aderente do Furadouro e, com base no Manual desenvolvido no projeto INCCA, propor medidas de mitigação e adaptação que permitam reduzir o número de eventos de inundação e galgamento.

2. PREVISÃO DOS CUSTOS DE GALGAMENTO E INUNDAÇÃO

2.1. Caso de estudo

O litoral do concelho de Ovar é uma das zonas costeiras portuguesas com maior vulnerabilidade e risco no que diz respeito à erosão costeira e episódios de galgamento e inundação. Desde 2017 que a Agência Portuguesa do Ambiente procede aos registos de eventos, recorrendo a fichas tipificadas, que permitem uma melhor caracterização dos custos e consequências, tendo-se verificado, pela sua análise, que a zona do Furadouro é a que regista o maior número de eventos (Jesus, 2020), com registos de RLC (recuo da linha de costa), GAL (galgamentos), DDC (destruição do cordão dunar) e DI (destruição de infraestruturas), Fig.1a. Por este motivo, o presente trabalho incidiu no estudo de galgamentos na obra aderente de talude simples com parede de coroamento, localizada na praia do Furadouro, que é frequentemente fustigada por eventos de galgamento e inundação (Fig1.b e c).



a) registos de eventos da APA

b) esquematização da obra aderente

c) evento de galgamento

Fig. 1. Caso de estudo: Ovar, Furadouro.

2.2. Metodologia

A metodologia foi baseada na recolha e análise do histórico de intervenções costeiras e respetivos custos de manutenção, bem como no número de eventos de dano registados no passado e consequentes impactos. Foi necessária a definição de um período de análise passado, onde foi essencial conhecer o clima de agitação, custos de construção e/ou manutenção de estruturas costeiras, eventos de inundação e danos e custos correspondentes. Conhecido o clima de agitação histórico, foi importante a definição de um cenário de referência, que permitisse a estimativa dos custos unitários de galgamento, custos de intervenção e manutenção das intervenções costeiras, facilitando a sua extrapolação no tempo. Os cenários futuros de agitação para os quais se pretendeu prever a frequência de galgamentos e consequentes custos de inundação foram definidos para a área de estudo, ao longo do horizonte temporal, considerando o efeito das alterações climáticas e da taxa de atualização dos valores monetários.

2.3. Resultados

O cenário de referência foi definido com base no registo de eventos da Agência Portuguesa do Ambiente, considerando o clima de agitação histórico. Os cenários futuros considerados englobam duas situações de subida do nível médio do mar (0.50 m no cenário OS1 e 1.50 m no cenário OS2) e quatro climas de agitação futura (RCP4.5 a curto prazo, OS3, RCP4.5 a longo prazo, OS4, RCP8.5 a curto prazo, OS5, e RCP8.5 a longo prazo, OS6). A Fig. 2 seguinte resume os resultados obtidos ao longo dos 20 anos de análise.

3. MEDIDAS DE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO

3.1. Manual de medidas de mitigação e adaptação

Um dos principais objetivos do projeto INCCA consiste na identificação e caracterização de estratégias de mitigação e adaptação à erosão costeira e aos efeitos das alterações climáticas. O manual conta com 53 medidas,

caracterizadas em 3 Bases de Dados: #1 - Medidas de Mitigação e Adaptação; #2 - Impactos de Medidas de Mitigação e Adaptação; e #3 - Custos Diretos de Medidas de Mitigação e Adaptação. Importa referir que, estas medidas constituem uma base que se pretende de uso geral, mas que está sujeita a reavaliação e melhoria no que diz respeito aos seus conteúdos. Desta forma, os resultados deste manual contemplam a visão da população local através da realização de *workshops*, de forma a desenvolver um modelo participativo e económico, beneficiando dos contributos dos diferentes peritos e *stakeholders* envolvidos na temática da erosão costeira.

