



**Ana Filipa  
Rodrigues Jesus**

**Espraiamento, galgamento e inundação costeira:  
passado e futuro no concelho de Ovar**





**Ana Filipa  
Rodrigues Jesus**

**Espraçamento, galgamento e inundação costeira:  
passado e futuro no concelho de Ovar**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica do Doutor Carlos Daniel Borges Coelho, Professor Auxiliar com Agregação do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, e coorientação científica da Doutora Márcia Lima, Investigadora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

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.



## **o júri**

presidente

**Professora Doutora Margarida João Fernandes de Pinho Lopes**  
Professora auxiliar da Universidade de Aveiro

**Doutor Tiago Castro Alves Oliveira**  
Equiparado a investigador auxiliar da Universidade de Aveiro

**Professor Doutor Carlos Daniel Borges Coelho**  
Professor auxiliar com agregação da Universidade de Aveiro



## **agradecimentos**

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento desta dissertação, a todas as pessoas que me acompanharam e ajudaram durante o meu percurso académico, ficam aqui algumas palavras de agradecimento.

Aos meus pais pelo seu apoio incondicional e principalmente, pela oportunidade que me deram de poder alcançar esta meta. Ao meu irmão pela paciência, incentivo e confiança ao longo destes anos. Aos meus tios e primos pela companhia e apoio sempre que necessário. À restante família, por estarem sempre presentes e empenhados.

Ao meu professor e orientador, Carlos Coelho, pelo acompanhamento contínuo e pela disponibilidade incessável, pela partilha de conhecimentos, pela atitude construtiva e pelas correções e melhoramentos.

À minha coorientadora, Doutora Márcia Lima, agradeço a disponibilidade em participar neste trabalho e todas as correções e sugestões.

Agradeço também ao Doutor Tiago Oliveira, pela disponibilização de dados de agitação marítima.

À Filipa, que, em vários momentos, ouviu os meus desabafos e me confortou com palavras de incentivo.

Ao Danny, Joana, Leonor, Luís, Renato e Tiago pela amizade, companheirismo e momentos bem passados. A todos os meus colegas sempre presentes no departamento, pela companhia nos longos dias de trabalho e por todos os momentos de descontração.

A todos, um muito obrigado!





**palavras-chave**

obras longitudinais aderentes, análise de custos, clima de agitação, alterações climáticas, cenários de intervenção

**resumo**

A severidade do clima de agitação marítima que caracteriza a costa portuguesa leva frequentemente a situações de emergência que põem em causa a segurança de pessoas, bens e infraestruturas, tendo consequências graves para a economia e para o ambiente. As situações que envolvem o galgamento e inundação de estruturas costeiras merecem destaque visto que afetam diretamente as populações provocando perdas (de vidas, de território) e danos (em estruturas, edifícios, equipamentos).

Para se avaliar os custos futuros associados aos galgamentos e inundações, analisou-se o histórico de construções e reabilitação/manutenção das obras de defesa costeira e de eventos de danos no concelho de Ovar. Foram definidos vários cenários de espraiamento, conjugando diferentes níveis da superfície livre da água com vários fenómenos de propagação das ondas e ainda com várias cotas de coroamento, avaliou-se o esprai e a frequência de galgamentos e definiu-se assim um cenário representativo da realidade. Com este cenário, analisaram-se várias situações futuras num horizonte de 20 anos no Furadouro, visto ser o local mais problemático do litoral de Ovar. As situações avaliadas podem passar pela subida do nível do mar e alteração do clima de agitação, bem como pela alteração da obra longitudinal aderente existente através da subida da cota de coroamento e alteração da inclinação do talude.

Por outro lado, a quantificação dos valores económicos numa análise de custos deve ser feita com precaução devido à elevada incerteza associada à estimativa destes valores. Para isso, e de forma a compreender a influência dos valores económicos na viabilidade de cada cenário, realizaram-se análises de sensibilidade de vários fatores económicos, como a taxa de desconto, o custo do galgamento, o custo da intervenção e, por fim, o custo de manutenção que permitiram a discussão dos diversos parâmetros económicos.



**keywords**

longitudinal revetments, cost analysis, wave climate, climate change, intervention scenarios

**abstract**

The severity of the maritime agitation that characterizes the Portuguese coast frequently leads to emergency situations that jeopardize the safety of people, assets and infrastructure, with serious consequences for the economy and the environment. Wave overtopping situations are those that, at the last moment, directly affect

the populations causing losses (human or territory) and damages (in structures, buildings, equipment).

In order to evaluate future costs associated with overtopping and flooding, the history of construction and rehabilitation/maintenance of coastal defence works and damage events in the city of Ovar was analysed. Several run-up scenarios were defined, combining different levels of water free surface with several wave propagation phenomena and also with several crowning levels, the run-up and the frequency of overtopping were evaluated and a representative scenario of the reality was defined. With this scenario, various different situations were analyzed in a 20 years horizon in Furadouro, since it is the most problematic site on the Ovar coastline. These situations may include the sea level rise, changing the wave climate, raising the crest elevation and changing the slope of the longitudinal revetments

On the other hand, the quantification of economic values in a cost-benefit analysis must be done with caution, due to the high uncertainty associated with the estimation of these values. For this, and to understand the influence of economic values on the viability of each scenario, sensitivity analyzes of several economic factors, such as discount rate, overtopping cost, intervention cost and finally, maintenance cost were carried out that allowed the discussion of the various economic parameters.



## ÍNDICES

---



# ÍNDICE GERAL

<b>Índice geral</b> .....	<b>xv</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>xix</b>
<b>Índice de tabelas</b> .....	<b>xxi</b>
<b>1. Introdução</b> .....	<b>3</b>
1.1. Enquadramento .....	3
1.2. Objetivos.....	4
1.3. Estrutura do documento .....	4
<b>2. Caso de estudo – Litoral de Ovar</b> .....	<b>9</b>
2.1. Clima de agitação.....	11
2.1.1. Série histórica .....	13
2.1.2. RCP 4.5.....	14
2.1.3. RCP 8.5.....	15
2.2. Obras de defesa costeira .....	16
2.3. Eventos de galgamento e inundações costeiras .....	18
2.3.1. 1850 – 2016 .....	19
2.3.2. 2017 – 2020 .....	21
<b>3. Abordagem metodológica</b> .....	<b>27</b>
3.1. Conceitos .....	27
3.1.1. Espraimento .....	27
3.1.2. Galgamento.....	28
3.1.3. Inundação costeira .....	29
3.1.4. Custos .....	29
3.2. Formulações numéricas .....	30
3.2.1. Espraimento .....	30

3.2.2.	Galgamento .....	32
3.3.	Definição de cenários .....	34
3.4.	Eventos de galgamento .....	35
3.5.	Cenário de referência.....	36
3.6.	Quantificação de custos .....	39
3.6.1.	Taxa de desconto .....	40
3.6.2.	Custo do galgamento .....	40
3.6.3.	Custo de intervenção .....	42
3.6.4.	Custo de manutenção .....	42
<b>4.</b>	<b>Cenários futuros .....</b>	<b>45</b>
4.1.	Agentes forçadores .....	46
4.1.1.	Nível médio do mar.....	46
4.1.2.	Clima de agitação .....	48
4.2.	Intervenção estrutural .....	49
4.2.1.	Inclinação do talude .....	50
4.2.2.	Cota de coroamento.....	52
4.3.	Análise de sensibilidade .....	54
4.3.1.	Taxa de desconto .....	54
4.3.2.	Custo do galgamento.....	56
4.3.3.	Custo de intervenção .....	59
4.3.4.	Custo de manutenção .....	61
4.4.	Síntese.....	64
<b>5.</b>	<b>Considerações finais.....</b>	<b>69</b>
5.1.	Conclusões.....	69
5.2.	Desenvolvimentos futuros .....	73
	<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>77</b>



<b>Anexos.....</b>	<b>83</b>
Anexo A – Base de dados de intervenções.....	83
Anexo B – Base de dados de eventos de dano .....	105



---

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Localização das obras de defesa costeira (esporões – Es e obras longitudinais aderentes – OA de Esmoriz – E, Cortegaça – C e Furadouro – F) (adaptado de Google Earth, 2020).....	10
Figura 2.2 - Clima de agitação entre 2018 e 2020, com base em Oliveira <i>et al.</i> (2018).....	12
Figura 2.3 - Clima de agitação da série histórica .....	13
Figura 2.4 - Clima de agitação da série RCP 4.5.....	14
Figura 2.5 - Clima de agitação da série RCP 8.5.....	15
Figura 2.6 - Custo das intervenções por década e por local entre 1959 e 2020 .....	17
Figura 2.7 - Custo das intervenções por ano da última década no concelho de Ovar .....	17
Figura 2.8 - Distribuição do número de ocorrências registadas entre 1850 e 2016, no concelho de Ovar.....	19
Figura 2.9 - Distribuição por tipologia do número de ocorrências registadas entre 1850 e 2016 no concelho de Ovar .....	20
Figura 2.10 - Exemplo de uma ficha de registo da APA.....	21
Figura 2.11 - Distribuição geográfica e temporal do número de ocorrências registadas desde 2017, no concelho de Ovar.....	22
Figura 2.12 - Distribuição por tipologia do número de ocorrências registadas desde 2017 no concelho de Ovar.....	22
Figura 2.13 - Distribuição espacial das ocorrências registadas entre 2017 e 2020, no concelho de Ovar .....	23
Figura 3.1 - Representação esquemática dos fenómenos de espraçamento e de galgamento sobre uma obra longitudinal aderente (Pombo, 2016).....	28
Figura 3.2 - Parâmetros geométricos utilizados no cálculo do galgamento .....	33
Figura 3.3 - Espraçamento estimado na praia do Furadouro entre 2018 e 2020 e comparação com os dados reais (Lima <i>et al.</i> , 2021).....	37

Figura 4.1 - Impacto da subida do nível médio do mar, ao longo de 20 anos, no desempenho económico dos danos de galgamento, no Furadouro .....	47
Figura 4.2 - Impacto da alteração do clima de agitação, ao longo de 20 anos, no desempenho económico dos dados de galgamento, no Furadouro .....	49
Figura 4.3 - Esquema dos cenários de alteração da inclinação do talude .....	50
Figura 4.4 - Impacto da alteração da inclinação o talude, ao longo de 20 anos, no desempenho económico dos dados de galgamento, no Furadouro .....	51
Figura 4.5 - Esquema dos cenários de alteração da cota de coroamento .....	52
Figura 4.6 - Impacto da alteração da cota de coroamento, ao longo de 20 anos, no desempenho económico dos dados de galgamento, no Furadouro .....	53
Figura 4.7 – Impacto da alteração da taxa de desconto, ao longo de 20 anos, no desempenho económico dos dados de galgamento, no Furadouro .....	55
Figura 4.8 - Impacto da alteração do custo do galgamento, ao longo de 20 anos, no desempenho económico dos dados de galgamento, no Furadouro .....	58
Figura 4.9 - Impacto da alteração do custo de intervenção, ao longo de 20 anos, no desempenho económico dos dados de galgamento, no Furadouro .....	60
Figura 4.10 - Desempenho económico, por alteração do custo de manutenção .....	63

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Data de construção e intervenções dos Esporões (Es) e Obras Longitudinais Aderentes (OA) de Esmoriz (E), Cortegaça (C) e Furadouro (F) .....	16
Tabela 3.1 - Fórmulas empíricas para determinação do caudal médio galgado (adaptado de Burcharth e Hughes, 2011).....	33
Tabela 3.2 - Descrição dos cenários considerados na avaliação dos limites de espraçamento .....	35
Tabela 3.3 - Número de galgamentos estimado para o Furadouro em cada cenário estudado, entre 2018 e 2020 .....	36
Tabela 3.4 – Estimativas de caudais de galgamento (q) e extensão real da inundação .....	38
Tabela 3.5 - Número de ondas galgadas, de eventos e caudal galgado nas 5 séries analisadas em comparação com o CE4 .....	39
Tabela 3.6 - Volume galgado e custo das intervenções entre 2018 e 2020 e no cenário histórico .....	40
Tabela 3.7 - Volume galgado da série histórica .....	41
Tabela 4.1 - Descrição dos cenários de galgamentos futuros.....	46
Tabela 4.2 - Desempenho dos cenários de subida do nível do mar, num horizonte de 20 anos .....	47
Tabela 4.3 - Desempenho dos cenários de alteração do clima de agitação num horizonte de 20 anos.....	48
Tabela 4.4 - Desempenho dos cenários de alteração de inclinação do talude, num horizonte de 20 anos .....	51
Tabela 4.5 - Desempenho dos cenários de alteração da cota de coroamento, num horizonte de 20 anos .....	53
Tabela 4.6 - Desempenho económico, por alteração da taxa de desconto ao fim de 20 anos .....	55

Tabela 4.7 - Desempenho económico, por alteração do custo do galgamento ao fim de 20 anos.....	57
Tabela 4.8 - Desempenho económico, por alteração do custo de intervenção ao fim de 20 anos.....	59
Tabela 4.9 - Desempenho económico, por alteração do custo de manutenção ao fim de 20 anos.....	61
Tabela 4.10 - Síntese dos resultados obtidos da secção 5.2 .....	64
Tabela A.1 - Registos de intervenções realizadas em Esmoriz e Cortegaça, entre 1959 e 2020, com os respetivos custos associados e localização .....	83
Tabela A.2 - Registos de intervenções realizadas no Furadouro, entre 1959 e 2020, com os respetivos custos associados e localização .....	93
Tabela B.1 - Ocorrências e eventos de dano consequentes da ação marítima, registados nas praias do concelho de Ovar desde 1857 até 2020 .....	105

## **Capítulo 1**

---

### **INTRODUÇÃO**





# 1. INTRODUÇÃO

Em Portugal, são frequentes as situações de emergência causadas pelas condições adversas do mar, pondo em perigo a segurança das pessoas com impactos negativos para a sociedade, a economia e o ambiente. Ao longo do tempo, os fenómenos hidromorfológicos têm-se agravado, os custos de defesa costeira no litoral português têm vindo a aumentar e o edificado urbano continua exposto à ação energética do mar em zonas muito críticas (Coelho, 2005). Por este motivo, é importante avaliar e perceber os custos associados aos impactos dos galgamentos e das inundações costeiras e os custos das obras adotadas para reduzir essas inundações.

## 1.1. Enquadramento

O litoral representa uma importante faixa de território, tanto a uma escala planetária como também em Portugal, dada a sua relevância estratégica em termos ambientais, económicos, culturais e recreativos. No entanto, o carácter particularmente adverso do regime de agitação do litoral português proporciona frequentemente situações de emergência provocadas pelo estado do mar. Esta suscetibilidade da zona costeira põe em causa a salvaguarda de pessoas e bens e, por vezes, reflete-se em perdas humanas e materiais (Pombo, 2016).

Assim, espera-se que, em Portugal, a subida do nível do mar e as mudanças nas tempestades por efeito das alterações climáticas causem maiores inundações e erosão costeira, entre outros impactos, como o recuo das zonas húmidas costeiras (Abadie *et al.*, 2020). Perante este cenário, têm sido adotadas diferentes alternativas de intervenção de defesa costeira. Estas alternativas têm associados elevados custos de reabilitação que são muitas vezes menosprezados e minorados e que, devido à falta de monitorização e aos níveis de eficácia variáveis no tempo, têm conduzido a situações frequentes de ocorrência de danos não só na própria estrutura, mas também nas zonas marginais (Cruz *et al.*, 2015).

## **1.2. Objetivos**

Com a realização deste trabalho, pretende-se discutir os custos associados aos impactos dos galgamentos e das inundações costeiras, e os custos das obras adotadas para reduzir essas inundações, no concelho de Ovar, visto que é um concelho onde existem, não só diversas intervenções de defesa costeira, mas também algumas atividades económicas, como por exemplo pesca, alojamento local, hotel e campismo, escolas de *surf*, festivais de música no verão e etc. Para isso, é objetivo descrever a zona de estudo em análise, como por exemplo, as obras de defesa costeira já existentes, e efetuar um levantamento do historial não só das intervenções realizadas no litoral do concelho de Ovar, quantificando os custos das intervenções, mas também dos eventos de danos ocorridos na zona de estudo e os seus custos associados. Visto que o Furadouro é a zona mais problemática do concelho de Ovar, é objetivo do trabalho caracterizar o espraiamento, o galgamento e os custos com inundações na obra de defesa costeira existente no local.

Com a zona de estudo já caracterizada, pretende-se criar um cenário de referência, onde se adotam os pressupostos que serão comuns a todos os cenários de intervenção na obra de defesa analisada sendo assim possível estimar-se os custos futuros com galgamentos e inundações num horizonte de 20 anos.

Por último, pretende-se perceber o impacto das alterações climáticas e de possíveis intervenções nos custos futuros, realizando-se a sensibilidade de vários parâmetros.

Em conclusão, este trabalho pretende auxiliar a projetar e antecipar os custos previsíveis de fenómenos de galgamento e inundação futuros, para diferentes cenários de defesa costeira.

## **1.3. Estrutura do documento**

Este documento encontra-se dividido em cinco capítulos. Após um breve enquadramento e uma caracterização dos objetivos pretendidos para este trabalho, segue-se o segundo capítulo, onde é caracterizada a zona de estudo em análise, o litoral do concelho de Ovar (praias de Esmoriz, Cortegaça, Maceda e Furadouro), começando pelo enquadramento geográfico desta zona e o clima de agitação. A história desta região representa um primeiro passo no estudo da zona costeira. Os eventos de danos que têm sido registados nas praias do concelho devidos à agitação marítima representam as tendências passadas e auxiliam as

tentativas de projeção futuras. Segue-se o levantamento das obras de defesa costeira já existentes neste concelho, e os respetivos custos de intervenção e manutenção.

Depois de conhecida a zona de estudo no capítulo 3, procede-se a um breve esclarecimento dos conceitos de espraiamento, galgamento e inundação costeira. Caracteriza-se também, através de formulações numéricas, os galgamentos que ocorrem no Furadouro. Para isso, avalia-se diferentes pressupostos de propagação das ondas e diferentes níveis de superfície livre da água do mar, conjugando ainda a hipótese de rebentação das ondas a determinada profundidade. Este capítulo termina com a definição do cenário de referência analisado no capítulo 4 e a explicação dos custos cuja sensibilidade é analisada no capítulo seguinte.

No quarto capítulo, são estudadas três tipologias de cenários para avaliar a frequência de galgamentos: cenários de ação, onde se avalia a influência a longo prazo da subida do nível do mar e da alteração do clima de agitação, cenários de estrutura, onde se altera a inclinação do talude e a cota de coroamento, e os cenários económicos, onde se altera a taxa de desconto, os custos do galgamento, os custos de intervenção e os custos de manutenção para se avaliar a sua influência nos custos associados aos galgamentos.

Por último, o quinto capítulo apresenta as considerações finais sobre o trabalho realizado, pretendendo-se destacar as principais conclusões desta dissertação e propor possíveis desenvolvimentos futuros que contribuam para a melhoria e continuidade deste trabalho e para o aprofundamento do estudo deste tema.



## **Capítulo 2**

---

### **CASO DE ESTUDO – LITORAL DE OVAR**



## 2. CASO DE ESTUDO – LITORAL DE OVAR

Neste capítulo pretende-se não só descrever o clima de agitação, fundamental para caracterizar os eventos de galgamento e inundação, mas também fazer uma avaliação das obras de defesa costeira existentes no concelho e o histórico de galgamentos e danos que estão associados ao concelho.

O concelho de Ovar, distrito de Aveiro, Portugal, apresenta uma área territorial de cerca de 147km<sup>2</sup>, com mais de 55 mil habitantes (segundo os Censos de 2011). O seu litoral, maioritariamente arenoso, tem uma extensão de aproximadamente 17km (Figura 2.1). As frentes costeiras dividem-se pelas zonas urbanas de Esmoriz, Cortegaça e Furadouro e pelas zonas rurais/florestais de Maceda e Torrão do Lameiro.

O litoral do concelho de Ovar foi identificado como uma das zonas com mais elevada vulnerabilidade e risco costeiro (Coelho *et al.*, 2015). Para além da sua riqueza ecológica, da elevada concentração populacional e da qualidade das inúmeras praias, este território distingue-se pela grande fragilidade geológica, que aliada a uma agitação marítima de rumos muito abertos e elevada energia resulta num dos processos erosivos mais intensos da orla costeira europeia (POOC, 2012).

A costa oeste portuguesa está exposta às condições marítimas do Oceano Atlântico. Este é particularmente influenciado pelas tempestades que ocorrem no Atlântico Norte e que originam uma ondulação predominante de Noroeste (Pereira, 2008). O litoral de Ovar caracteriza-se por ser um sistema costeiro essencialmente arenoso, sujeito a um clima de agitação marítimo muito energético. Este litoral apresenta um recuo acentuado da posição da linha de costa ao longo do tempo, que na década de 1980 chegou a ultrapassar os 10 metros por ano, na zona de Cortegaça (Coelho *et al.*, 2015).

Segundo 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. Na zona estudada neste trabalho, a grande responsabilidade da erosão costeira resulta da redução de sedimentos provenientes dos rios a norte, nomeadamente o rio Douro.

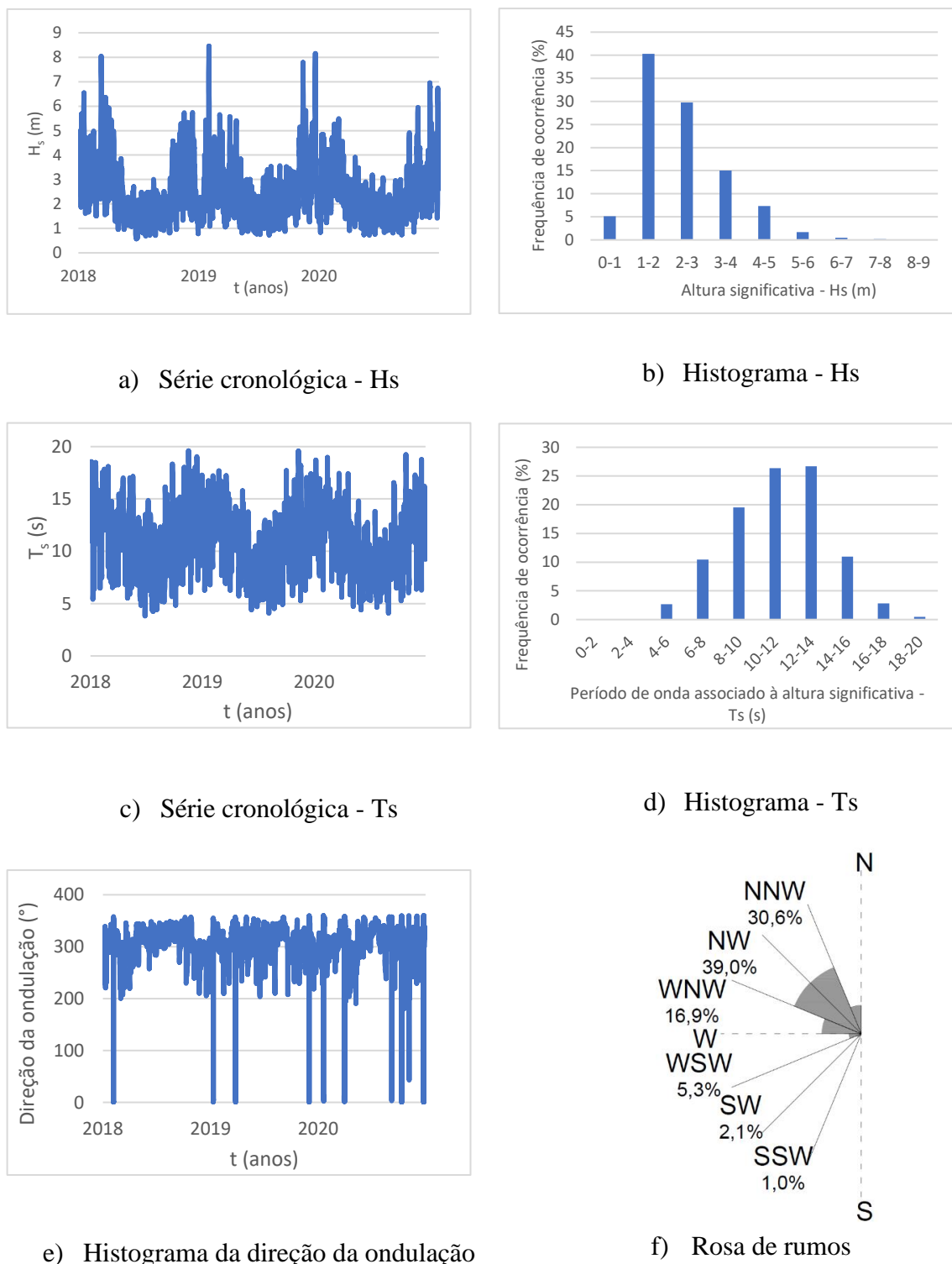


**Figura 2.1** - Localização das obras de defesa costeira (esporões – Es e obras longitudinais aderentes – OA de Esmoriz – E, Cortegaça – C e Furadouro – F) (adaptado de Google Earth, 2020)



## 2.1. Clima de agitação

Para auxiliar a caracterização de um passado recente do clima de agitação da zona de estudo, há duas formas de recolher dados relativamente à altura de onda significativa,  $H_s$ , ao período de onda,  $T_s$ , e à orientação da onda  $\theta_s$  (ângulo com o norte, definido no sentido anti-horário), no ponto que se considera mais próximo desta zona (cerca de 50 km a norte): pontos em modelos numéricos e boias ondógrafo. Atendendo a que não haviam disponíveis à data séries de registos da boia ondógrafo de Leixões e essa série podia eventualmente apresentar lacunas (comuns em processos de aquisição de dados reais, principalmente associados a eventos de temporal), optou-se por registos do modelo numérico. Assim, considerou-se um período curto de 2018 a 2020, visto este ser o período em que existem registos de eventos de danos pela APA (Associação Portuguesa do Ambiente), e, recolheram-se os dados do ponto ERA5 com as seguintes coordenadas geográficas: 41°00'0,00''N e 9°50''0,00W (Oliveira *et al.*, 2018). Os valores recolhidos correspondem a períodos de 3 em 3 horas, obtendo-se assim 8 registos por dia entre 1 de janeiro de 2018 e 31 de dezembro de 2020, resultando num total de 92064 dados. Foram analisados todos os dados recolhidos das alturas de onda significativa, dos períodos de onda associados à altura significativa e da direção de ondulação, entre 2018 e 2020, como se pode observar na Figura 2.2. Na Figura 2.2a representa-se a série cronológica das alturas de onda significativa, enquanto na Figura 2.2b encontra-se um histograma de frequências dessas mesmas alturas, sendo que os dados foram agrupados em classes de 1 m. Pode-se concluir que as alturas de ondas mais frequentes variam entre 1 e 2 m, com a altura significativa máxima igual a 8,45 m. No que diz respeito aos períodos de onda, apresenta-se na Figura 2.2c a série cronológica e na Figura 2.2d, um histograma, com os períodos agrupados em classes de 2 s. Existe predominância de períodos que variam entre os 12 e os 14 s, mas verificou-se um período mínimo de 3,83 s e um período máximo de 19,60 s. Na Figura 2.2e apresenta-se a frequência relativa do rumo de ondulação dividido em setores de 22,5°, verificando-se que a direção de ondulação predominante é noroeste. De facto, o quadrante de noroeste representa 86,5% dos registos, enquanto o quadrante de sudoeste representa apenas 8,4%.



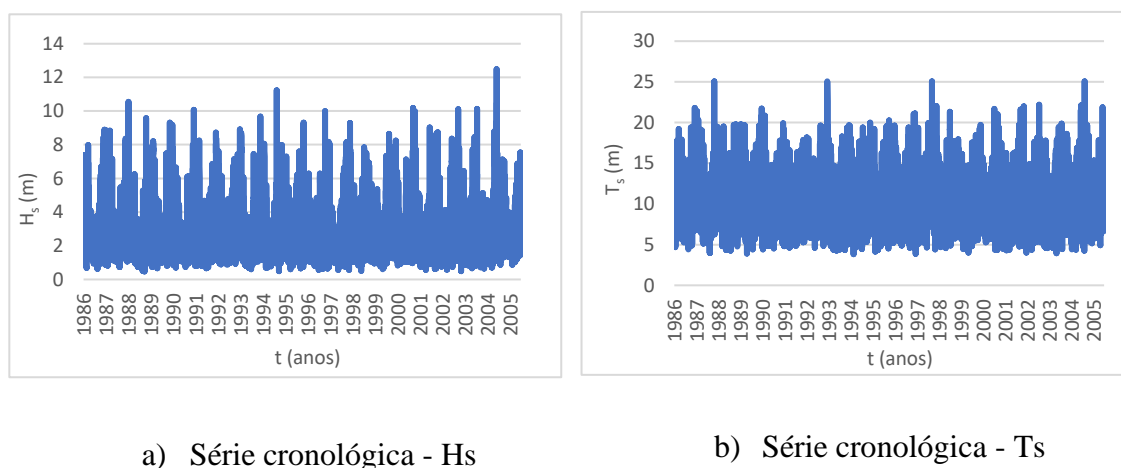
**Figura 2.2** - Clima de agitação entre 2018 e 2020, com base em Oliveira *et al.* (2018)

Pereira (2008) considera que um registo de aproximadamente 20 anos fornece dados suficientes para projetar o futuro e para ter uma representatividade num passado mais extenso, por isso, foi necessário comparar o caudal galgado entre 2018 e 2020, onde se

consideraram apenas 3 anos, com o caudal galgado de 5 outras séries de 20 anos, com base em Ferreira e Coelho (2021). A primeira série utilizada, designada como série histórica, representa o clima de agitação passado (1986 a 2005). As séries futuras, designadas como RCP4.5 e RCP8.5 (RCP - *Representative Concentration Pathway*) caracterizam o clima de agitação futuro para diferentes evoluções de concentração de gases de efeito de estufa. Na série RCP4.5, as emissões de gases atingem o máximo até 2040 e depois decrescem. A série RCP8.5 corresponde ao cenário mais desfavorável, considerando que não são reduzidas as emissões de gases de efeito de estufa (IPCC, 2015). As séries futuras foram divididas em 2 cenários de 20 anos cada uma, um cenário do futuro a curto prazo (2026 a 2045) e um cenário do futuro a longo prazo (2081 a 2100). Estas séries são analisadas nas subsecções seguintes.

### 2.1.1. Série histórica

A série histórica representa o passado compreendido entre 1986 e 2005. Na Figura 2.3 analisa-se a série histórica, sendo que na Figura 2.3a se representa a série cronológica das alturas de onda significativa, verificando-se que a altura significativa máxima é de 12,48 m e a mínima é de 0,48 m. na Figura 2.3b analisa-se a série cronológica dos períodos de onda, verificando um período de onda máximo de 25,08 s e um período de onda mínimo de 3,81 s.

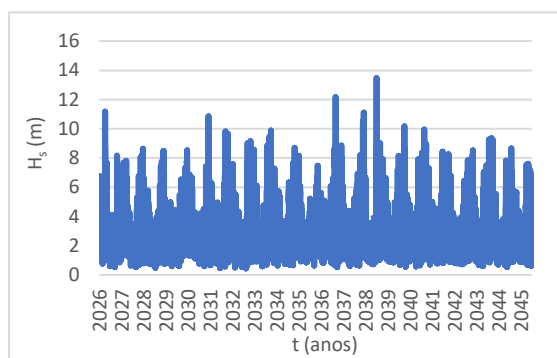


**Figura 2.3** - Clima de agitação da série histórica

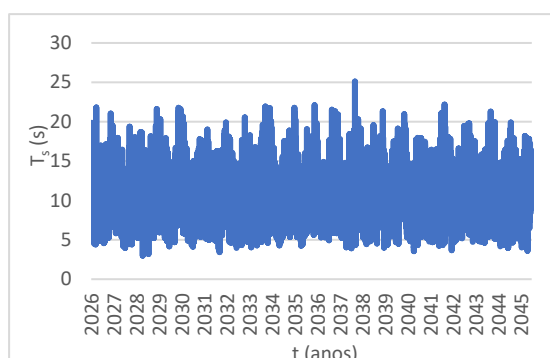
## 2.1.2. RCP 4.5

A série RCP 4.5 representa a situação em que as emissões de gases decrescem a partir de 2040, dividindo-se em duas séries de 20 anos cada uma, denominadas de curto prazo (que representa o período entre 2026 e 2045) e longo prazo (entre 2081 e 2100).

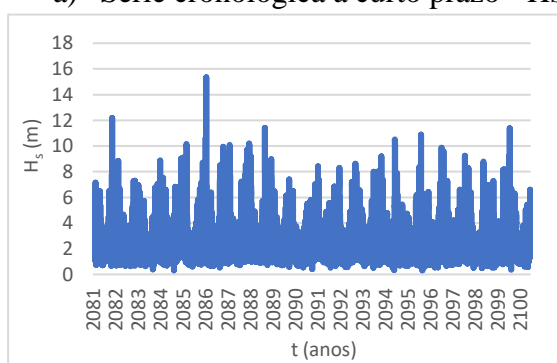
Na Figura 2.4 analisa-se a série RCP 4.5, sendo que na Figura 2.4a se representa a série cronológica das alturas de onda significativa a curto prazo, verificando-se que a altura significativa máxima é de 13,47 m e a mínima é de 0,44 m, e na Figura 2.4b analisa-se a série cronológica dos períodos de onda a curto prazo, verificando-se um período de onda máximo de 25,08 s e um período de onda mínimo de 2,97 s. Na Figura 2.4c representa-se a série cronológica das alturas de onda significativa a longo prazo, verificando-se que a altura significativa máxima é de 15,36 m e a mínima é de 0,30 m, e na Figura 2.4d analisa-se a série cronológica dos períodos de onda a longo prazo, verificando um período de onda máximo de 25,08 s e um período de onda mínimo de 3,30 s.



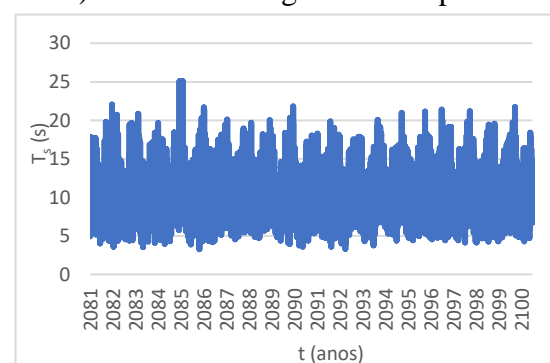
a) Série cronológica a curto prazo -  $H_s$



b) Série cronológica a curto prazo -  $T_s$



c) Série cronológica a longo prazo -  $H_s$



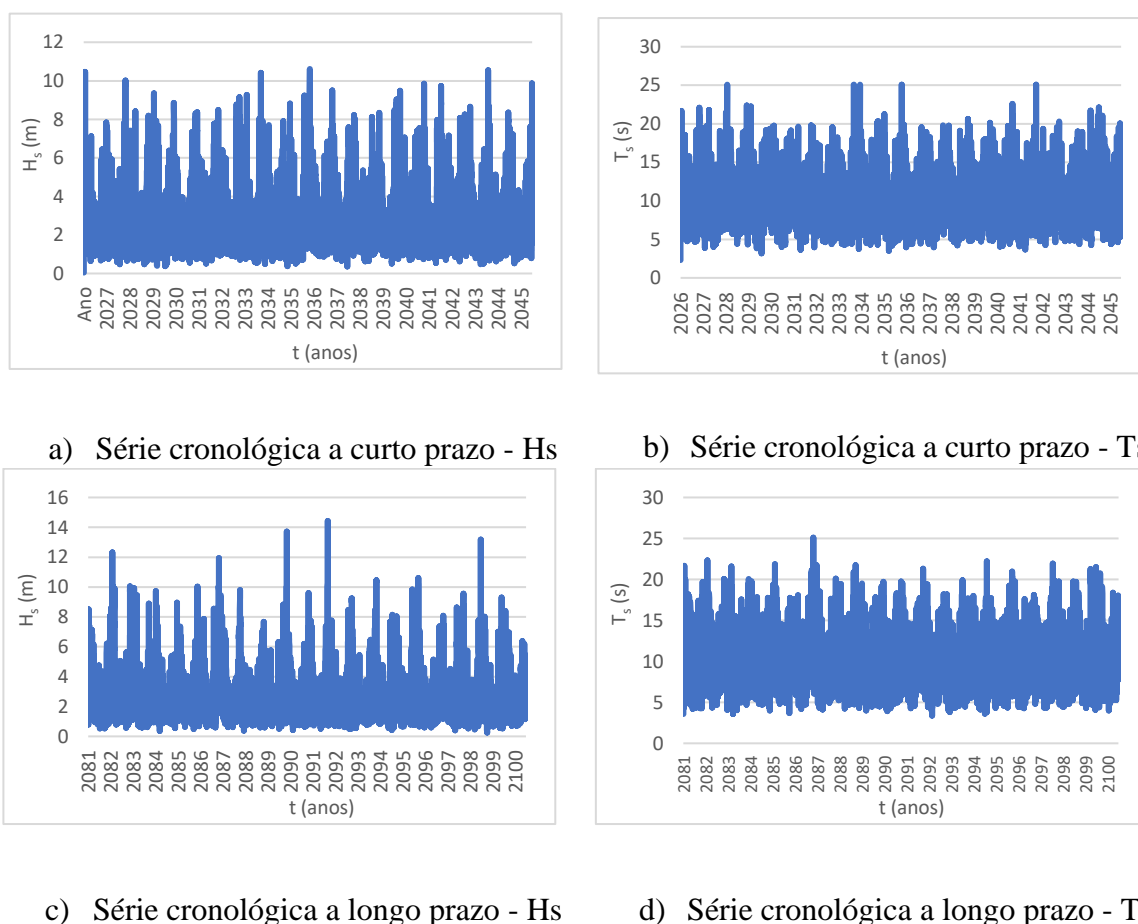
d) Série cronológica a longo prazo -  $T_s$

**Figura 2.4** - Clima de agitação da série RCP 4.5

### 2.1.3. RCP 8.5

A série RCP 8.5 representa a situação em que as emissões de gases não decrescem, dividindo-se em duas séries de 20 anos cada uma, denominadas de curto prazo (que representa o período entre 2026 e 2045) e longo prazo (entre 2081 e 2100).

Na Figura 2.5 analisa-se a série RCP 8.5, sendo que na Figura 2.5a se representa a série cronológica das alturas de onda significativa a curto prazo, verificando-se que a altura significativa máxima é de 10,61 m e a mínima é de 0,05 m. e na Figura 2.5b analisa-se a série cronológica dos períodos de onda a curto prazo, verificando um período de onda máximo de 25,08 s e um período de onda mínimo de 2,31 s. Na Figura 2.5c representa-se a série cronológica das alturas de onda significativa a longo prazo, verificando-se que a altura significativa máxima é de 12,33 m e a mínima é de 0,26 m. e na Figura 2.5d analisa-se a série cronológica dos períodos de onda a longo prazo, verificando um período de onda máximo de 22,31 s e um período de onda mínimo de 3,37 s.



**Figura 2.5** - Clima de agitação da série RCP 8.5

## 2.2. Obras de defesa costeira

Para contrariar a evolução da linha de costa, que colide com a ocupação urbana do solo, e limitar os danos causados pelos eventos energéticos de agitação marítima, o litoral do concelho de Ovar está artificializado por obras de defesa costeira (Coelho *et al.*, 2015). Atualmente, nas praias de Esmoriz, Cortegaça, Maceda e Furadouro, existem 6 esporões e 7 obras longitudinais aderentes, construídos maioritariamente entre os anos 60 e 80 do século XX. O número de obras de defesa costeira evidencia as praias mais vulneráveis à erosão e expostas à ação do mar. De forma geral, estas obras permitiram impedir o recuo da linha de costa nas zonas urbanas, mas antecipou-se o recuo nas áreas localizadas a sul das obras, como é o caso da praia de Maceda (Coelho *et al.*, 2015). Na Tabela 2.1 são apresentadas as datas de construção dessas obras de defesa costeira, já identificadas na Figura 2.1.

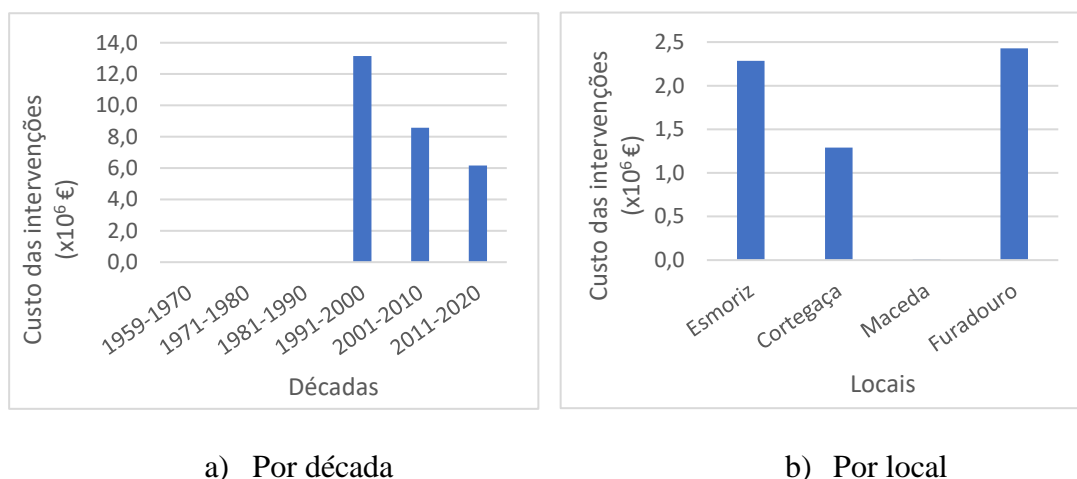
**Tabela 2.1** - Data de construção e intervenções dos Esporões (Es) e Obras Longitudinais Aderentes (OA) de Esmoriz (E), Cortegaça (C) e Furadouro (F)

<b>Obra</b>	<b>Localização</b>	<b>Construção</b>	<b>Obra</b>	<b>Localização</b>	<b>Construção</b>
<b>EsE1</b>	Esmoriz	1985	<b>OAE1</b>	Esmoriz	1978
<b>EsE2</b>	Esmoriz	1986	<b>OAE2</b>	Esmoriz	1977
<b>EsC1</b>	Cortegaça	1972	<b>OAC1</b>	Cortegaça	1995
<b>EsC2</b>	Cortegaça	1989	<b>OAC2</b>	Cortegaça	1975
<b>EsF1</b>	Furadouro	1972	<b>OAC3</b>	Cortegaça	1990
<b>EsF2</b>	Furadouro	1972	<b>OAF1</b>	Furadouro	1959
-	-	-	<b>OAF2</b>	Furadouro	1992
-	-	-	<b>OAF3</b>	Furadouro	1982

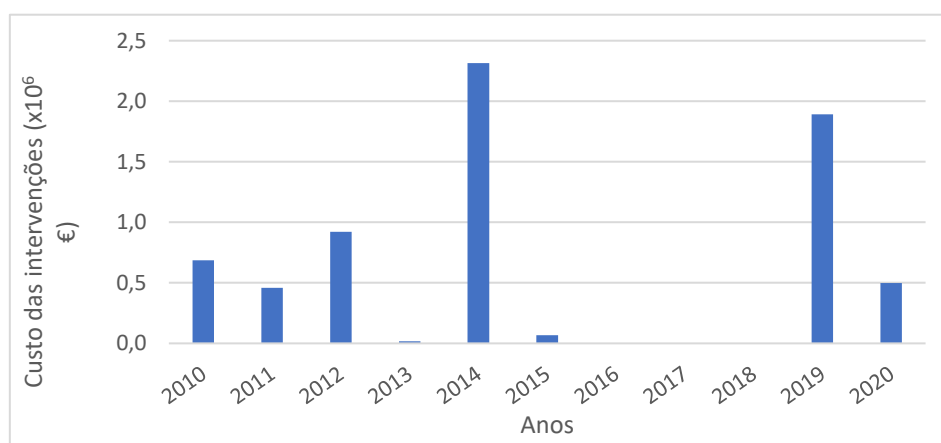
No Anexo A, é apresentada uma base de dados, adaptada de Lamy (2001), Eurosion (2006), Cruz, (2015), INAG (Instituto Nacional da Água, atualmente, Agência Portuguesa do Ambiente), CMO (Câmara Municipal de Ovar) e SIARL (Sistema de Administração do Recurso Litoral), que representa a situação da zona de estudo a cada 5 anos, facilitando assim a perceção da evolução do litoral ao longo do tempo. Esta base de dados contém também os custos associados à construção, manutenção e reabilitação das estruturas de defesa costeira do concelho de Ovar.