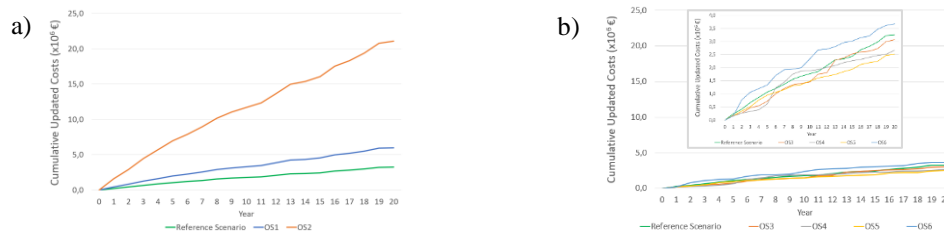


Fig. 2. Impacto do efeito das alterações climáticas no desempenho económico dos eventos de galgamento e inundação, ao longo dos 20 anos de análise: a) subida do nível médio; b) clima de agitação.

3.2. Medidas de mitigação e adaptação às alterações climáticas no litoral de Ovar

Tendo por base os resultados da secção 2.3, que mostram uma tendência crescente dos custos associados aos eventos de galgamento, foi consultado e analisado o Manual apresentado na secção 3.1, propondo-se as medidas A32, B12, B14 e B21 para fazer face aos eventos futuros de galgamento.

3.2.1. Alimentação artificial de sedimentos (A32)

Alimentações artificiais de areia são medidas que visam combater o défice sedimentar pela adição direta de sedimentos na praia, que podem ter diferentes proveniências: provenientes de depósitos *offshore*, i.e., da plataforma continental ao largo da costa (A321); provenientes de depósitos *inshore*, i.e., em terra (A322); ou provenientes de dragagens em ria/rios (Lima *et al.*, 2021). Os sedimentos são colocados diretamente na praia, originando uma faixa de praia mais robusta com o objetivo de proteger estruturas e sistema dunar, alargando a área para uso recreativo e promovendo a redução de galgamentos.

3.2.2. Reconfiguração das obras longitudinais aderentes (B12)

Obras longitudinais aderentes são estruturas artificiais construídas ao longo da face de um cordão dunar ou do talude inclinado de uma praia e são projetadas para definir uma posição fixa da linha de costa. Estas estruturas refletem e dissipam a energia da agitação, absorvendo o impacto direto das ondas e o efeito do respetivo espraiamento e podem ser em talude simples (B121), com patamar(es) intermédio(s) (B122), com coroamento elevado (B123) ou podem ser realizadas com geocilindros ou outros materiais geossintéticos (B124), Lima *et al.* (2021). Nas obras longitudinais já existentes a diminuição do número de eventos de galgamento pode ser conseguida construindo patamares ao longo do talude, a diferentes cotas, tendo com objetivo principal o controlo da rebentação das ondas consoante o nível de maré. Desta forma, evitam a dissipação de energia diretamente no talude principal da estrutura, reduzindo o espraiamento das ondas e, conseqüentemente, a frequência de galgamentos. A elevação da cota de coroamento é também uma solução que evita o número de eventos de galgamento e conseqüentes inundações.

3.2.3. Dissipação da energia das ondas com recurso a quebramares destacados (B14)

Quebramares destacados visam dissipar a energia das ondas incidentes numa zona afastada da costa, evitando galgamentos e inundações e promovendo a acumulação de sedimentos na zona abrigada. A acumulação de sedimentos pode dar origem a salientes ou tómbolos (quando a deposição de sedimentos liga a linha de costa à estrutura). Existem diferentes tipos de quebramares destacados: emersos (B141), submersos (B142), submersos com materiais geossintéticos (B143) e submersos com recifes artificiais (B144), Lima *et al.* (2021).