Na Figura 2.6 encontra-se representado o custo das intervenções das estruturas de defesa costeira no concelho de Ovar, por década e por local, entre 1959 e 2020, verifica-se que, em

termos de custos, só se começam a verificar registos depois de 1991, sendo que nos períodos anterior não foi identificado qualquer custo. Na Figura 2.7, observa-se o custo das intervenções, por ano da última década.



**Figura 2.6** - Custo das intervenções por década e por local entre 1959 e 2020



**Figura 2.7** - Custo das intervenções por ano da última década no concelho de Ovar

Analisando as figuras, observa-se que o Furadouro e Esmoriz são os locais que mais custos têm com as intervenções enquanto Maceda é o local com menos custos de intervenção (cerca de 9000 € em intervenções ligeiras). Observa-se também que há uma diminuição de custos de intervenção ao longo das décadas. Quanto à última década, 2014 foi o ano com o custo das intervenções mais elevadas, sendo esse o ano da tempestade Hercules que causou estragos em muitas zonas do litoral português.

### **2.3. Eventos de galgamento e inundações costeiras**

O levantamento e a avaliação cronológica da evolução do número de eventos de ação marítima sobre a zona terrestre constituem um elemento que contribui para a análise das características passadas da zona costeira de Ovar, facilitando a estimativa de tendências para o futuro (Coelho *et al.*, 2015).

Normalmente, o registo de acontecimentos associados à ação marítima é realizado pelas entidades com maior responsabilidade sobre o litoral, correspondendo usualmente aos meios de socorro e proteção, assim como entidades responsáveis pelas intervenções de defesa costeira, tais como, Câmaras Municipais, Comissão de Coordenação do Desenvolvimento do Centro, Agência Portuguesa do Ambiente, entre outras. A literatura, os meios de comunicação social e os registos fotográficos da população residente podem contribuir como fonte de informação relativamente a acontecimentos decorrentes da ação do mar. A elaboração de uma base de dados de registos deste tipo é complexa e morosa, pois verificam-se dificuldades relacionadas com o acesso a dados dispersos e a informação nem sempre coincidente, a definição de um critério homogéneo de consideração de um evento ou ocorrência relevante, e a diversidade de perspetivas e de entidades que operam ao longo do trecho costeiro em estudo (Coelho *et al.*, 2015; Cruz, 2015).

Coelho *et al.* (2015) define evento como sendo qualquer situação que resulta da ação energética do mar, com consequência para o litoral, sendo que essas consequências são designadas por “ocorrências”. Essas consequências dividem-se em cinco categorias: recuo da linha de costa (RLC), quando a posição da linha de costa recuou de forma permanente, entre o início e o fim do evento que registou clima de agitação intenso; galgamento (GAL) quando a água do mar atinge cotas acima do coroamento das defesas costeiras existentes e avançou além da sua posição usual, inundando zonas vizinhas; a destruição do cordão dunar (DCD) é considerada quando um evento de ação marítima afetou o sistema dunar, provocando a sua destruição; danos ou destruição de infraestruturas (DI) quando a ação do mar provoca danos nas infraestruturas, sejam estas de qualquer natureza (passeios, muros, etc.); e danos em obras de defesa costeira (DDC), quando as estruturas de defesa costeira são danificadas (Coelho *et al.*, 2015).

Atualizando a base de dados de Cruz (2015), apresenta-se no Anexo B, o registo de eventos relacionados com a ação energética do mar no litoral de Ovar. Refira-se, ainda que,



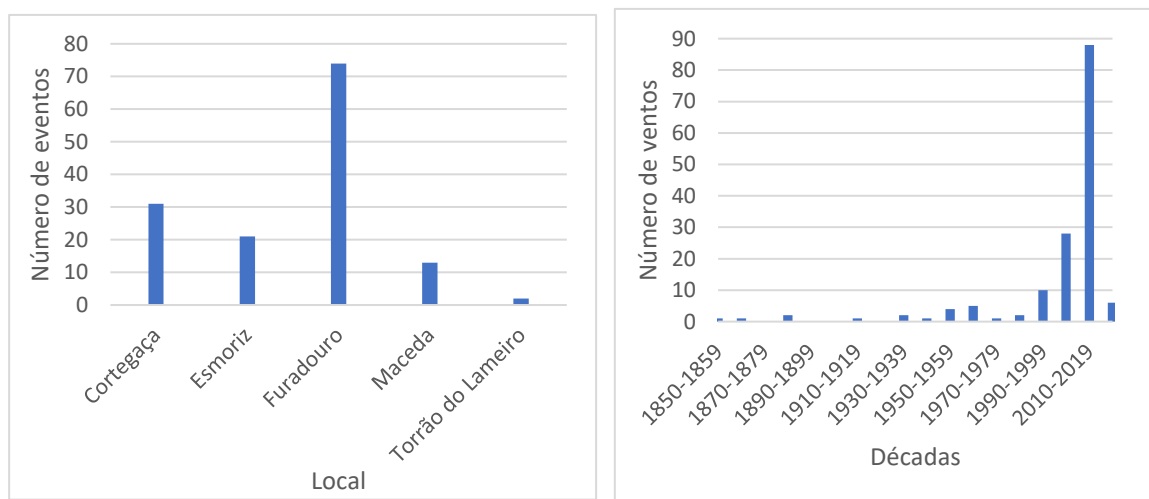
desde 2017, a APA elabora fichas de reporte de ocorrências no litoral, que, por serem muito detalhadas, permitem uma melhor caracterização dos eventos ocorridos no passado recente. É importante também ter em conta a escassez de dados relativos a períodos mais distantes, ou seja, não significa necessariamente que o número de eventos ocorridos seja menor que atualmente, isto porque, quanto mais antigo for o evento, mais dificuldade haverá em encontrar registos, e, quando os danos não afetam diretamente a população, podem também não existir relatos.

### 2.3.1. 1850 – 2016

Nesta secção analisam-se os eventos de danos registados antes de existirem os registos sistematizados da APA, iniciados em 2017. O primeiro registo identificado data de 1850.

Na Figura 2.8 - Distribuição do número de ocorrências registadas entre 1850 e 2016, no concelho de Ovar.

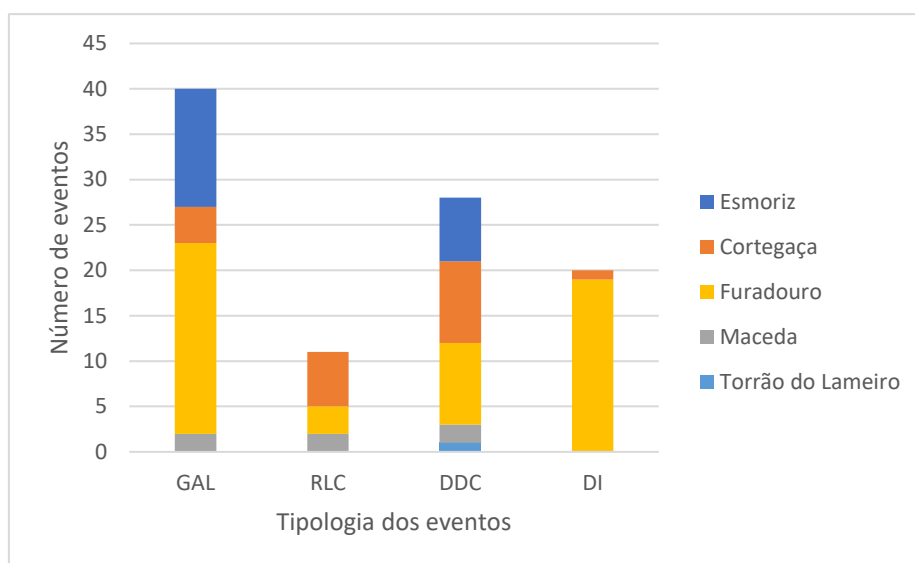
apresenta-se a distribuição geográfica e cronológica do histórico de ocorrências que resultam de eventos provocados pela ação energética do mar no concelho de Ovar, entre 1850 e 2016. Na Figura 2.9 mostra-se a distribuição por tipologia das ocorrências.



c) Geográfica

d) Cronológica

**Figura 2.8** - Distribuição do número de ocorrências registadas entre 1850 e 2016, no concelho de Ovar.



**Figura 2.9** - Distribuição por tipologia do número de ocorrências registadas entre 1850 e 2016 no concelho de Ovar

O Furadouro regista o maior número de eventos, enquanto o Torrão do Lameiro apresenta apenas um evento e nota-se uma tendência clara do aumento do número de eventos nas últimas décadas do período referido. Analisando a Figura 2.9, observa-se que ocorrem mais galgamentos relativamente às restantes categorias, sendo o Furadouro o local que apresenta maior número de ocorrências de galgamento e de danos em infraestruturas enquanto Cortegaça é onde ocorrem mais eventos de recuo de linha de costa. Quanto aos eventos de danos de defesa costeira acontecem sensivelmente em igual número no Furadouro, em Cortegaça e em Esmoriz.

### 2.3.2. 2017 – 2020

Desde 2017, a APA procede ao registo de eventos, recorrendo a uma ficha tipificada, conforme exemplo da Figura 2.10.

The image shows a digital form for reporting an incident. At the top, there are logos for 'apa agência portuguesa do ambiente' and 'NORMIZAÇÃO COSTEIRA'. The title is 'Ocorrência nº 451' and the subtitle is 'Módulo de Reporte de Ocorrências no Litoral'. The form contains the following text:

ARRH: ARRH do Centro  
 Distrito: AVEIRO  
 Concelho: OVAR  
 Freguesia: ESMORIZ  
 Praia: Praia de Esmoriz (sul)  
 Longitude: -8.6592501433441  
 Latitude: 40.9539553182848  
 Data da Ocorrência: 2018-11-18 10:30  
 Data do Registo Local: 2018-11-18 10:50

Técnico: Paulo Manuel Correia da Silva  
 Email: paulo.silva@cm-ovar.pt  
 Entidade: Câmara Municipal de Ovar

Observações: N/A

d. Galgamento costeiro; Alcance máximo da água/detritos: 25 metros  
 b. Danos em infra-estruturas  
 ii. Sim  
 1. Estrutura aderente

There is a satellite map on the right showing a coastal area with a red triangle marker. Below the text are three small photographs showing the site of the incident. At the bottom right, it says 'Pág. 6/81'.

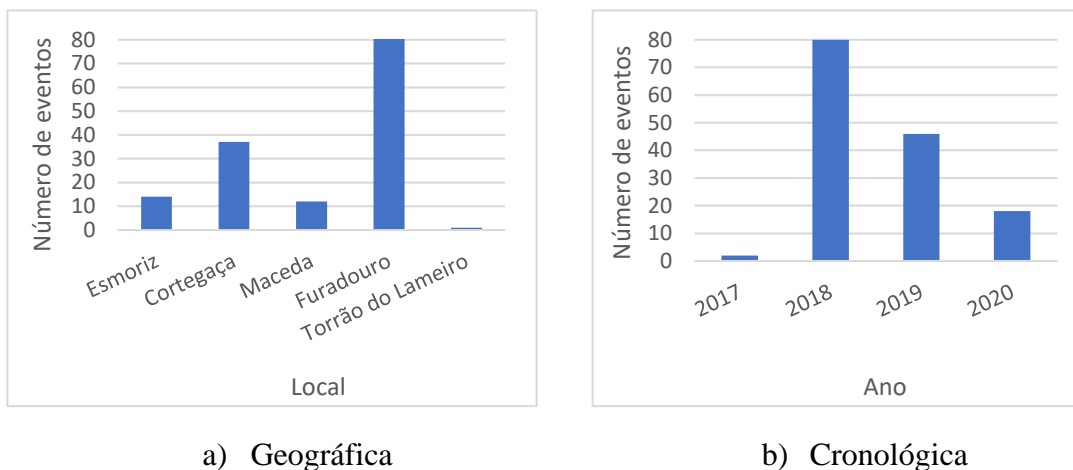
**Figura 2.10** - Exemplo de uma ficha de registo da APA

Nesta secção analisam-se os eventos de danos registados pela APA entre 2017 e 2020.

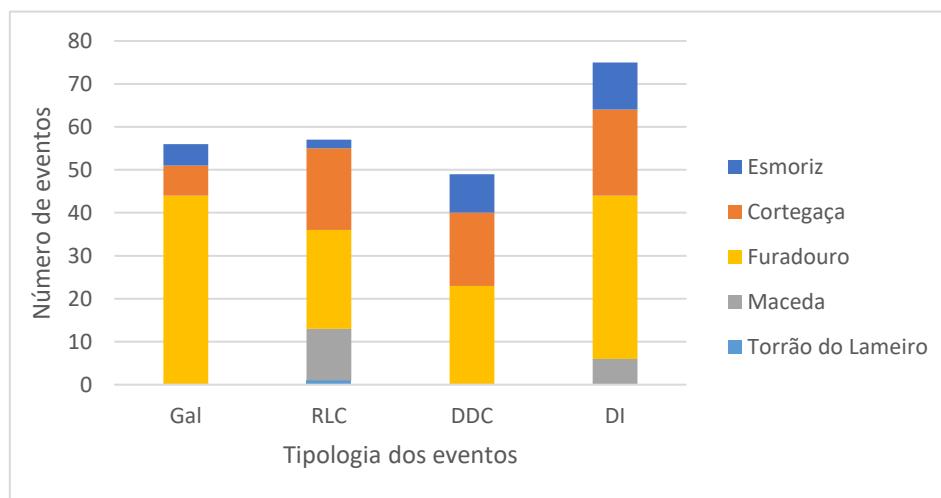
Na Figura 2.11 mostra-se a distribuição geográfica e cronológica das ocorrências desde 2017, no concelho de Ovar. Na Figura 2.12, observa-se a distribuição por tipologia das ocorrências no concelho de Ovar no mesmo período.

O Furadouro regista o maior número de eventos, enquanto o Torrão do Lameiro apresenta apenas um evento e nota-se uma tendência da diminuição do número de eventos nos últimos anos. Os danos em infraestruturas ocorrem em maior número relativamente às restantes tipologias, sendo que o Furadouro é o que apresenta maior número de eventos de

galgamentos e danos em infraestruturas. Quanto às restantes categorias, o Furadouro e Cortegaça apresentam números semelhantes de ocorrências.



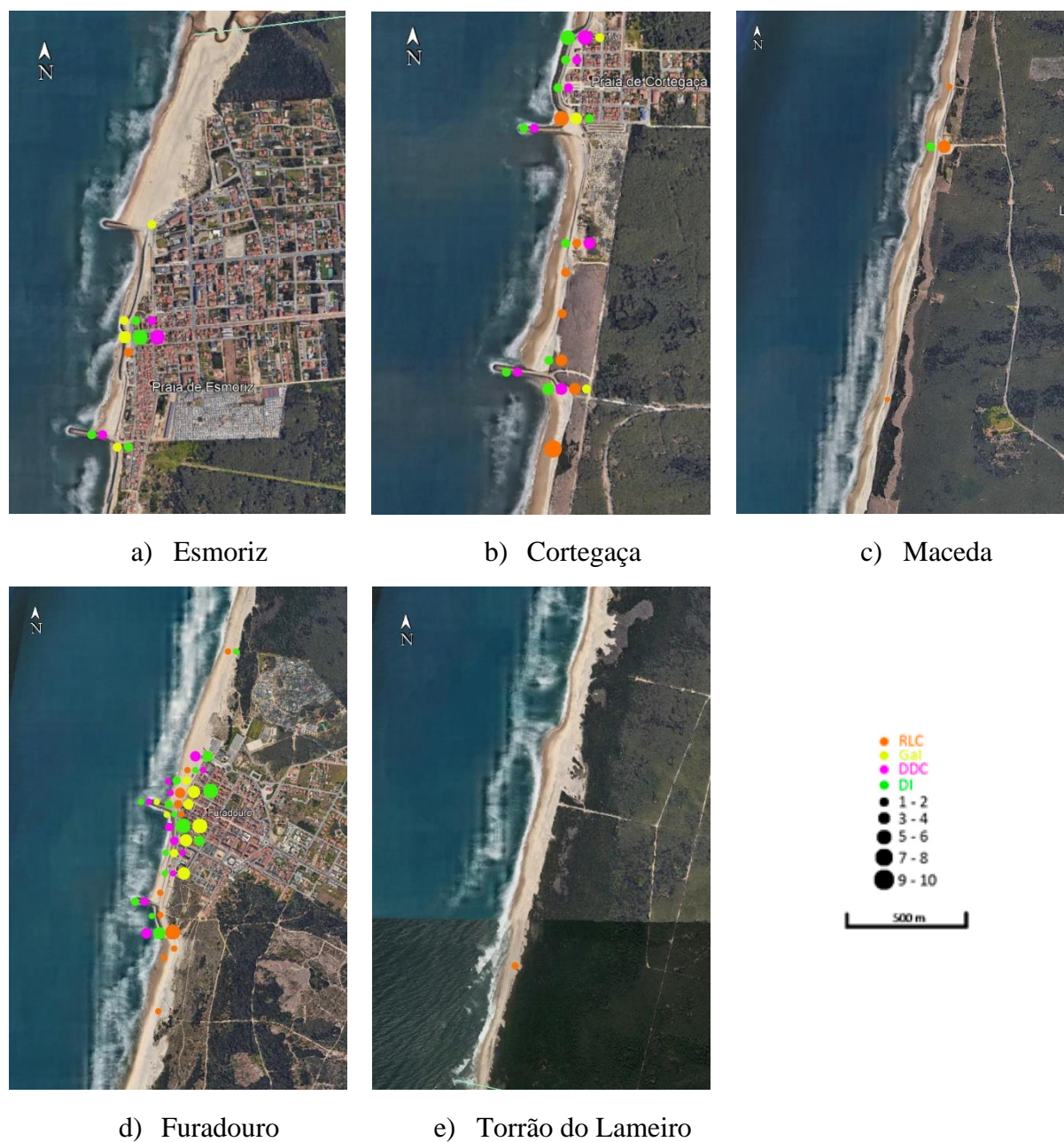
**Figura 2.11** - Distribuição geográfica e temporal do número de ocorrências registadas desde 2017, no concelho de Ovar



**Figura 2.12** - Distribuição por tipologia do número de ocorrências registadas desde 2017 no concelho de Ovar

Na Figura 2.13 apresenta-se a distribuição espacial das ocorrências registadas desde 2017 no concelho de Ovar. No Furadouro é possível concluir-se que toda a zona urbana é vulnerável sendo que a zona do EsF1 é a mais afetada. Quanto aos eventos de Recuo da Linha de Costa ocorrem mais a sul do EsF2. Em Esmoriz, observa-se que a zona urbana é a zona mais afetada com alguma incidência juntos aos esporões. Em Cortegaça observa-se também que toda a zona urbana é vulnerável, sendo mais recorrente a sul do parque de campismo e a sul do EsC2. No Torrão do Lameiro observa-se apenas um evento de Recuo

da Linha de Costa. Em Maceda, observa-se que a zona mais vulnerável é a zona do parque de estacionamento, onde se registaram vários eventos de recuo da linha de costa. Visto que o Furadouro é o local do concelho de Ovar com mais eventos de danos, principalmente de galgamentos, é importante estimar os galgamentos futuros nessa zona. Assim, nos capítulos seguintes, analisa-se mais detalhadamente o caso da obra longitudinal aderente tipo do Furadouro.



**Figura 2.13** - Distribuição espacial das ocorrências registadas entre 2017 e 2020, no concelho de Ovar



## **Capítulo 3**

---

### **SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA**





### 3. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Neste capítulo apresenta-se a metodologia adotada para caracterizar o galgamento costeiro no Furadouro. Esta abordagem permite definir o cenário de referência, facilitando a extrapolação de cenários futuros, analisados no capítulo seguinte.

#### 3.1. Conceitos

Nesta subsecção apresenta-se um enquadramento teórico relativo ao espraiamento, galgamento e inundação costeira e consequentes custos. Inicialmente, define-se o conceito de espraiamento, de seguida clarificam-se os conceitos de galgamento e de inundação costeira. Para além disso, aborda-se brevemente a quantificação dos custos associados aos eventos de galgamento e inundação costeira.

##### 3.1.1. Espraiamento

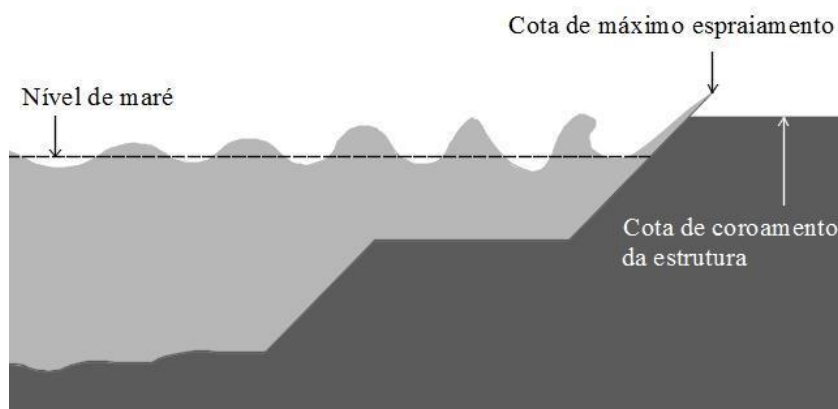
Fisicamente, o espraiamento é o movimento ascendente da água da onda incidente, após a rebentação, através da face da praia ou talude da obra de defesa, quando a zona costeira está artificializada. Este fenómeno acontece na ante praia, sendo esta zona a porção inclinada do perfil de praia compreendido entre a crista da berma de praia ou, na ausência desta, entre o limite superior da zona abrangida pelo espraio da onda na maré cheia, e a zona da maré baixa marcada pelo refluxo da onda subsequente ao espraio (JICZM, 2020).

Segundo o Eurotop (2018), designa-se por espraiamento ( $R_{2\%}$ ) a cota medida verticalmente a partir do nível médio da água do mar que é excedida por 2% das ondas incidentes. Esta cota depende da declividade de onda, do nível da superfície da água do mar, da batimetria de fundo e da porosidade, rugosidade, permeabilidade e inclinação do manto resistente da obra de defesa costeira (Cruz *et al*, 2015). O comportamento em estruturas de defesa é distinto do comportamento numa praia natural (Smith, 2003), sendo que este trabalho se centra no espraiamento sobre taludes de obras longitudinais aderentes.

### 3.1.2. Galgamento

O galgamento de estruturas de defesa costeira é um fenómeno que se caracteriza pelo transporte de massa de água sobre o coroamento da estrutura. Quando a onda incide numa determinada estrutura, parte da sua energia cinética é dissipada por rebentação, atrito, percolação e parte é refletida para o largo (Pombo, 2016).

O galgamento sobre uma estrutura costeira ocorre quando a cota de espraiamento de uma onda é superior à cota de coroamento da obra longitudinal aderente, como se ilustra na Figura 3.1. O volume de galgamento é um processo muito aleatório no tempo e espaço, visto que a quantidade de água transposta em cada onda é consideravelmente variável. Ondas maiores impulsionarão maiores volumes de água sobre o coroamento da estrutura, enquanto ondas mais baixas podem não produzir nenhum galgamento (Eurotop, 2018). É este carácter aleatório da agitação marítima que torna difícil controlar completamente a ocorrência dos eventos de galgamento. Por esta razão, admite-se normalmente no dimensionamento de obras marítimas que estas possam ser galgadas por uma determinada percentagem de ondas incidentes (Pombo, 2016).



**Figura 3.1** - Representação esquemática dos fenómenos de espraiamento e de galgamento sobre uma obra longitudinal aderente (Pombo, 2016)

O fenómeno do galgamento pode manifestar-se de diversas formas, que se distinguem em função do modo como a massa de água transpõe a estrutura. Segundo Eurotop (2018), o tipo de galgamento mais relevante no tratamento das questões costeiras é denominado de *green water* e, neste caso, a massa líquida passa continuamente sobre o coroamento da estrutura. No caso de se tratar de uma estrutura de parede vertical pode acontecer que a incidência das ondas origine uma coluna de água também vertical que galgue igualmente a estrutura. Além

desta forma de ocorrência de galgamento, distinguem-se ainda duas outras situações. A primeira acontece quando as ondas rebentam sobre a face exposta da obra costeira e originam um volume considerável de salpicos que passam sobre a estrutura (*splash*). A segunda forma de ocorrência de galgamento, ocorre quando a ação do vento na crista das ondas é significativa e possui capacidade para transportar borrifos (*spray* ou *white water*).

### 3.1.3. Inundação costeira

Genericamente, as inundações são fenómenos hidrológicos extremos, de frequência variável, naturais ou induzidos pela ação humana, que consistem na submersão de uma área usualmente emersa (Ramos, 2013). O fenómeno da inundação ocorre geralmente nas costas baixas. Nestas costas, há locais onde ocorre inundação do território costeiro por galgamentos oceânicos (Ramos, 2011). As inundações podem ser potencialmente perigosas, dependendo da magnitude atingida (altura da água e caudais), da velocidade com que progridem e da frequência com que ocorrem (Ramos, 2013). Uma metodologia que permite avaliar e gerir os riscos associados a inundações costeiras nas zonas costeiras e a galgamentos de estruturas de defesa costeira é uma mais-valia para a gestão integrada e sustentada destas zonas, evitando a degradação ambiental e perdas irreversíveis dos seus recursos. A avaliação do risco de inundação e galgamento é baseada na combinação entre os valores de probabilidade de ocorrência de um dado evento perigoso (por exemplo, inundação/galgamento pela ação das ondas) e os valores de consequências dessa ocorrência perigosa. Para simplificar a determinação do grau de risco, considera-se uma escala de grau de probabilidade, associada à probabilidade de ocorrência de um acontecimento perigoso, e uma escala de grau de consequências, associada aos prejuízos desse acontecimento (Neves *et al.*, 2013).

### 3.1.4. Custos

Estabelecer a relação entre a perda económica e altura das cheias é um passo crucial na elaboração de avaliações dos danos causados pelas cheias nas zonas costeiras (Prahl *et al.*, 2018). Um estudo recente apresentou os danos económicos e os custos de adaptação como uma função determinística da altura da inundação costeira e da altura das defesas, respetivamente, para 600 cidades costeiras europeias. Essa função fornece uma estimativa dos danos em função da altura do nível do mar (Abadie *et al.*, 2020).

Essas relações assumem a forma de curvas de custos de danos e são utilizadas pelos investigadores para a estimativa do prejuízo económico devido à subida do nível do mar e à intensificação associada dos eventos de tempestades (Prahl *et al.*, 2018). Essas curvas de custos não são lineares, ou seja, em níveis mais elevados de elevação do nível do mar, pode-se obter, em alguns casos, custos superiores aos proporcionais. Consequentemente, a distribuição dos danos não é uma transformação linear da distribuição do aumento do nível do mar (Abadie *et al.*, 2020).

Visto que é difícil definir estas funções, no presente trabalho optou-se por estimar os caudais galgados no passado e associar aos custos registados, definindo assim uma função com o comportamento específico do caso de estudo do Furadouro.

## **3.2. Formulações numéricas**

A obra longitudinal aderente analisada neste trabalho classifica-se como uma estrutura de talude com parede de coroamento. Relativamente ao cálculo do espraio, optou-se por utilizar a fórmula identificada por Teixeira (2014) relativa a estruturas costeiras que analisou e categorizou formulações distintas para o cálculo do espraio baseando-se em características das estruturas existentes na costa Noroeste Portuguesa.

Analisando o trabalho realizado por Pombo (2016), optou-se por utilizar as fórmulas de Perderson e Burchart (1992) e Pedersen (1996) de estimativa do galgamento, que são as mais adequadas ao tipo de obra analisada.

Na subsecção seguinte descrevem-se com mais detalhe as formulações empíricas aplicadas no decorrer do trabalho.

### **3.2.1. Espraiamento**

A agitação marítima é caracterizada por parâmetros como a altura de onda,  $H$ , o período de onda,  $T$ , e a direção de propagação,  $\beta$ . A influência do período pode ser representada, indiretamente, através da declividade da onda,  $s$ , que relaciona a altura de onda com o comprimento de onda,  $L$ .

Analisando o trabalho de Teixeira (2014), optou-se por utilizar a equação 3.1 para o cálculo do nível de espraio máximo. O espraio é calculado para permitir a comparação com a cota de coroamento da estrutura e, assim, identificar as ondas que provocam galgamento.

$$R_{m\acute{a}x} = 0,41H_s\xi \quad (3.1)$$

Onde o número de Iribarren,  $\xi$ , relaciona o ângulo do talude da fronteira sólida,  $\alpha$ , com a declividade da onda,  $s$ , e, consoante se utilize  $s_{om}$  ou  $s_{op}$ , obtém-se  $\xi_{om}$  ou  $\xi_{op}$ , de acordo com a equação 3.2.

$$\xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{s}} \quad (3.2)$$

A declividade é definida para a altura de onda local, junto à estrutura e, normalmente, o valor utilizado é o da altura de onda significativa calculada com o momento de ordem zero do espetro,  $H_{m0}$ . As equações 3.3 e 3.4 representam a declividade e o comprimento de onda ao largo, respetivamente.

$$s = \frac{H}{L} \quad (3.3)$$

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (3.4)$$

Sabendo o valor do período de onda significativo ( $T_{Hs}$ ), é possível estimar os períodos de onde de pico ( $T_{op}$ ) e médio ( $T_{om}$ ), de acordo com as equações 3.5 e 3.6.

$$T_{op} \sim 1,05T_{Hs} \quad (3.5)$$

$$T_{om} = \frac{T_{op}}{1,2} \quad (3.6)$$

O conhecimento dos fenómenos de propagação possibilita a obtenção das características de ondas incidentes. Assim, considerando as características da onda ao largo, analisaram-se os fenómenos de refração, empolamento e rebentação.

O fenómeno da refração ocorre quando a linha de crista das ondas forma um determinado ângulo com as curvas de nível do fundo do mar. Sendo válida a lei de *Snell*, que assume que toda a onda se propaga sobre uma batimetria regular e paralela, o coeficiente de refração,  $k_r$ , é dado pela equação 3.7, onde  $\beta_0$  e  $\beta$  representam os ângulos entre as ortogonais à batimetria e a direção de propagação das ondas ao largo e no local, respetivamente.

$$k_r = \sqrt{\frac{\cos \beta_0}{\cos \beta}} \quad (3.7)$$

O fenómeno designado por empolamento deve-se principalmente à diminuição das profundidades e acontece quando uma onda se aproxima de uma praia com uma incidência perpendicular. Neste caso, o comprimento de onda vai diminuindo como consequência da diminuição da velocidade de propagação, ao mesmo tempo que a altura vai aumentando. Sendo válida a teoria linear de *Airy*, o coeficiente de empolamento,  $k_s$ , é estimado pela equação 3.8, onde  $k$  representa o número de onda e  $h$  a profundidade de fundo.

$$k_s = \frac{\cosh(kh)}{\sqrt{hk + \sinh(kh) + \cosh(kh)}} \quad (3.8)$$

O fenómeno da rebentação está associado à propagação das ondas sobre fundos de profundidade decrescente. Quando a profundidade,  $h$ , desce além de um determinado valor (equação 3.9), designado por profundidade de rebentação, a onda torna-se instável e rebenta.

$$H_b = 0,78h \quad (3.9)$$

### **3.2.2. Galgamento**

Geralmente, o caudal galgado depende da geometria da obra longitudinal aderente e das características das ondas. As formulações apresentadas na Tabela 3.1 foram retiradas do

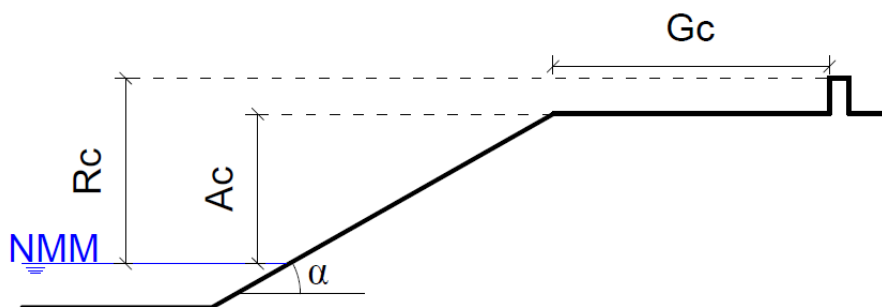
trabalho de Burcharth e Hughes (2011) e são as de maior interesse para o tipo da estrutura analisada neste trabalho.

**Tabela 3.1** - Fórmulas empíricas para determinação do caudal médio galgado (adaptado de Burcharth e Hughes, 2011)

Autores	Fórmula	Caudal médio adimensional, $Q$	Bordo livre adimensional, $R$
Pedersen e Burcharth (1992)	$Q = a R$	$\frac{q T_{om}}{L_{om}^2}$	$\frac{H_s}{R_c}$
Perdersen (1996)	$Q = R$	$\frac{q T_{om}}{L_{om}^2}$	$3,2 \times 10^{-5} \times \frac{H_s^5 \tan \alpha}{R_c^3 A_c G_c}$

Nestas equações,  $Q$  representa o caudal médio adimensionalizado por metro,  $R$  é o bordo livre da estrutura adimensionalizado e  $a$  é um coeficiente específicos da geometria da parte frontal da estrutura (Burcharth e Hughes, 2011).

Os parâmetros  $\alpha$ ,  $R_c$ ,  $A_c$  e  $G_c$  correspondem à inclinação do talude, ao bordo livre da parte impermeável do coroamento da estrutura, ao bordo livre do manto permeável da estrutura e à largura do coroamento da estrutura, respetivamente e encontram-se esquematizados na Figura 3.2.



**Figura 3.2** - Parâmetros geométricos utilizados no cálculo do galgamento

### **3.3. Definição de cenários**

O nível da superfície da água varia com a maré, por isso, as formulações podem ser aplicadas pressupondo a altura da onda ao largo ou junto à estrutura. Assim, houve a necessidade de se avaliar diferentes situações para se decidir a que melhor representa a estimativa de galgamentos no Furadouro entre 2018 e 2020.

Foram então definidos 18 cenários de estimativa de espraiamento (CE) correspondentes à conjugação de 3 níveis da superfície livre da água, com 3 situações distintas de propagação da agitação marítima e ainda com os 2 níveis de cota da estrutura, a cota de coroamento da estrutura e a cota de coroamento do muro existente na obra longitudinal analisada, para assim, depois de calculado o espraio para cada cenário e com um critério simples e único, se poder comparar e perceber qual representa melhor a situação real. Estes cenários encontram-se descritos na Tabela 3.2.

Como não se conseguiu associar cada registo de onda ao nível de maré nesse instante, houve necessidade de adotar um nível que fosse representativo. Assim, analisaram-se os casos em que a situação de agitação supõe-se ocorrer em função do nível médio (+2,0m ZH), de uma situação intermédia (+3,0m ZH) e da máxima preia-mar de águas-vivas (+4,0m ZH), designados posteriormente por NM, NM+1m e NM+2m, respetivamente.

Relativamente às características de agitação local, foram considerados também 3 cenários. Num cenário foi analisada a situação onde não se consideraram os efeitos da propagação, ou seja, em que se adota o clima de agitação ao largo. Num outro cenário, considera-se a propagação através dos fenómenos de refração e empolamento alterando as características da onda a adotar no cálculo do espraio. Num último caso, foi também considerado o fenómeno da rebentação, limitando a altura de onda por efeito da profundidade a uma altura máxima de  $0,78h$ . Estes diferentes cenários são designados na Tabela 3.2 como  $H_0$ ,  $H_{prop}$ , e  $H_{calc}$ , respetivamente.

Relativamente à geometria da estrutura, foram considerados 2 cenários, o caso em que se considera a cota de coroamento da estrutura (+5,8m ZH) e o caso em que se considera a cota de coroamento do muro existente (+6,7m ZH), conforme se observa na Figura 3.2.



**Tabela 3.2** - Descrição dos cenários considerados na avaliação dos limites de espraimento

Cenário de teste	Nível da superfície livre da água	Fenómeno considerado	Cota de Coroamento
CE1	NM	$H_0$	+5,8m ZH
CE2			+6,7m ZH
CE3		$H_{prop}$	+5,8m ZH
CE4			+6,7m ZH
CE5		$H_{calc}$	+5,8m ZH
CE6			+6,7m ZH
CE7	NM+1m	$H_0$	+5,8m ZH
CE8			+6,7m ZH
CE9		$H_{prop}$	+5,8m ZH
CE10			+6,7m ZH
CE11		$H_{calc}$	+5,8m ZH
CE12			+6,7m ZH
CE13	NM+2m	$H_0$	+5,8m ZH
CE14			+6,7m ZH
CE15		$H_{prop}$	+5,8m ZH
CE16			+6,7m ZH
CE17		$H_{calc}$	+5,8m ZH
CE18			+6,7m ZH

### 3.4. Eventos de galgamento

Depois de analisado o espraio para todos os cenários estudados, é possível prever o número de ondas que originam galgamento, quando é excedida a cota de coroamento que caracteriza a estrutura do Furadouro.

Na Tabela 3.3 apresenta-se a estimativa do número de ondas que galgam e o número de eventos de galgamento em cada cenário. Considerou-se que um evento corresponde a pelo menos um dia completo de ondas galgadas e com um mínimo de um dia sem galgamentos entre cada evento.

**Tabela 3.3** - Número de galgamentos estimado para o Furadouro em cada cenário estudado, entre 2018 e 2020

<b>Cenário</b>	<b>Nº de galgamentos</b>	<b>Nº de eventos</b>	<b>Cenário</b>	<b>Nº de galgamentos</b>	<b>Nº de eventos</b>
<b>CE1</b>	5925	76	<b>CE10</b>	2015	91
<b>CE2</b>	4359	85	<b>CE11</b>	23	1
<b>CE3</b>	1346	66	<b>CE12</b>	0	0
<b>CE4</b>	409	57	<b>CE13</b>	8666	5
<b>CE5</b>	0	0	<b>CE14</b>	7815	33
<b>CE6</b>	0	0	<b>CE15</b>	7362	51
<b>CE7</b>	7668	51	<b>CE16</b>	4581	80
<b>CE8</b>	6093	95	<b>CE17</b>	7362	51
<b>CE9</b>	3997	94	<b>CE18</b>	4491	80

Analisando os 18 cenários, percebe-se que há três cenários sem galgamentos, os dois cenários em que se considera todos os fenómenos de propagação (rebentação, empolamento e refração) com o nível médio do mar (+2m ZH) e o cenário em que se considera também todos os fenómenos de propagação, conjugados com a situação intermédia do nível do mar (+3,0m HZ) e com a cota do muro de coroamento (+6,7m ZH). O cenário em que se observa um maior número de galgamentos é quando se considera a altura de onda ao largo combinada com a situação de máxima preia-mar de águas-vivas (+4m ZH) e com a cota de coroamento da estrutura (+5,8m ZH).

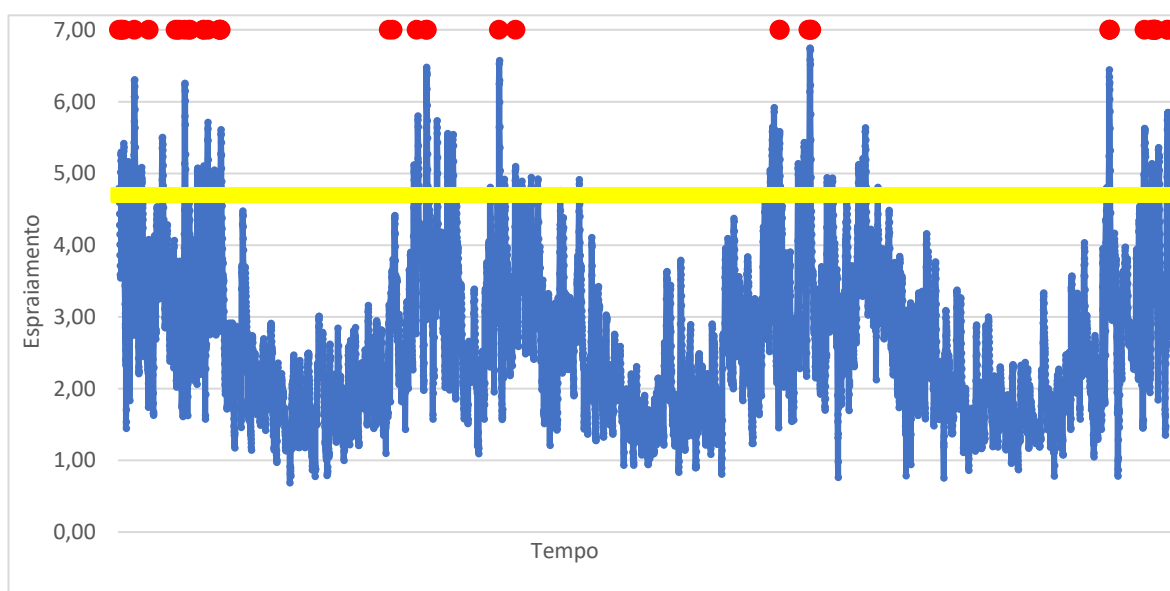
### **3.5. Cenário de referência**

Para a avaliação do risco de galgamento, é necessário seleccionar o cenário que melhor se adapta à situação conhecida no Furadouro.

Visto que a APA começou a registar os eventos de danos a meados de 2017, optou-se por não incluir esse ano na análise, usando apenas os dados relativos ao período entre 2018 e 2020. Assim, comparando-se os cenários projetados e o número de galgamentos registados pela APA entre 2018 e 2020, considerou-se que o cenário de espraiamento CE4, que reflete o fenómeno do empolamento e da refração, e representa o nível médio do mar, é o cenário

mais ajustado, por ser o cenário em que o número de eventos de galgamento mais se assemelham aos dados fornecidos pela APA e apresentados no Anexo B.

Na Figura 3.3, apresenta-se os valores do espraio de ondas do cenário CE4, entre 2018 e 2020, calculados pela equação 3.1, considerando as características relativas a esse cenário. Nesta figura, a linha amarela representa a cota a partir da qual ocorre galgamento (+6,7m ZH) e os pontos vermelhos representam os 44 eventos de galgamento efetivamente registados na praia do Furadouro durante o período analisado. É possível notar a elevada correspondência entre os eventos registados nas fichas da APA com a estimativa que resulta dos pressupostos admitidos no cenário CE4.



**Figura 3.3** - Espraio estimado na praia do Furadouro entre 2018 e 2020 e comparação com os dados reais (Lima *et al.*, 2021)

Na Tabela 3.4 observa-se o caudal galgado obtido por aplicação das formulações numéricas apresentadas na secção 3.2 aos dados do cenário de espraio CE4. Apresenta-se também a data dos eventos de danos registados pela APA e a extensão de inundação registadas também pela APA. A dificuldade de ajustar as fórmulas às características específicas dos locais onde ocorrem os eventos de galgamento pode explicar as discrepâncias entre os volumes de inundação e a extensão/dano de inundação observada.

**Tabela 3.4** – Estimativas de caudais de galgamento (q) e extensão real da inundação

<b>Data</b>	<b>q (x10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/m)</b>	<b>Dados reais – extensão de inundação (m)</b>	<b>Data</b>	<b>q (x10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/m)</b>	<b>Dados reais – extensão de inundação (m)</b>
01/01/18	4,21	25	18/02/19	5,93	20 *
04/01/18	8,91	15	25/02/19	1,19	-
06/01/18	8,47	25 a 30	06/03/19	4,34	-
10/01/18	13,85	-	13/03/19	5,84	-
17/01/18	70,11	20	06/04/19	1,51	-
25/01/18	6,76	-	25/04/19	4,91	-
01/02/18	14,11	5	10/11/19	4,42	-
01/03/18	-	40	12/11/19	70,61	-
03/03/18	-	30	20/11/19	10,18	20 a 25 *
05/03/18	-	15	09/12/19	4,98	-
11/03/18	69,02	20	12/12/19	11,65	-
15/03/18	-	15	15/12/19	18,19	-
16/03/18	-	15	20/12/19	99,67	25 *
24/03/18	9,04	-	22/12/19	99,67	27
30/03/18	10,68	25	23/12/19	99,67	15 a 30 *
31/03/18	10,68	20	08/01/20	4,35	-
04/04/18	15,69	20	14/01/20	3,46	-
09/04/18	1,14	-	10/02/20	15,73	-
10/04/18	4,87	-	15/02/20	5,30	-
16/04/18	2,88	6 a 40 *	17/02/20	20,18	-
17/04/18	11,65	45 *	01/03/20	1,01	-
09/10/20	-	20	26/10/20	2,78	-
13/10/18	-	- *	29/10/20	41,09	20 a 35 *
04/11/18	4,56	-	04/12/20	66,18	20
07/11/18	20,16	15	12/12/20	4,12	30
17/11/18	37,49	1 a 30 *	13/12/20	4,28	30
28/11/18	11,53	-	14/12/20	4,28	50 *
09/12/18	6,70	-	15/12/20	4,28	30 *
13/12/18	28,15	-	16/12/20	4,28	20 *
23/01/19	4,35	-	18/12/20	11,47	-
01/02/19	91,66	10 *	28/12/20	65,71	5 a 25 *
06/02/19	3,03	-			

\* Eventos em que se observaram danos nas estruturas do revestimento rochoso ou nas infraestruturas envolventes

Na Tabela 3.5, apresenta-se o número de ondas galgadas, o número de eventos de galgamento e o caudal galgado em cada uma das séries efetuando todo o processo com o mesmo nível do mar e com os mesmos fenómenos de propagação, comparando com o cenário de referência CE4.