3.2.4. Acomodação/reordenamento das frentes urbanas (B21)

As medidas de acomodação/reordenamento das frentes urbanas visam a acomodação do litoral aos mecanismos de erosão costeira e alterações climáticas, através da adaptação das construções, para ajuste a possíveis investidas do mar. De acordo com o Manual do projeto INCCA (Lima *et al.*, 2021), existem 3 medidas de atuação possíveis: acomodação do edificado à dinâmica natural do local (B211); reordenamento das frentes urbanas, criando infraestruturas ajustadas à nova realidade (B212); e zonamento e gestão das zonas costeiras em função do mapeamento dos níveis de risco (B213). A medida B211 pode ser implementada através de rés-do-chão vazados ou edifícios temporários, que visam reduzir os impactos socioeconómicos de eventos extremos e/ou ganhar tempo para a implementação de outras medidas de longo-prazo. A medida B212 visa minimizar os impactos negativos de fenómenos extremos (inundações, galgamentos, etc.), através do reordenamento de frentes urbanas e a adoção de soluções urbanas resilientes. Estas podem incluir restringir o uso do solo abaixo de certos níveis, promover a ocupação sazonal, preencher estrategicamente os espaços nas frentes urbanas (por exemplo, com áreas de estacionamento), criar soluções de dissipação de energia das ondas, criar mecanismos que escoem grandes volumes de água em situações de galgamentos e reabilitar e/ou construir estruturas para que sejam mais resilientes à ação das ondas. Por último, a medida B213, visa minimizar a exposição de infraestruturas, pessoas e atividades económicas ao risco de danos causados por galgamentos, inundações e/ou erosão. O planeamento das zonas costeiras deve considerar o mapeamento e zonamento do risco de erosão, com recurso a ferramentas de análise que permitam promover a gestão costeira de acordo com os diferentes níveis de risco.

4. CONCLUSÕES

Para avaliar a influência das alterações climáticas na previsão de eventos futuros de galgamentos e respetivos custos na para do Furadouro, foi analisada a incerteza da subida do nível médio do mar e do clima de agitação futuro. A subida de 1.50 m corresponde ao pior cenário e estima-se um impacto direto, se outras medidas não forem tomadas, de um aumento dos custos atuais de galgamento e inundação em cerca de 2 a 7 vezes. Por outro lado, a incerteza no clima de agitação futuro, mostra que os custos associados a galgamentos, ao longo de 20 anos, poderão oscilar entre cerca de 2.5 e 3.7 milhões de euros, caso não sejam adotadas outras intervenções.

Recorrendo ao Manual de Medidas de Mitigação e Adaptação desenvolvido no âmbito do projeto INCCA, propõem-se como medidas possíveis para fazer face aos eventos futuros de galgamento, as medidas A32, B12, B14 e B21, correspondentes a alimentação artificial de sedimentos, reconfiguração das obras longitudinais aderentes, dissipação da energia das ondas com recurso a quebra-mares destacados e acomodação/reordenamento das frentes urbanas.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo projeto “Adaptação Integrada às Alterações Climáticas para Comunidades Resilientes”, INCCA - POCI-01-0145-FEDER-030842, suportado pelos orçamentos do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização, na sua componente FEDER, e da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, na sua componente de Orçamento de Estado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abadie, L. M., de Murieta, E. S., & Galarraga, I. (2020). The costs of sea-level rise: Coastal adaptation investments vs. inaction in Iberian coastal cities. *Water*, 12(4), 1–17.
- Coelho, C., Pereira, C., Costa, S., & Lima, M. (2015). Seção III, Capítulo III: A Erosão Costeira, as Tempestades e as Intervenções de Defesa Costeira no Litoral do Concelho de Ovar, Portugal.
- Lima, M., Coelho, C., Alves, F., Marto, M. (2021), Base de Dados #1 - Medidas de Mitigação e Adaptação à Erosão Costeira e às Alterações Climáticas, Projeto INCCA - Adaptação Integrada às Alterações Climáticas para Comunidades Resilientes (POCI-01-0145-FEDER-030842), Universidade de Aveiro.
- Jesus, F. (2021). Espraimento, galgamento e inundação costeira: passado e futuro no concelho de Ovar. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro, Portugal.