**Tabela 3.5** - Número de ondas galgadas, de eventos e caudal galgado nas 5 séries analisadas em comparação com o CE4

Cenário	Nº ondas	Nº eventos	q (x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /m)	Nº ondas médio	Nº eventos médio	q (x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /m) médio
<b>CE4</b>	409	57	1208	136	19	402
<b>Histórica</b>	3288	224	17897	164	11	895
<b>RCP 4.5 Curto Prazo</b>	2698	183	17075	135	9	854
<b>RCP 4.5 Longo Prazo</b>	2113	156	14207	106	8	710
<b>RCP 8.5 Curto Prazo</b>	2695	174	13643	135	9	682
<b>RCP 8.5 Longo Prazo</b>	2549	160	19497	127	8	975

Analisando a Tabela 3.5, e fazendo uma média do número de ondas por ano, o cenário histórico é o que mais se aproxima do CE4, com 11 eventos por ano, em comparação com 19 do CE4. Verifica-se que o cenário CE4 é o cenário com menos caudal galgado e com menos eventos de galgamento, enquanto o cenário RCP 8.5 Longo Prazo é o cenário com mais caudal galgado. Assim, no capítulo seguinte, utiliza-se o clima de agitação da série histórica no cenário de referência.

### 3.6. Quantificação de custos

No capítulo seguinte analisa-se a sensibilidade de alguns parâmetros considerados no cenário de referência, como a cota de coroamento, a inclinação, o nível do mar, o clima de agitação e alguns custos. Assim, nesta subsecção, analisam-se os valores de referência discutidos no capítulo 4.

### 3.6.1. Taxa de desconto

Nas situações em que os custos de uma solução são quantificados em termos económicos ao longo do tempo, é necessário atualizar os valores desses custos para o presente (ano de referência), de forma a ser possível a realização de comparações. Assim, ao longo dos 20 anos analisados, atualizou-se os custos pela equação 3.10.

$$CA = \frac{\sum \text{custos}}{(1 + r)^t} \quad (3.10)$$

Onde, *CA* são os custos atualizados (custos associados aos galgamentos, custo de intervenção e manutenção); *r* é a taxa de desconto e *t* é o ano em análise. O valor de referência para a definição da taxa de desconto foi de 3%, baseada em Roebeling *et al.*, 2018.

### 3.6.2. Custo do galgamento

Para se avaliar o impacto direto dos galgamentos, é necessário conhecer o custo associado aos galgamentos. Assim, na Tabela 3.6 - Volume galgado e custo das intervenções entre 2018 e 2020 e no cenário histórico apresentam-se os volumes galgados por ano entre 2018 e 2020, calculados pela equação apresentada na Tabela 3.1 e os custos das intervenções no mesmo período, verificando que, em 2020, apesar de ser o ano com o volume galgado menor (cerca de  $0,26 \times 10^6$  €), é o ano com mais custos de intervenções (cerca de  $0,50 \times 10^6$  €). Para se chegar a um valor do custo do galgamento, dividiu-se o total do custo das intervenções entre 2018 e 2020 pelo total do volume galgado no mesmo período, chegando-se a um valor de  $0,53\text{€/m}^3/\text{m}$ .

**Tabela 3.6** - Volume galgado e custo das intervenções entre 2018 e 2020 e no cenário histórico

Ano	Volume galgado ( $\times 10^3 \text{ m}^3/\text{m}$ )	Danos (€)
2018	408	-
2019	542	145 382
2020	258	499 265
<b>Total</b>	1207	644 648
<b>Média</b>	403	214 882
<b>Média (Histórico)</b>	895	-

Na Tabela 3.7 apresenta-se o volume galgado por ano na série histórica, calculados pela equação 3.1. O ano 2004, foi o ano com mais volume galgado ( $1,70 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{m}$ ), enquanto o ano 2005 foi o ano onde se verificou menor volume galgado ( $0,19 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{m}$ ). Visto que a média do caudal galgado no cenário histórico (cerca de  $0,90 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{m}$ ) é superior à média do caudal galgado entre 2018 e 2020 ( $0,40 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{m}$ ), aplicou-se uma proporção ao valor calculado anteriormente, de forma a ajustar-se este valor, chegando assim ao valor de referência de  $0,25\text{€}/\text{m}^3/\text{m}$ .

**Tabela 3.7** - Volume galgado da série histórica

Ano	Volume galgado ( $\times 10^3 \text{ m}^3/\text{m}$ )	Ano	Volume galgado ( $\times 10^3 \text{ m}^3/\text{m}$ )
1986	986	1996	498
1987	810	1997	1278
1988	1102	1998	1326
1989	886	1999	252
1990	953	2000	593
1991	688	2001	1635,
1992	805	2002	870,
1993	985	2003	1172
1994	618	2004	1747
1995	492	2005	191
<b>Total</b>	17897	-	-
<b>Média (Histórico)</b>	895	-	-

### **3.6.3. Custo de intervenção**

Cruz (2015) fez uma análise de custos de obras no Furadouro tendo chegado a que os valores indicativos do custo unitário do material são 50€/m<sup>3</sup> e estimou que no Furadouro, no passado, se tenha gastado cerca de 0,2x10<sup>5</sup>€/ano. Como os valores de 0,2x10<sup>5</sup> €/ano são semelhantes aos que foram encontrados neste trabalho com base na informação apresentada na Tabela 3.6 e no Anexo A, considera-se que os 50€/m<sup>3</sup> é representativo dos custos futuros de intervenção no Furadouro, pelo que, quando são analisados cenários de intervenção sobre as obras existentes que requerem volume de material (subida da cota de coroamento e redução da inclinação do talude), adotar-se-á o valor de 50€/m<sup>3</sup> para os custos dessas intervenções.

### **3.6.4. Custo de manutenção**

Lima (2018) considerou um custo de manutenção para obras longitudinais aderentes de 30% de 5 em 5 anos, o que equivale a um custo de manutenção de 6% por ano. Visto que, nesse trabalho não foram considerados os galgamentos, e de uma forma mais conservativa, optou-se por usar como valor anual de referência 10% do custo da intervenção. Importa referir que apenas se utilizou o valor da manutenção relativa à parte intervencionada, isto é, visto que a parte já existente é comum a todos os cenários, o custo da manutenção relativo a essa intervenção é considerado irrelevante para o presente trabalho.



## **Capítulo 4**

---

### **CENÁRIOS FUTUROS**



## 4. CENÁRIOS FUTUROS

Pretendeu-se avaliar o comportamento futuro de galgamentos no Furadouro, sob a influência de diferentes cenários, ao longo de 20 anos de projeção.

De forma a compreender a influência de alguns parâmetros nos resultados obtidos durante os 20 anos de simulação, torna-se importante realizar análises de sensibilidade que permitam essa discussão. Nesse sentido, o presente capítulo tem como objetivo apresentar diferentes cenários, onde se discute a incerteza relacionada com a ação futura, a forma de intervir na estrutura e os fatores económicos. Toda a análise desenvolvida foi efetuada por análises de sensibilidade destes parâmetros tendo por base os resultados do cenário de referência definido na subsecção 3.5, sendo que, neste cenário, considera-se o nível de maré a +2m ZH, o clima de agitação analisado na subsecção 2.1. e a cota de coroamento e a inclinação do talude existentes no local, +6,70m e 30°, respetivamente.

Nesta análise fixaram-se os parâmetros do cenário de referência alterando-se apenas o parâmetro em estudo em cada subsecção, definindo-se assim diversas curvas correspondentes à variação do custo acumulado em função do tempo, repetindo este processo para os diversos cenários simulados. Os parâmetros analisados neste capítulo são o nível médio do mar (secção 4.1.1), clima de agitação (secção 4.1.2), a inclinação do talude (secção 4.2.1), a cota de coroamento (secção 4.2.2), o custo do galgamento por m<sup>2</sup> (secção 4.3.1), a taxa de desconto (secção 4.3.2), o custo de intervenção (secção 4.3.3) e o custo de manutenção (4.3.4.).

Na Tabela 4.1, descrevem-se os cenários de galgamento (CG) analisados nas secções seguintes que serão comparados com o cenário de referência.

**Tabela 4.1** - Descrição dos cenários de galgamentos futuros (CG)

<b>Cenário</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Alteração</b>	<b>Descrição do cenário</b>	
<b>CG1</b>		Nível médio do mar	+0,50 m	
<b>CG2</b>			+1,50 m	
<b>CG3</b>	Ação	Clima de agitação	RCP4.5 (Curto prazo)	
<b>CG4</b>			RCP4.5 (Longo prazo)	
<b>CG5</b>			RCP8.5 (Curto prazo)	
<b>CG6</b>			RCP8.5 (Longo prazo)	
<b>CG7</b>	Estrutura	Inclinação do talude	-5°	
<b>CG8</b>			-10°	
<b>CG9</b>			Cota de coroamento	+1,00 m
<b>CG10</b>				+2,00 m

## **4.1. Agentes forçadores**

Nesta subsecção analisaram-se dois tipos de cenários, primeiro analisou-se a subida do nível médio do mar, depois analisou-se a influência da alteração do clima de agitação, para se estimar os custos associados aos galgamentos se o nível médio do mar ou o clima de agitação se alterar no futuro, sem que haja qualquer tipo de intervenção na estrutura.

### **4.1.1. Nível médio do mar**

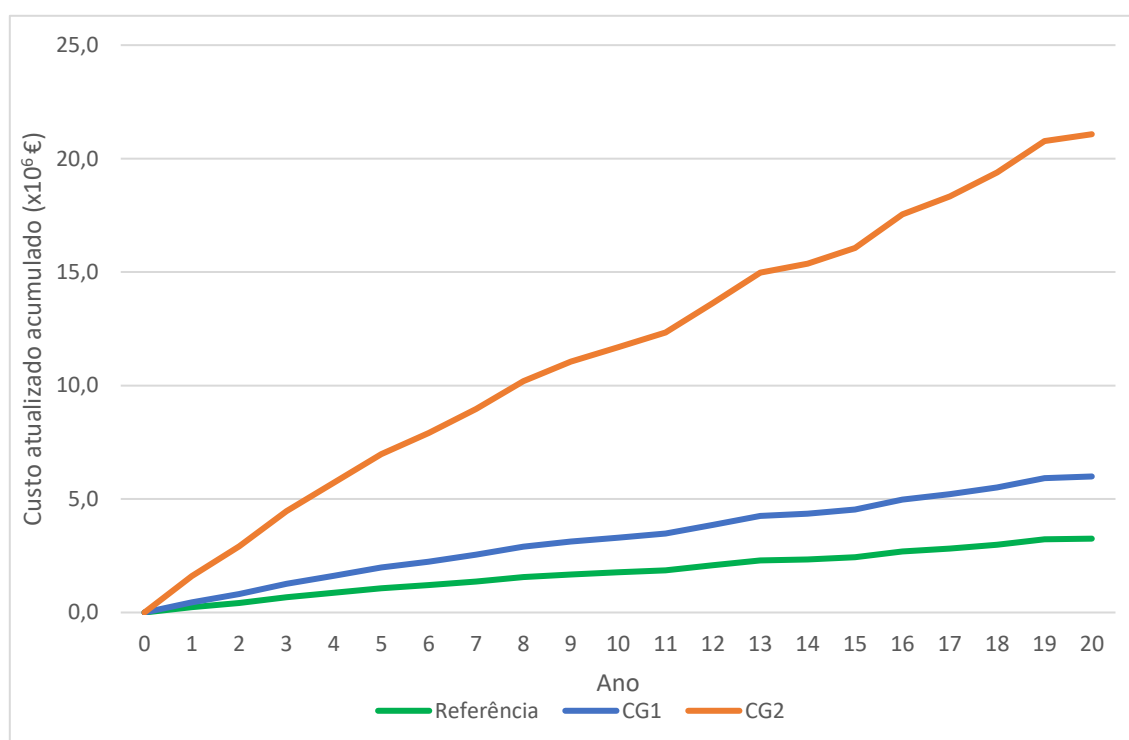
Nesta subsecção analisaram-se dois cenários, o cenário CG1, cuja subida do nível do mar é de 0,50 m e o cenário CG2, com uma subida de 1,50 m. A adoção destes valores para a subida do nível médio do mar teve como base os trabalhos de Jallow *et al.* (2001), Antunes *et al.* (2013) e Stronkhorst *et al.* (2018).

Na Tabela 4.2, apresenta-se o número de ondas, de eventos, o caudal galgado e o custo total atualizado de danos associado a esse caudal (CTA), nos dois cenários de subida do nível médio do mar, em comparação com o cenário de referência.

**Tabela 4.2** - Desempenho dos cenários de subida do nível do mar, num horizonte de 20 anos

Cenário	Nº ondas	Nº eventos	q (x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /m)	CTA (x10 <sup>3</sup> €)
<b>Referência</b>	3288	224	17897	3 254
<b>CG1</b>	7125	390	32876	5 993
<b>CG2</b>	21505	719	115394	21 075

Na Figura 4.1, observa-se a evolução do custo de cada um dos cenários, ao longo de 20 anos.



**Figura 4.1** - Impacto da subida do nível médio do mar, ao longo de 20 anos, no desempenho económico dos danos de galgamento, no Furadouro

Analisando a Tabela 4.2 e a Figura 4.1, observa-se que, a subida de 1,50 m do nível médio do mar corresponde ao pior cenário, chegando a atingir um caudal galgado de cerca de  $110 \times 10^6$  de m<sup>3</sup>/m, tendo assim um custo associado de cerca de  $21 \times 10^6$  €, ao longo dos 20

anos de análise. A subida de 0,50 m atinge um caudal galgado de cerca de  $33 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{m}$  e um custo associado de cerca de  $6 \times 10^6 \text{ €}$ . Desta forma, estima-se que o impacto da subida do nível médio do mar por efeito das alterações climáticas, se não se adotarem outras medidas, pode aumentar cerca de 2 a 7 vezes os custos de galgamento.

#### **4.1.2. Clima de agitação**

Nesta subsecção foram analisados 5 cenários, o cenário histórico, que corresponde ao cenário de referência e representa o clima de agitação passado (1986 a 2005) e os cenários futuros, designados como RCP4.5 e RCP8.5. Os cenários futuros foram divididos em 2 cenários cada um, um cenário do futuro a curto prazo (2026 a 2045) e um cenário do futuro a longo prazo (2081 a 2100).

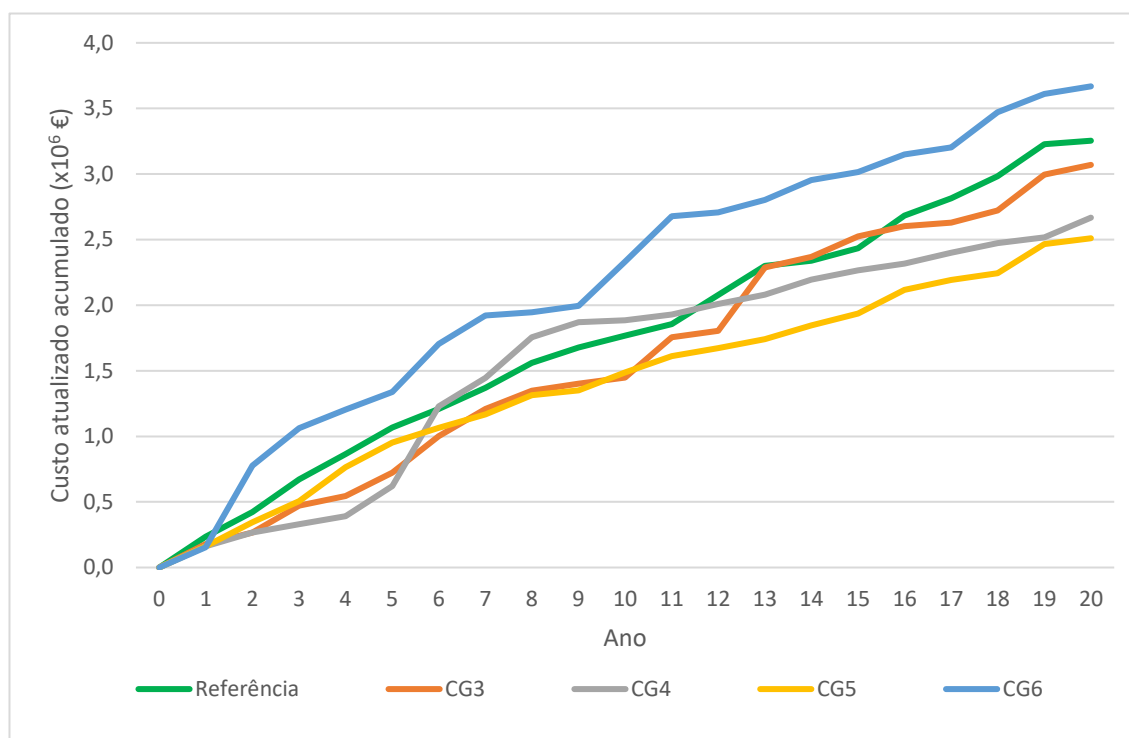
Na Tabela 4.3, apresenta-se o número de ondas, eventos, o caudal galgado e o custo total atualizado de danos associado a esse caudal (CTA), nos quatro cenários futuros, em comparação com o cenário de referência.

**Tabela 4.3** - Desempenho dos cenários de alteração do clima de agitação num horizonte de 20 anos

<b>Cenário</b>	<b>Nº ondas</b>	<b>Nº eventos</b>	<b>q (<math>\times 10^3 \text{ m}^3/\text{m}</math>)</b>	<b>CTA (<math>\times 10^3 \text{ €}</math>)</b>
<b>Referência</b>	3288	224	17897	3 254
<b>CG3</b>	2698	183	17075	3 069
<b>CG4</b>	2113	156	14207	2 667
<b>CG5</b>	2695	174	13643	2 510
<b>CG6</b>	2549	160	19497	3 668

Analisando a Tabela 4.3, percebe-se que o cenário cujo custo é mais elevado ( $3,7 \times 10^6 \text{ €}$ ) é o cenário CG6, com um caudal galgado de  $19,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{m}$ , enquanto o cenário CG5 é o mais benéfico, com apenas  $13,6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{m}$  galgados, a que correspondem  $2,5 \times 10^6 \text{ €}$  de custos com danos causados pelos galgamentos.

Na Figura 4.2, analisa-se a evolução do custo de cada um dos cenários, ao longo de 20 anos.



**Figura 4.2** - Impacto da alteração do clima de agitação, ao longo de 20 anos, no desempenho económico dos dados de galgamento, no Furadouro

Analisando a Figura 4.2, percebe-se que o cenário CG6, no segundo ano tem um aumento notável do caudal galgado, sendo o pior cenário ao longo dos 20 anos, enquanto o cenário CG4, entre o segundo e o quarto ano tem uma diminuição significativa do caudal galgado, tornando-se o cenário mais benéfico e logo depois, entre o quarto ano e o sexto aumenta passando a ser, nesse ano, o segundo pior cenário, até ao décimo primeiro ano. A incerteza nos climas 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 x10<sup>6</sup> €, se não forem adotadas outras intervenções.

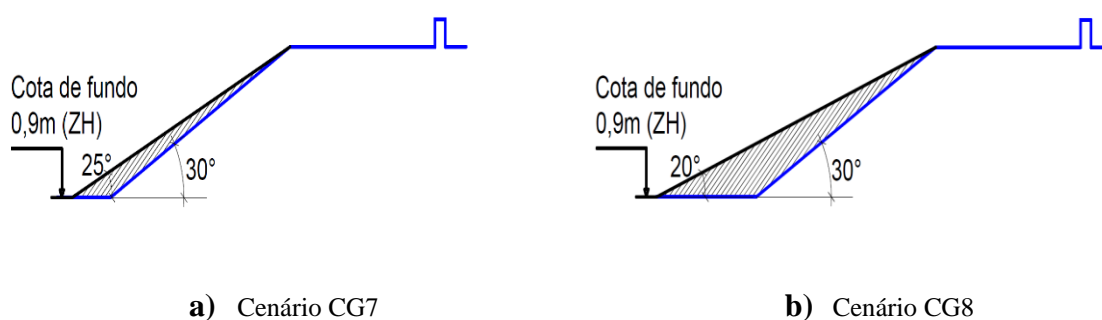
## 4.2. Intervenção estrutural

Nas subsecções seguintes são analisados 2 tipos de cenários de intervenção na estrutura da obra longitudinal aderente. Por um lado, altera-se a inclinação do talude, por outro altera-se a cota de coroamento, para assim ser mais fácil de perceber de que forma esses parâmetros influenciam e reduzem a frequência de galgamentos e os consequentes custos que lhes estão

associados. Optou-se por não se estudar outros tipos de intervenção, como patamares intermédios, para não se alterar o tipo de formulação para estimar os galgamentos, em função da geometria da obra longitudinal aderente.

#### **4.2.1. Inclinação do talude**

Nesta subsecção analisam-se dois cenários de intervenção, reduzindo a inclinação do talude. A inclinação do cenário de referência é de 30° e no primeiro cenário estudado a inclinação do talude é alterada para 25° e no segundo altera-se para 20°. A redução da inclinação do talude faz com que a altura do espraçamento diminua, reduzindo a probabilidade de galgamento. No entanto, ao estender o talude da obra, aumenta-se a sua dimensão, requerendo mais material, com um custo superior. Na Figura 4.3 encontram-se esquematizados os dois cenários analisados nesta subsecção, sendo que a Figura 4.3a corresponde ao cenário CG7 e a Figura 4.3b ao cenário CG8. A parte esquematizada a azul representa a parte existente, a parte em preto representa a alteração analisada. Estas intervenções aumentam a área da secção transversal da estrutura em 5,0 e 12,2 m<sup>2</sup>, multiplicando estas áreas pelo valor do enrocamento e pelo comprimento da obra longitudinal aderente (1000 m), obtém-se os custos de primeiro investimento de cerca de 250 e 610 x10<sup>3</sup> €, respetivamente.



**Figura 4.3** - Esquema dos cenários de alteração da inclinação do talude

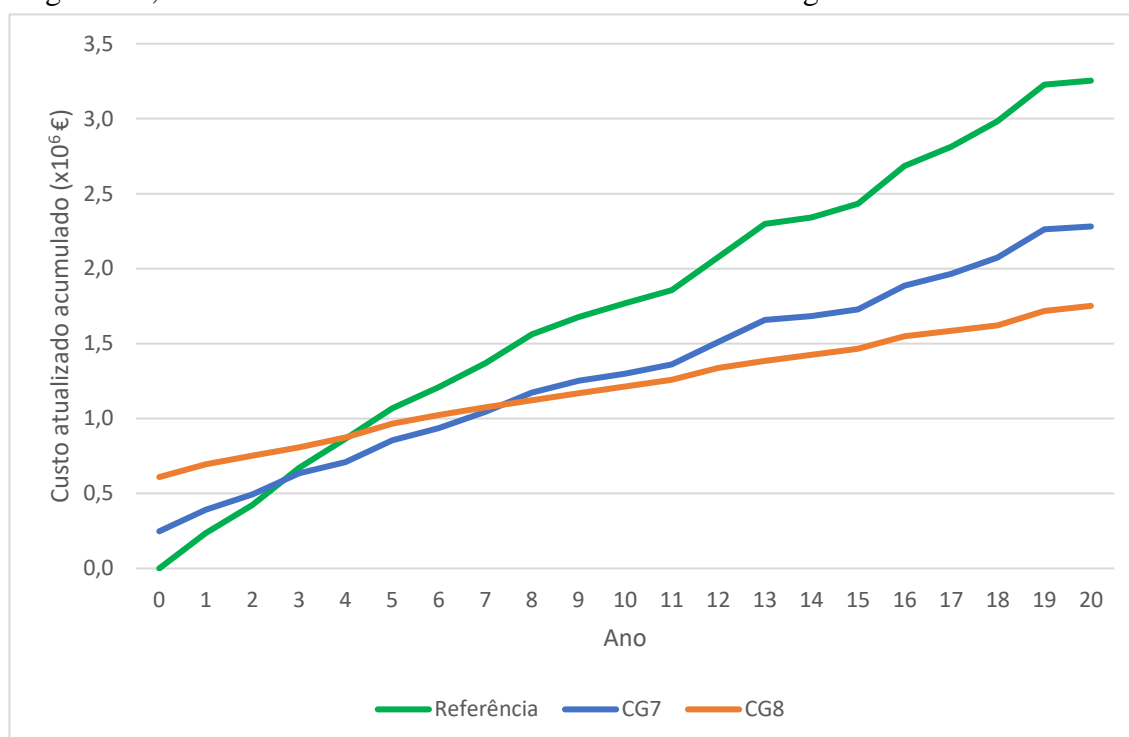
Na Tabela 4.4 apresenta-se se o número de ondas, de eventos, o caudal galgado e o custo total atualizado de danos associado a esse caudal (CTA), nos dois cenários em comparação com o cenário de referência.



**Tabela 4.4** - Desempenho dos cenários de alteração de inclinação do talude, num horizonte de 20 anos

Cenários	Nº ondas	Nº eventos	q (x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /m)	CTA (x10 <sup>3</sup> €)
<b>Referência</b>	3288	224	17897	3 254
<b>CG7</b>	739	57	9294	2 280
<b>CG8</b>	39	1	1374	1 751

Na Figura 4.4, analisa-se o custo associado a cada cenário ao longo dos 20 anos.



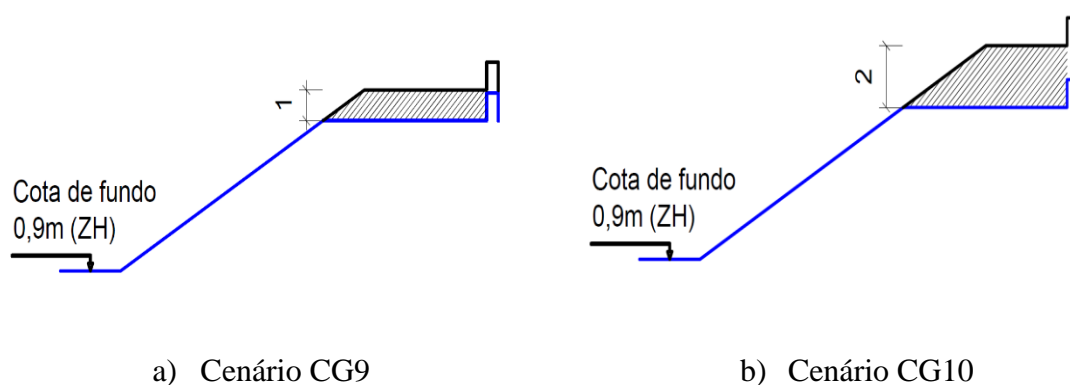
**Figura 4.4** - Impacto da alteração da inclinação do talude, ao longo de 20 anos, no desempenho económico dos dados de galgamento, no Furadouro

Analisando a Tabela 4.4, e como já se esperava, observa-se que o cenário CG8 é o cenário que tem menos caudal galgado (cerca de  $1,37 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/m), com apenas um evento de galgamento e que o cenário com mais caudal galgado é o cenário de referência. Analisando a Figura 4.4, percebe-se que o cenário CG7 só é o mais benéfico em termos de custos entre o 3º e o 4º ano do período analisado. O cenário de referência é o menos dispendioso até ao 3º ano, passando a ser o cenário com mais custos associados a partir do 4º ano. O cenário cuja inclinação do talude é de 20º é o mais dispendioso até ao 3º ano do período analisado,

devido ao custo da intervenção (1º investimento) ser maior do que o custo da intervenção do cenário CG7, mas a partir do 8º ano é o cenário mais benéfico com cerca de  $1,75 \times 10^6$  € no final dos 20 anos estudados. É importante referir que, no cenário CG8, os custos são maioritariamente relativos à manutenção da obra longitudinal aderente, visto que em 12 dos 20 anos analisados não houve qualquer caudal galgado. Analisando os dois cenários e comparando com o cenário de referência, conclui-se que, para os pressupostos considerados e não tendo em consideração os eventuais impactos na dimensão da praia em frente à obra, a longo prazo, é mais benéfico o cenário cuja intervenção é mais relevante e que apresenta o talude com a inclinação menor.

#### **4.2.2. Cota de coroamento**

Nesta subsecção analisam-se dois cenários de intervenção. No primeiro aumenta-se a cota de coroamento em 1,00 m e no segundo, aumenta-se 2,00 m, subindo assim a cota de coroamento para 7,70 m e para 8,70 m, respetivamente. Esta intervenção pretende diminuir o galgamento, mas tem impactos visuais, que não foram avaliados neste trabalho. Na Figura 4.5 encontram-se esquematizados os dois cenários analisados nesta subsecção, sendo que a Figura 4.5a corresponde ao cenário CG9 e a Figura 4.5b ao cenário CG10. A parte esquematizada a azul representa a parte existente, a parte em preto representa a alteração analisada. Estas intervenções representam um aumento de 6,1 e 10,5 m<sup>2</sup> na área da estrutura, que, depois de multiplicada pelo custo do enrocamento de 50€/m<sup>3</sup> e pelo comprimento da obra longitudinal aderente de 1000m, e têm custo de primeiro investimento associado de cerca de 300 e 530 x10<sup>3</sup> €, respetivamente.



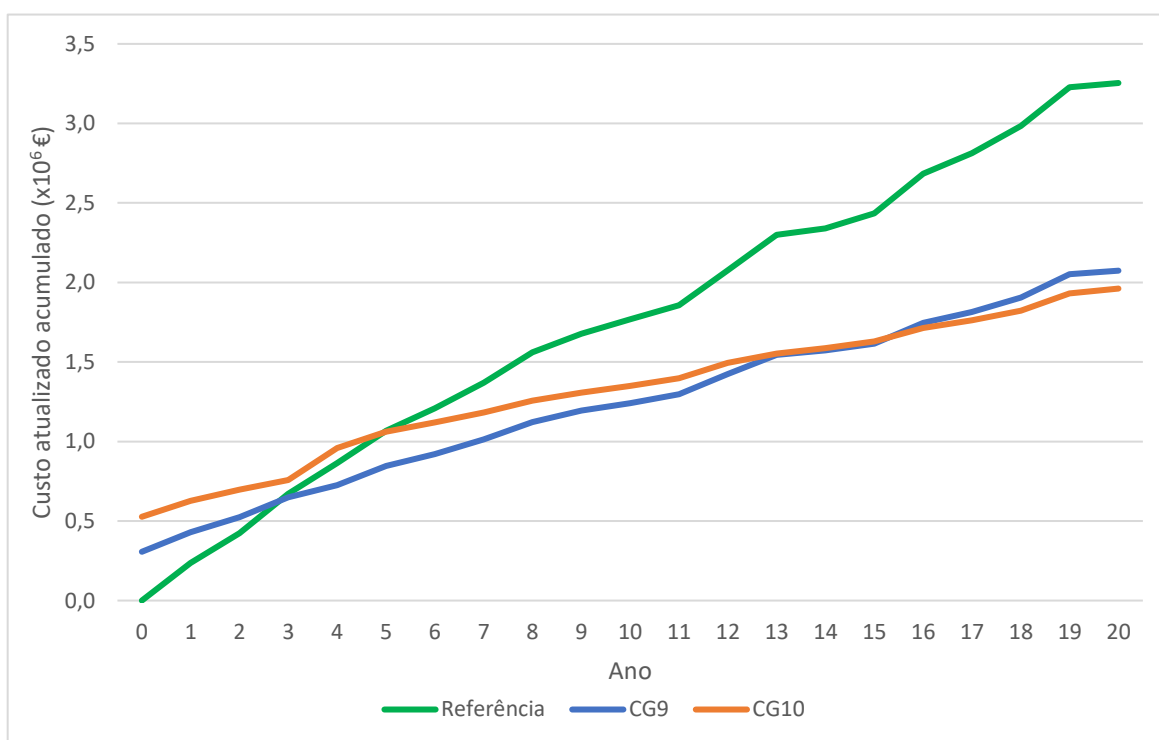
**Figura 4.5** - Esquema dos cenários de alteração da cota de coroamento

Na Tabela 4.5 apresenta-se o número de ondas galgadas, o número de eventos, o caudal galgado e o custo total atualizado de danos associado a esse caudal e custos de intervenção (CTA), nos dois cenários em comparação com o cenário de referência.

**Tabela 4.5** - Desempenho dos cenários de alteração da cota de coroamento, num horizonte de 20 anos

Cenário	Nº ondas	Nº eventos	q (x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /m)	CTA (x10 <sup>3</sup> €)
<b>Referência</b>	3288	224	17897	3 254
<b>CG9</b>	867	69	5448	1 742
<b>CG10</b>	216	17	1437	1 563

Na Figura 4.6, analisa-se o custo associado a cada cenário ao longo dos 20 anos.



**Figura 4.6** - Impacto da alteração da cota de coroamento, ao longo de 20 anos, no desempenho económico dos dados de galgamento, no Furadouro

Analisando a Tabela 4.5, observa-se que aumentar a cota de coroamento em 2m em vez de 1m (o dobro) reduz o número de ondas galgadas e o número de eventos em um terço do valor. Observa-se também que o caudal galgado reduziu em mais do dobro, passando de

5448 x10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/m para apenas 1437 x10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/m. Na Figura 4.6, observa-se que o cenário de referência é o cenário mais benéfico até ao 3º ano, sendo que, neste período, o pior cenário em termos monetários é o cenário CG10. Entre o 3º e o 9º ano, o cenário menos dispendioso é o cenário CG9. A partir do 9º ano, o cenário que tem o custo associado mais baixo é o cenário CG10, chegando a 1,5 x10<sup>6</sup> €, sendo o cenário de referência o que tem um custo mais elevado desde o 3º ano, ultrapassando o dobro do custo do cenário CG10. Analisando todos os cenários desta subsecção, é possível concluir que, a longo prazo, é mais benéfico aumentar mais a cota de coroamento, apesar do seu custo de intervenção ser superior.

### **4.3. Análise de sensibilidade**

Visto que existe alguma incerteza associada aos valores definidos no cenário de referência para caracterizar os aspetos económicos, optou-se por analisar a sensibilidade em 4 cenários, conhecendo assim a influência dos parâmetros relacionados com as taxas de desconto, os custos dos galgamentos, das intervenções, e da respetiva manutenção anual. Para cada um destes parâmetros, analisou-se a sensibilidade nos cenários que consideram o aumento da cota de coroamento em 1,00 m e 2,00m e os cenários em que se alterou a inclinação do talude para 25° e 20°.

#### **4.3.1. Taxa de desconto**

Nesta subsecção, analisa-se a sensibilidade da taxa de desconto, aplicando-se quatro valores distintos para a taxa de desconto (0%, 1%, 7% e 12%), com vista a avaliar a influência da incerteza da escolha deste valor.

Na Tabela 4.6 apresenta-se o caudal galgado e o custo total atualizado de danos associado a esse caudal (CTA), nos quatro cenários analisados.

Na Figura 4.7 observa-se o custo associado a cada cenário ao longo dos 20 anos, sendo que na Figura 4.7a e Figura 4.7b se apresenta a sensibilidade da taxa de desconto quando a inclinação do talude é 25° e 20°, respetivamente e na Figura 4.7c e Figura 4.7d, a sensibilidade quando a cota de coroamento é de 7,70m e 8,70m, respetivamente.

Tabela 4.6 - Desempenho económico, por alteração da taxa de desconto ao fim de 20 anos

Cenário	Nº ondas	Nº eventos	q (x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /m)	CTA (x10 <sup>3</sup> €)				
				(0%)	(1%)	(3%)	(7%)	(12%)
<b>CG7</b>	739	57	9294	3 027	2 280	2 741	1 668	1 448
<b>CG8</b>	39	1	1374	2 166	2 007	1 751	1 410	1 167
<b>CG9</b>	867	69	5448	2 259	2 061	1 742	1 316	1 011
<b>CG10</b>	216	17	1437	1 933	1 792	1 563	1 258	1 038

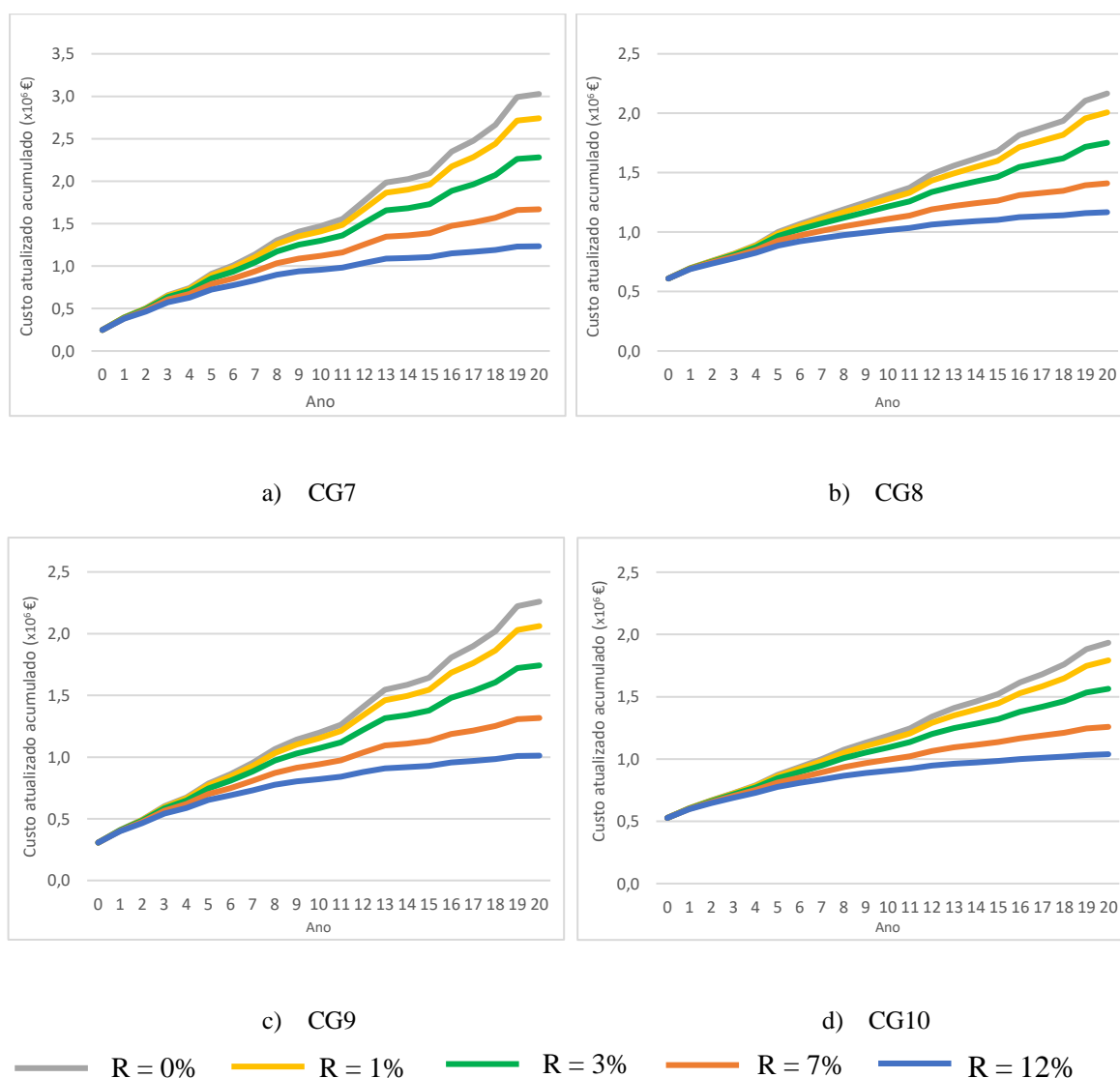


Figura 4.7 – Impacto da alteração da taxa de desconto, ao longo de 20 anos, no desempenho económico dos dados de galgamento, no Furadouro

Analisando a Tabela 4.6 percebe-se que o cenário mais benéfico é o cenário CG9 quando a taxa de desconto é 12%, que atinge cerca de  $1 \times 10^6$  €, enquanto o pior cenário é o cenário CG7 com uma taxa de desconto igual a 0%. Analisando a Figura 4.7, é possível constatar que quanto mais baixo for o valor da taxa de desconto, menor será a eficácia económica, isto é, maior será o custo ao fim dos 20 anos. Percebe-se que, quanto maior for o valor da taxa de desconto, menor será o declive da curva e que o impacto da taxa de desconto é mais significativo para os períodos de tempo mais longos.

### **4.3.2. Custo do galgamento**

Nesta subsecção, analisa-se a sensibilidade dos resultados ao valor adotado para representar o custo de galgamento. Primeiro optou-se por diminuir 50% o custo do galgamento definido como referência, estabelecendo o valor em  $0,12\text{€}/[\text{m}^3/\text{m}]$ , depois aumentou-se 50% ficando com o valor de  $0,37\text{€}/[\text{m}^3/\text{m}]$ .

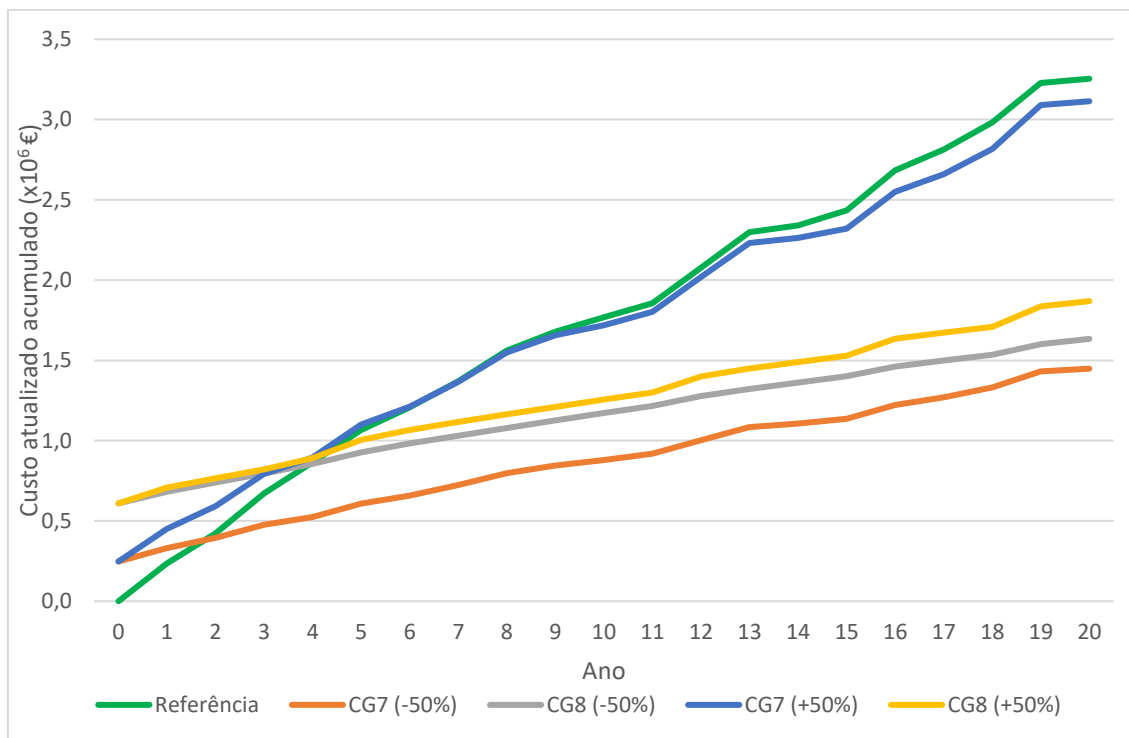
Na Tabela 4.7 apresenta-se o caudal galgado e o custo total atualizado de danos associado a esse caudal (CTA), nos quatro cenários comparando com o cenário de referência. É possível verificar que o cenário CG8 e o cenário CG10 são os cenários cuja diferença de custo são menores ( $236$  e  $253 \times 10^3$  €). Verifica-se também que o custo total atualizado do cenário CG7 com um aumento de 50% do custo do galgamento é equivalente ao custo do cenário de referência com uma diferença de apenas  $130 \times 10^3$  €.

**Tabela 4.7** - Desempenho económico, por alteração do custo do galgamento ao fim de 20 anos

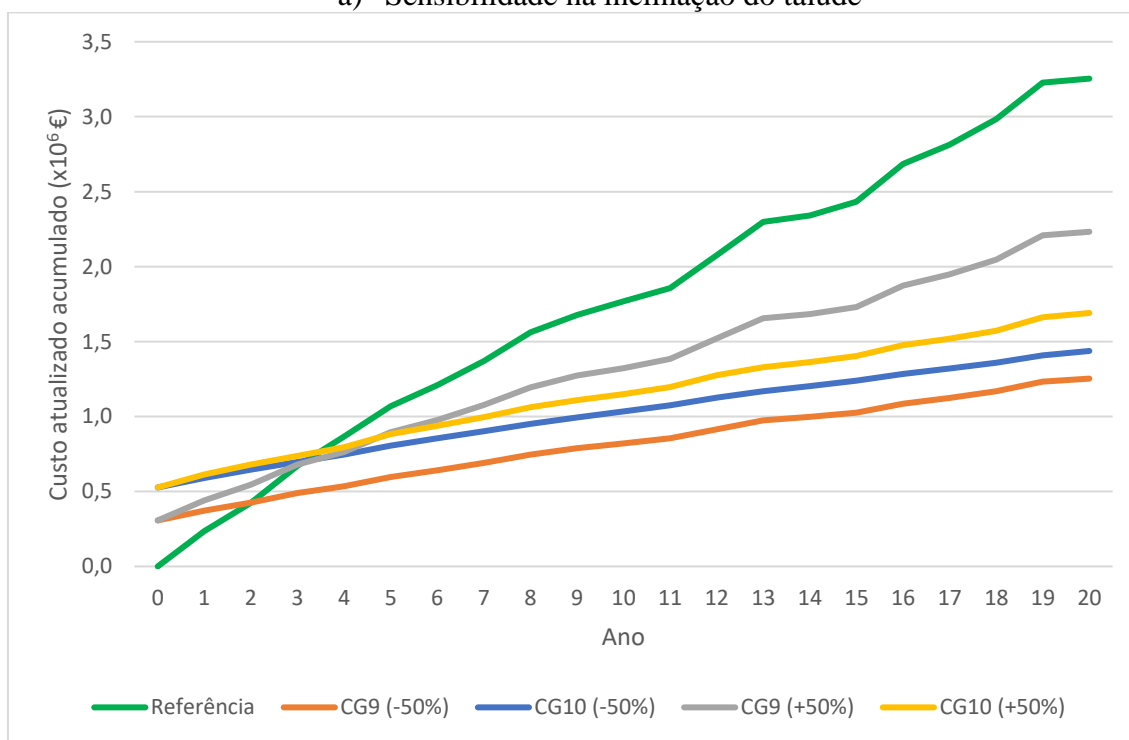
Cenário	Nº ondas	Nº eventos	q (x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /m)	CTA (x10 <sup>3</sup> €)	
				(-50%)	(+50%)
<b>CG7</b>	739	57	9294	1 448	3 113
<b>CG8</b>	39	1	1374	1 633	1 869
<b>CG9</b>	867	69	5448	1 252	2 232
<b>CG10</b>	216	17	1437	1 437	1 690

Na Figura 4.8 observa-se a evolução do custo acumulado associado a cada cenário, ao longo dos 20 anos, sendo que na Figura 4.8a se apresenta a sensibilidade na inclinação do talude e na Figura 4.8b a sensibilidade nas cotas de coroamento.

Analisando a Figura 4.8a, percebe-se que o cenário de referência é o cenário com o custo menor até ao segundo ano, enquanto o cenário CG8 com um aumento de 50% do custo do galgamento é o pior cenário até ao quarto ano, sendo o cenário CG7 com uma diminuição do custo do galgamento o cenário mais benéfico a partir do segundo ano. Analisando a Figura 4.8b, relativa às cotas de coroamento, é possível perceber que o cenário mais prejudicial em termos monetários continua a ser o cenário de referência e o melhor cenário é o cenário CG9 com uma diminuição de 50% do custo do galgamento a partir do terceiro ano, atingindo apenas  $1,25 \times 10^6$  €. Nos cenários CG7, CG8 e CG9, quanto maior o custo do galgamento, mais tarde ocorre o retorno financeiro, sendo o cenário CG7 aquele que tem uma diferença maior (quando o custo do galgamento é maior, o retorno financeiro ocorre sete anos mais tarde relativamente ao cenário onde se considera um custo menor).



a) Sensibilidade na inclinação do talude



b) Sensibilidade nas cotas de coroamento

Figura 4.8 - Impacto da alteração do custo do galgamento, ao longo de 20 anos, no desempenho económico dos dados de galgamento, no Furadouro



### 4.3.3. Custo de intervenção

Analogamente às secções anteriores, o custo de intervenção para construção da amplificação das obras também possui uma grande incerteza. Assim, nesta subsecção analisa-se a sensibilidade do custo de intervenção, alterando-se o parâmetro analisado em 50%, ficando o valor adotado em 25€/m<sup>2</sup> e 75€/m<sup>2</sup>.

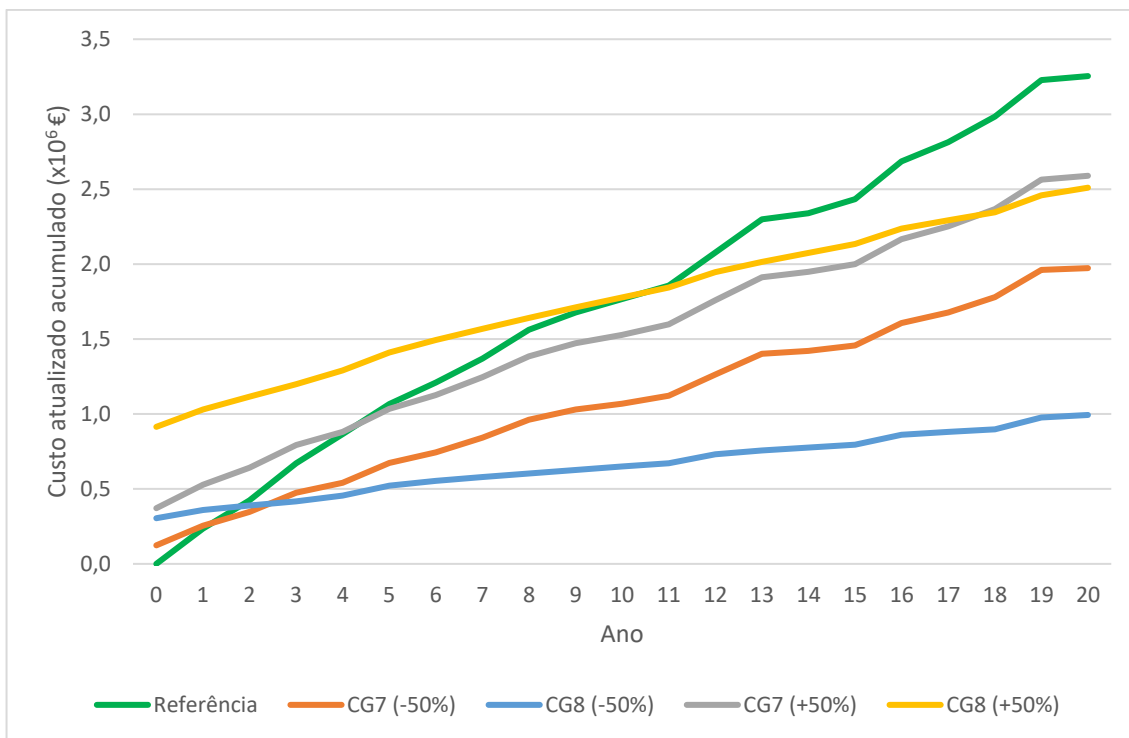
Na Tabela 4.8 apresenta-se o se o caudal galgado e o custo total atualizado de danos associado a esse caudal (CTA), comparando com o cenário de referência.

**Tabela 4.8** - Desempenho económico, por alteração do custo de intervenção ao fim de 20 anos

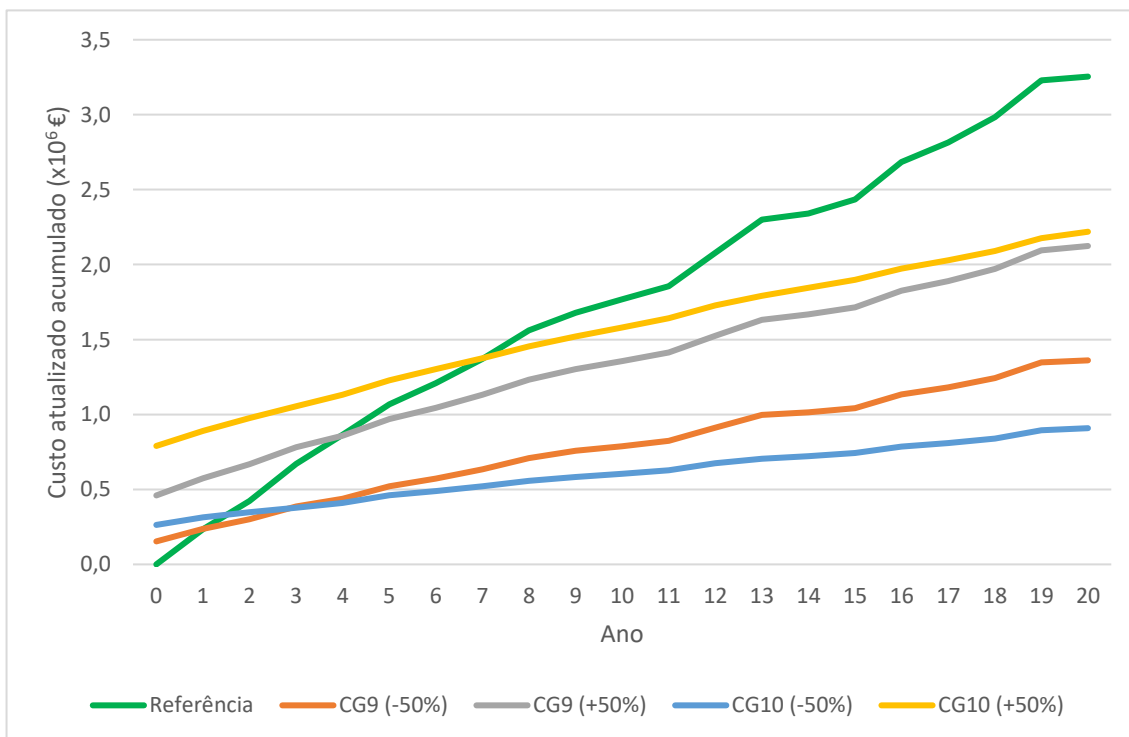
Cenário	Nº ondas	Nº eventos	q (x10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /m)	CTA (x10 <sup>3</sup> €)	
				(-50%)	(+50%)
<b>CG7</b>	867	69	5448	1 973	2 588
<b>CG8</b>	210	17	1437	993	2 259
<b>CG9</b>	739	57	9294	1 361	2 124
<b>CG10</b>	39	1	1374	908	1 361

Observando a Tabela 4.8, percebe-se que o cenário mais prejudicial é o cenário de referência, independente da incerteza associada à definição do custo de intervenção. Analisando a sensibilidade na inclinação do talude, percebe-se que o melhor cenário é o cenário CG8 com uma diminuição de 50% no custo do enrocamento, com 990 x10<sup>3</sup> €, enquanto na análise da sensibilidade nas cotas do coroamento, o melhor cenário é o cenário CG10 também com a diminuição do custo do enrocamento, com 900 x10<sup>3</sup> €.

Na Figura 4.9 observa-se o custo associado a cada cenário ao longo dos 20 anos, sendo que na Figura 4.9a se apresenta a sensibilidade na inclinação do talude e na Figura 4.9b a sensibilidade nas cotas de coroamento.



a) Sensibilidade na inclinação do talude



b) Sensibilidade nas cotas de coroamento

**Figura 4.9** - Impacto da alteração do custo de intervenção, ao longo de 20 anos, no desempenho económico dos dados de galgamento, no Furadouro

Quanto à sensibilidade na inclinação do talude, representada na Figura 4.9a, percebe-se que o cenário CG8 com a diminuição do custo do enrocamento é o cenário mais benéfico a partir do terceiro ano do período estudado e o cenário CG8 com aumento do custo do enrocamento é o mais prejudicial monetariamente até ao décimo primeiro ano, sendo o o cenário de referência aquele cujos custos são maiores a partir desse ano. Relativamente à sensibilidade nas cotas de coroamento, representada na Figura 4.9b, percebe-se que o cenário CG10 com a diminuição do custo de intervenção é o melhor cenário a partir do terceiro ano, enquanto o cenário de referência, é o pior cenário a partir do sétimo ano. Quanto maior for o custo de intervenção mais tarde ocorre a recuperação do investimento, que face à incerteza adotada para os valores, oscila entre cerca de 1 e 10 anos quando se altera a inclinação do talude e entre 1 e 7 anos, quando se altera a cota de coroamento.

#### 4.3.4. Custo de manutenção

Todas as intervenções realizadas necessitam de uma manutenção periódica e, devido ao facto desse custo ter uma incerteza associada, procedeu-se também à análise de sensibilidade deste parâmetro.

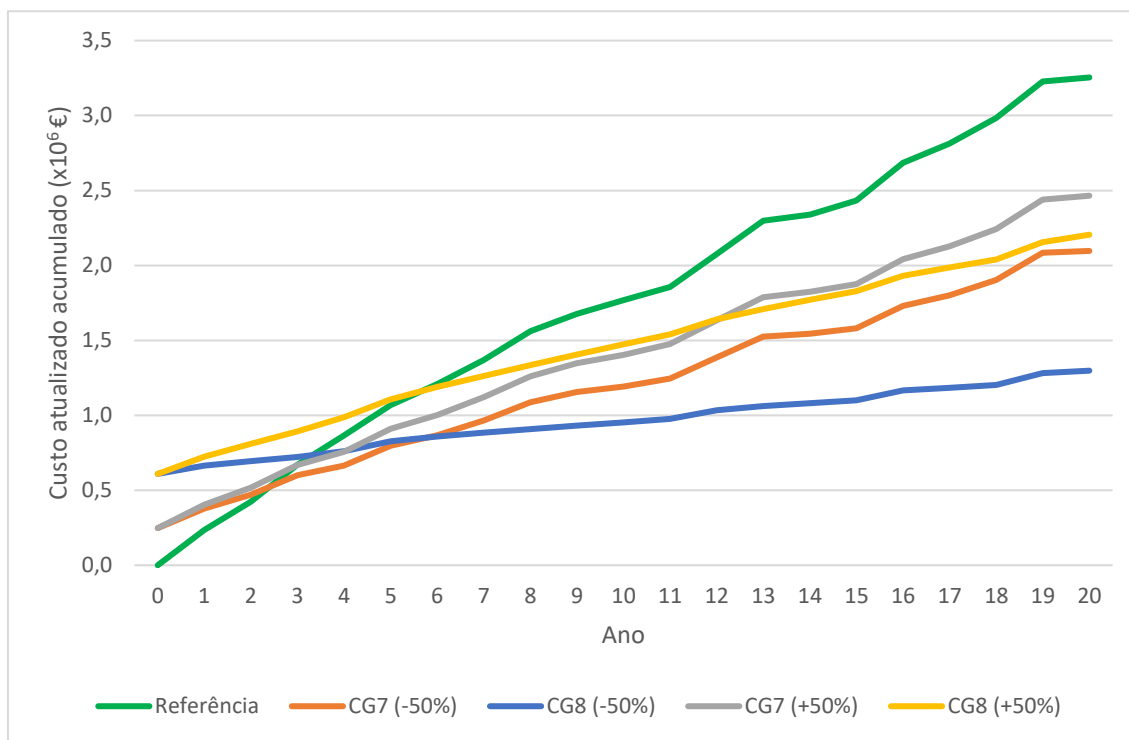
Nesta subsecção analisaram-se dois cenários, alterando-se em 50% o parâmetro analisado, considerando-se assim percentagens anuais de 5% e 15% do custo da intervenção.

Na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** apresenta-se o caudal galgado e o custo total atualizado de danos associado a esse caudal (CTA), nos quatro cenários comparando com o cenário de referência.

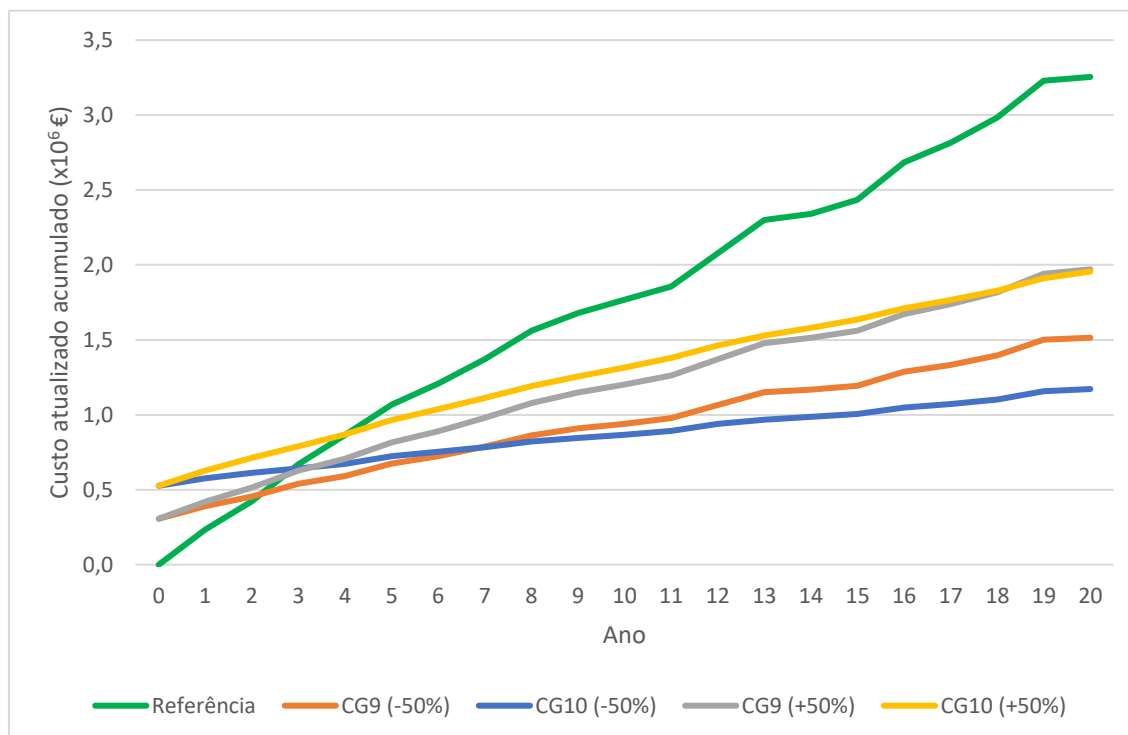
- Desempenho económico, por alteração do custo de manutenção ao fim de 20 anos

Cenário	Nº ondas	Nº eventos	q (x103 m3/m)	CTA (x103 €)	
				(-50%)	(+50%)
CG7	867	69	5448	2 096	2 465
CG8	210	17	1437	1 298	2 204
CG9	739	57	9294	1 514	1 970
CG10	39	1	1374	1 172	1 955

Na Figura 4.10 observa-se o custo associado a cada cenário ao longo dos 20 anos, sendo que na Figura 4.10a se apresenta a sensibilidade na inclinação do talude e na Figura 4.10b a sensibilidade nas cotas de coroamento.



a) Sensibilidade na inclinação do talude



## b) Sensibilidade nas cotas de coroamento

**Figura 4.10** - Desempenho económico, por alteração do custo de manutenção

O pior cenário ao fim dos 20 anos é o cenário de referência e o cenário mais benéfico é o cenário CG8, com o custo da manutenção diminuído em cerca de  $1,3 \times 10^6$  €. Na análise da sensibilidade nas cotas de coroamento, percebe-se que o pior cenário é também o cenário de referência e que o cenário mais benéfico é o cenário CG10 com a diminuição do custo de manutenção, no entanto os restantes cenários têm custos relativamente equivalentes, com uma diferença de apenas  $450 \times 10^3$  €.

Analisando a Figura 4.10a, observa-se que o cenário de referência é o mais benéfico até ao segundo ano do período analisado, sendo depois o mais prejudicial a partir do sexto ano. O cenário CG8 com a redução do custo de manutenção é o cenário mais benéficos a partir do sexto ano. Relativamente à Figura 4.10b, percebe-se que o cenário de referência só é o mais benéfico até ao segundo ano, tornando-se o pior cenário a partir do quarto ano, enquanto o cenário CG10 com o valor do custo de manutenção igual a 5% torna-se o melhor cenário no sétimo ano do período estudado. Relativamente aos cenários cujos investimentos iniciais são menores (CG7 e CG9), a incerteza na definição dos custos de manutenção não influencia a recuperação do investimento, enquanto nos dois outros cenários analisados (CG8 e CG9), a recuperação do investimento inicial ocorre um e dois anos mais tarde, respetivamente.

#### **4.4. Síntese**

Na subsecção 4.1 foram analisados dois cenários de subida do nível médio do mar e cinco cenários de alteração do clima de agitação. Por um lado, verificou-se que quanto maior for a subida do nível do mar maior será o custo relativo aos galgamentos no futuro, sendo que, no cenário CG1, a diferença do custo ao fim de 20 anos, relativamente ao cenário de referência, é de cerca de  $2,70 \times 10^6$  € e no segundo cenário analisado a diferença ultrapassa os  $17,80 \times 10^6$  €.

Na secção 4.2 analisaram-se dois cenários de alteração da inclinação do talude e dois cenários de alteração da cota de coroamento da obra longitudinal aderente, correspondendo a intervenções para reduzir os galgamentos. Na Tabela 4.9 encontra-se um resumo dos resultados obtidos nessa secção. Pode se concluir que quanto menor for a inclinação do talude, menor será o custo associado aos galgamentos, apesar do maior custo de intervenção e, conseqüentemente de manutenção. O primeiro cenário de alteração da inclinação analisado tem uma diferença de cerca de  $970 \times 10^3$  € em relação ao cenário de referência, atingindo o retorno do investimento ao fim do terceiro ano do período em análise, enquanto o segundo cenário tem uma diferença de  $1,5 \times 10^6$  € e atinge o retorno financeiro ao fim do quarto ano. Com a análise da diferença de cotas, pode-se concluir que, quanto maior for o aumento, menor será o custo associado aos galgamentos, apesar do maior investimento inicial e do custo de manutenção, tendo uma diferença em relação ao cenário de referência ao fim de 20 anos de cerca de  $1,5$  e  $1,7 \times 10^6$  €, respetivamente, o primeiro e o segundo cenário analisados. No entanto, o cenário CG9 atinge o retorno financeiro um ano mais cedo que o cenário CG10 (terceiro e quarto anos, respetivamente).

**Tabela 4.9** - Síntese dos resultados obtidos da secção 5.2

<b>Cenário</b>	<b>Custo do galgamento (€)</b>	<b>Custo inicial (€)</b>	<b>Custo de manutenção (€)</b>	<b>Ano de retorno</b>
<b>CG7</b>	2 284 876	247 577	495 154	3
<b>CG8</b>	337 935	609 510	1 219 020	4
<b>CG9</b>	1 339 362	306 699	613 397	3
<b>CG10</b>	353 487	526 795	1 053 590	4

Na subsecção 4.3 deste capítulo analisou-se a influência da incerteza na definição dos valores de quatro parâmetros nos custos associados à obra longitudinal aderente. Primeiro foi analisada a influência da taxa de desconto, depois analisou-se o custo do galgamento, de seguida o custo de intervenção e, por último o custo de manutenção.

Relativamente à taxa de desconto, conclui-se que, quanto mais baixo for o valor da taxa de desconto, menor será a eficácia económica, isto é, maior será o custo ao fim dos 20 anos.

No cenário CG7, quando se diminui o custo do galgamento, o ano de retorno acontece no segundo ano do período analisado, enquanto no cenário CG8, acontece no quinto ano com os dois valores de custo diferentes. Relativamente à alteração da cota de coroamento, no cenário onde o aumento da cota é menor, o ano de retorno acontece no terceiro ano para o caso do custo do galgamento ser menor e no quarto ano, no caso do custo ser maior. No cenário cuja alteração da cota é maior, o ano de retorno acontece no quarto ano do período analisado. Independentemente do custo de galgamento considerado.

Quanto ao custo de intervenção, observa-se que, em todos os cenários, quando o custo de intervenção é maior, o retorno financeiro acontece mais tarde, sendo que no cenário CG7, acontece no segundo e quinto ano, quando o custo de intervenção é menor e maior, respetivamente. No cenário CG8 com a diminuição do parâmetro analisado o retorno financeiro acontece no segundo ano e com o aumento do parâmetro acontece no décimo primeiro. No cenário CG9 acontece no terceiro e quarto quando o custo é diminuído e aumentado, respetivamente. Por último, no cenário CG10, o retorno financeiro acontece no segundo ano quando o custo de intervenção considerado é de 25€/m e no terceiro ano quando o custo é de 75€/m.

Por último, na análise de sensibilidade à variação do custo de manutenção, no cenário CG7 e no cenário CG9, o ano de retorno acontece, para todos os casos analisados (diminuição e aumento do custo de manutenção), no terceiro ano do período analisado. No cenário CG8, no primeiro caso analisado (quando o custo de manutenção é de 5% do custo de intervenção), o ano de retorno acontece no quinto ano e, no segundo caso analisado (quando o custo de manutenção é 15%), acontece no sexto ano do período analisado. Quanto ao cenário CG10, no primeiro caso analisado, o ano de retorno acontece no terceiro ano e no segundo caso analisado acontece no quinto ano do período analisado.





## **Capítulo 5**

---

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**



## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este capítulo pretende sumariar todo o trabalho desenvolvido, destacar as principais conclusões e projetar desenvolvimentos futuros.

Nesta dissertação pretendeu-se fazer uma análise do custo de obras longitudinais aderentes, estudar alternativas de intervenção para reduzir galgamentos e perceber o impacto das alterações climáticas e de possíveis intervenções nos custos futuros. Para isso analisaram-se os custos das intervenções nas obras de defesa costeira do concelho de Ovar e os eventos de galgamento entre os anos 1960 e 2020. Depois estimou-se o caudal galgado nesses eventos na praia do Furadouro entre 2018 e 2020 e durante 20 anos tendo em conta o clima de agitação histórico, chegou-se a um custo do galgamento por [m<sup>3</sup> x m] de 0,25€. Por outro lado, e tendo em conta que a estimativa dos valores económicos está associada a uma elevada incerteza e que deve ser alvo de uma análise cuidada, realizaram-se análises de sensibilidade a vários valores económicos (taxa de desconto, custo do galgamento, custo de intervenção e custo de manutenção anual), de modo a compreender a influência destes. Neste último capítulo, pretende-se resumir o trabalho desenvolvido na dissertação, destacando as principais conclusões e propostas de desenvolvimentos futuros.

### **5.1. Conclusões**

Dada a elevada concentração populacional, a riqueza ecológica, a qualidade das praias e a fragilidade geológica do território, surge o interesse da aplicação do estudo ao concelho de Ovar. Para tal, houve a necessidade de conhecer a localização, a extensão e a configuração geométrica das estruturas de proteção costeira das frentes urbanas.

Conclui-se que o litoral do concelho de Ovar está artificializado, quer pelas obras de defesa aderente, quer pelos esporões, que têm sido alvo de reparação e manutenção relativamente frequente ao longo do tempo. A primeira dificuldade desta dissertação relacionou-se com a contabilização de custos associados aos fenómenos de instabilidade estrutural (intervenções de manutenção e reabilitação). Analisando os registos de eventos de danos facultados pela APA, conclui-se que praia do Furadouro é o local onde há mais registos de eventos, seguido de Cortegaça, Esmoriz, Maceda e por fim, o Torrão do Lameiro, onde há apenas 2 eventos

de danos. Relativamente à distribuição temporal (por década) de ocorrências relativas a danos nas praias do concelho, conclui-se que existe uma tendência crescente desde a década de 1970, com um acentuado crescimento na década de 2010. No caso do Furadouro, a análise da descrição dos registos de intervenções, compilados na base de dados elaborada, permitiu estabelecer custos médios de referência de 200 000€/ano, valor semelhante a outras referências encontradas.

A variação destes encargos ao longo do tempo está diretamente associada ao grau de exposição da frente urbana protegida, dependendo ainda do clima de agitação marítima e do comportamento e morfologia das praias. A metodologia adotada para antecipar a evolução destes encargos ao longo do tempo passou por estimar a frequência de galgamento da obra aderente central do Furadouro, por ser a zona mais vulnerável do concelho de Ovar. Para isso, partiu-se de um conjunto de registos de onda ao largo, definiram-se 18 cenários que conjugam níveis de maré, características da agitação e cotas de coroamento e, estimou-se o espraiamento, e avaliou-se a frequência de galgamento, ou seja, quando a cota de espraiamento é superior à cota de coroamento. Verificaram-se desde logo incertezas relacionadas com a caracterização da agitação marítima incidente nas estruturas, principalmente na simulação dos fenómenos de propagação de ondas. Os fenómenos de empolamento e refração, avaliados no decorrer do trabalho foram estimados com base em teorias simplificadas (teoria linear de *Airy*, lei de *Snell*, etc.), onde foram assumidas várias simplificações de cálculo, podendo não representar o comportamento real das ondas. Relativamente ao estudo do espraiamento das ondas, também se verificaram incertezas, na medida em que a avaliação do limite de espraiamento não segue um processo de cálculo consensual, existindo muitas formulações na bibliografia para representar este fenómeno. Partindo-se do estudo de Teixeira (2014), considerou-se uma formulação empírica simplificada aplicável a estruturas costeiras com mantos resistentes inclinados. Relativamente ao cálculo do galgamento utilizaram-se as fórmulas de Burcharth e Hughes (2011), relativas a estruturas com parede de coroamento.

Assim, com base nos resultados obtidos nos 18 cenários e, em comparação com os registos de eventos de danos da APA, concluiu-se que o cenário representativo da realidade é o cenário em que se considera o fenómeno de refração e de empolamento, o nível médio do mar e a cota de coroamento do muro existente (+6,7 m ZH), que correspondem a 57 eventos de galgamento, em comparação com os 44 eventos efetivamente registados pela APA.

Com base nesse cenário de referência que caracteriza o que será expectável acontecer nos próximos 20 anos, realizaram-se análises de sensibilidade a alguns parâmetros. Relativamente aos agentes forçadores, analisou-se a influência do nível do mar e do clima de agitação, relativamente à intervenção estrutural analisou-se a inclinação do talude e a cota de coroamento, e por último, relativamente aos fatores económicos, e tendo como base os cenários de intervenção simulados, analisou-se a taxa de desconto, o custo do galgamento, o custo de intervenção e o custo de manutenção anual.

Nos agentes forçadores, quando se analisou o nível médio do mar, concluiu-se que quanto maior o nível do mar, maior a frequência de galgamentos, e, consecutivamente, maior o custo associado aos galgamentos. No pior caso analisado, quando o nível do mar sobe 1,50m, o custo esperado no fim dos 20 anos analisados atinge  $21 \times 10^6$  €. Quando se analisou o clima de agitação, verificou-se que a série RCP8.5 a longo prazo, ou seja, quando se considera que as emissões de gases de efeito de estufa não são reduzidas, é o pior caso, com cerca de  $3,7 \times 10^6$  € de custos associados ao fim dos 20 anos analisados.

Relativamente à intervenção estrutural, por um lado verificou-se que quanto menos inclinado for o talude, menor será a frequência de galgamentos, e que, apesar do custo de intervenção no início do período analisado ser maior, a longo prazo é mais benéfico o cenário cujo talude tem uma inclinação de  $20^\circ$ , com um custo de  $1,75 \times 10^6$  € ao fim dos 20 anos comparando com  $2,28 \times 10^6$  € quando a inclinação é  $25^\circ$  e  $3,25 \times 10^6$  € quando não há qualquer intervenção. No caso do cenário CG8, cenário cuja inclinação do talude é de  $20^\circ$ , como 12 dos 20 anos analisados não tem qualquer caudal galgado, este custo é essencialmente relativo a manutenção ( $1,20 \times 10^6$  €). É importante referir que estes custos incluem o custo de intervenção inicial associado à área intervencionada, o custo dos galgamentos e o custo da manutenção anual. De forma análoga, verificou-se que quando maior for a cota de coroamento, menor será a frequência de galgamentos, apesar do custo de intervenção. A longo prazo, o cenário menos dispendioso é o cenário cuja cota de coroamento subiu 2,00m, atingindo, ao fim dos 20 anos, um custo total de  $1,50 \times 10^6$  €, atingindo o retorno financeiro, relativamente ao cenário de referência, no quinto ano do período analisado.

Quanto aos fatores económicos, para cada parâmetro analisado efetuaram-se duas análises de sensibilidade, onde estes sofreram uma redução e um aumento de 50%. Já era expectável que, quando se reduzisse os custos se obtivesse um custo total acumulado inferior e que o

seu retorno financeiro acontecesse mais cedo, relativamente à situação de aumento dos valores dos parâmetros.

Para avaliar a sensibilidade à taxa de desconto efetuaram-se quatro análises em cada um dos cenários. Nomeadamente com os valores de 0%, 1%, 7% e 12%, sendo que o valor de referência foi de 3%. Estas análises permitiram concluir que, quanto maior for o valor da taxa de desconto, menor será o custo acumulado a longo prazo. Por outro lado, percebe-se também que a taxa de influência não tem impacto a curto prazo, visto que, em todos os cenários analisados os custos nos primeiros 5 anos são semelhantes.

Por outro lado, quando se aumentaram os custos, verificou-se no caso do custo do galgamento, o cenário CG7, cenário cuja inclinação do talude se altera para 25°, apesar de ter um custo de intervenção relativamente baixo ( $0,23 \times 10^3$  €), é o cenário cujo retorno financeiro acontece mais tarde (sétimo ano do período analisado) e tendo uma curva de custos ao longo dos 20 anos analisados muito semelhante ao cenário de referência, com uma diferença de apenas  $140 \times 10^3$  € desse cenário. À semelhança do que se verificou nos custos do galgamento, quando se aumentaram os custos de intervenção, obteve-se um retorno financeiro mais tardio. No caso do cenário CG7, o retorno acontece no segundo e quinto anos quando se diminuem e aumentam os custos de intervenção, respetivamente, no caso do cenário CG8, no segundo e décimo primeiro anos, no caso do cenário CG9, no terceiro e quarto anos do período analisado e, finalmente, no caso do cenário CG10, o retorno financeiro acontece no segundo ano quando se diminuem os custos de intervenção e no terceiro ano quando se aumentam os custos de intervenção.

Para o custo de manutenção, de forma análoga aos cenários analisados anteriormente, observa-se que quanto maior o custo de manutenção anual considerado, maior o custo acumulado no fim dos 20 anos analisados. Observa-se também que no caso da inclinação do talude, o retorno financeiro acontece entre o terceiro e o sexto ano do período analisado, enquanto para o caso das cotas de coroamento, o retorno financeiro acontece entre o terceiro e o quinto anos do período analisado.

Concluindo, apesar da grande incerteza associado à complexidade da agitação marítima e dos fenómenos envolvidos na proteção sedimentar das zonas costeiras, este trabalho pretendeu contribuir para a discussão da eficiência das obras longitudinais aderentes como solução possível de combate aos galgamentos.

## **5.2. Desenvolvimentos futuros**

Devido à diversidade de áreas de estudo abordadas nesta dissertação e à geral complexidade dos fenómenos envolvidos, são muitas as fontes de incerteza. Assim, considera-se que há ainda muito a explorar neste âmbito de estudo, visto que no presente trabalho foram apenas simulados alguns cenários dentro de cada tipo de estratégia, não considerando, por exemplo, a conjugação de dois ou mais tipos de estratégias, dentro do mesmo cenário.

Relativamente às simplificações usadas em teorias de ondas, as incertezas devem ser mitigadas através da simulação de fenómenos de propagação de ondas e do cálculo de alturas de onda com recurso a modelos numéricos. Desta forma, ter-se-iam em conta os dados batimétricos reais de determinada zona de estudo no cálculo das características das ondas locais, aumentando a representatividade do clima de agitação marítima local obtido.

Os custos de galgamento foram estimados com base em custos de intervenções realizadas na praia do Furadouro, entre os anos 2018 e 2020. Sendo este um período pequeno e os dados de difícil acesso, o valor definido para os custos de galgamento são muito incertos também. Assim, deve-se procurar mitigar esta incerteza com o auxílio das entidades responsáveis pela gestão do litoral, identificando valores concretos em séries de dados mais extensas.

Os custos de intervenção e manutenção têm uma grande influência nos resultados obtidos. Esta incerteza deve ser mitigada através da orçamentação direta, consoante o tipo de estratégia, de forma que se obtenham valores mais representativos da realidade.

Embora o foco do estudo desta dissertação tenha incidido sobre o litoral do concelho de Ovar, a análise da frequência de galgamentos poderá ser testada e avaliada para outros concelhos do distrito de Aveiro e, eventualmente, poderá ser alargada para todo o litoral ocidental de Portugal Continental, em função dos resultados obtidos nos restantes concelhos do distrito de Aveiro.

Em suma, apesar do volume de incerteza associado à grande complexidade da agitação marítima e dos fenómenos envolvidos na proteção das zonas costeiras, este trabalho pretende contribuir para o estudo dos impactos das obras longitudinais aderentes e para a discussão acerca da eficiência dessas estruturas como solução possível de combate aos galgamentos e inundações costeiras.





## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

---



## 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” In: *Water* (Switzerland), 17 p.
- Antunes, C., Silveira, T., Andrade, C., e Taborda, R. (2013)**, *APA , I.P./ARH do Tejo Cenários de evolução do nível médio do mar para 2100*. 12 p.
- Burcharth, H.; Hughes, S.; (2011)**; “Fundamentals of Design”; *Coastal Engineering Manual*, Part VI, Chapter 5, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, D.C. (Citado por Pombo, 2016)
- Coelho, C. (2005)**, “Riscos de Exposição de Frentes Urbanas para Diferentes Intervenções de Defesa Costeira” Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 404 p.
- Coelho, C., Pereira, C., Costa, S. e Lima, M. (2015)**, “A Erosão Costeira, as Tempestades e as Intervenções de Defesa Costeira no Litoral do Concelho de Ovar, Portugal” Capítulo 3. *Ressacas do Mar Gestão Costeira*. 367 p.
- Cruz, T., Pereira, C., Coelho, C., Roebeling, P. (2015)**, “Desempenho de Obras Longitudinais Aderentes no Concelho de Ovar”, 15 p.
- Cruz, T. (2015)**, “Análise Custo-Benefício de Obras Longitudinais Aderentes”. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 140 p.
- EUrosion (2006)**, “EUrosion - A european initiative for sustainable coastal erosion management”; Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos; Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; Porto, Portugal; ISBN: 972-752-074-x.
- EurOtop, (2018)**, “Manual on wave overtopping of sea defences and related structures. An overtopping manual largely based on European research, but for worldwide application”. Van der Meer, J.W., Allsop, N.W.H., Bruce, T., De Rouck, J., Kortenhaus, A., Pullen, T., Schüttrumpf, H., Troch, P. and Zanuttigh, B.
- Ferreira, A., e Coelho, C. (2021)**, Alimentação artificial das praias: uma metodologia integrada de suporte à gestão litoral *Relatório VI – Relatório da tarefa 5*. 52 p.

**Google Earth (2020)**, <https://earth.google.com/web> (última visualização a 28 de dezembro de 2020).

**IPCC. (2015)**, Summary for policymakers. In *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Vol. 9781107025).

**Jallow, B., Magadza, C., Mirza, M., e Pilifosova, O. (2001)**, CLIMATE CHANGE 2001: IMPACTS, ADAPTATION, AND VULNERABILITY, A Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change This. *SciencesNew York*, 56 p.

**JICZM (2020)**, – Journal of Integrated Coastal Zone Management. Consultado em dezembro de 2020.

**Lamy, A. (2001)**, “Monografia de Ovar – Freguesia de São Cristóvão e de São João de Ovar”; 2ª Edição; Câmara Municipal de Ovar.

**Lima, M. (2018)**, “Ferramenta Numérica de Análise do Impacto de Intervenções de Defesa Costeira na Evolução da Linha de Costa: Custos e Benefícios.” Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, 294 p.

**Lima, M., Coelho, C., Pombo, R., e Jesus, A. (2021)**, *Wave Overtopping in the Pre-Design of Coastal Works* *Wave Overtopping in the Pre-Design of Coastal Works MARINE 2021*. June, 12.

**Oliveira, T., Neves, M., Fidalgo, R., e Esteves, R. (2018)**, Variability of wave parameters and Hmax/Hs relationship under storm conditions offshore the Portuguese continental coast. *Ocean Engineering*, 153 , pp 10–22.

**Pedersen, J.; Burcharth, H.; (1992)**, “Wave Forces on Crown Walls”; *Proceedings of the 23rd International Coastal Engineering Conference*, American Society of Civil Engineers, Volume 2, pp. 1489-1502. (Citado por Pombo, 2016)

**Pedersen, J.; (1996)**, “Experimental Study of Wave Forces and Wave Overtopping on Breakwater Crown Walls”; *Series paper 12*, Hydraulics & Coastal Engineering Laboratory, Department of Civil Engineering, Aalborg University, Denmark (citado por Burcharth e Hughes, 2011).

**Pereira, A. (2008)**, Modelação da Agitação Marítima em Zonas Costeiras. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Aveiro, Portugal 80 p. (citado por Santos, 2020)

**Prahl, B. F., Boettle, M., Costa, L., Kropp, J. P., & Rybski, D. (2018)**, “Data Descriptor: Damage and protection cost curves for coastal floods within the 600 largest European cities.” *Scientific Data*, 18 p.

**POOC (2012)**, “Relatório de caracterização e diagnóstico prospetivo”. Relatório 2. Volume I, 644 p.

**Pombo, R. (2016)**, “Inundações Costeiras: Caudais de Galgamento e Consequências Associadas.” Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 118 p.

**Neves, P, Poseiro, P., Fortes, C.J.E.M., Reis, M.T., Capitão, R., Antunes do Carmo, J.S., Raposeiro, P., Ferreira, J.C. (2013)**, “Aplicação da metodologia de avaliação do risco de inundação/galgamento na praia de São João da Caparica.” 8<sup>as</sup> JPECP, LNEC, Lisboa.

**Ramos, T. (2011)**, “Estudo da reabilitação de estruturas de defesa costeira”. Tese de Mestrado, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 323 p.

**Ramos, C. (2013)**, “Perigos naturais devidos a causas meteorológicas: o caso das cheias e inundações”, *e-LP Engineering and Technology Journal*, vol. 4.6 p.

**Roebeling, P., d’Elia, E., Coelho, C. e Alves, T. (2018)**, Efficiency in the design of coastal erosion adaptation strategies: An environmental-economic modelling approach. *Ocean & Coastal Management*. (Citado por Lima 2018)

**Smith, J. (2003)**, “Surf Zone Hydrodynamics. Coastal Engineering Manual”, Part II, Coastal Hydrodynamics II-4, Engineer Manual 1110-2-1100, Vincent, L. (editor), U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC, 40p (citado em Teixeira, 2014)

**Stronkhorst, J., Huisman, B., Giardino, A., Santinelli, G., e Santos, F. (2018)**, Sand nourishment strategies to mitigate coastal erosion and sea level rise at the coasts of Holland (The Netherlands) and Aveiro (Portugal) in the 21st century. *Ocean and Coastal Management*, 156(December 2017), pp 266–276.

**Teixeira, N. (2014)**, “Estudo do limite de espraiamento das ondas”; Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 186 p.



**ANEXOS**

---






## ANEXOS

### Anexo A – Base de dados de intervenções

No Anexo A, apresenta-se, através das Tabela A.1 e Tabela A.2, uma base de dados compilada de intervenções costeiras realizadas nas praias do concelho de Ovar (em Esmoriz e Cortegaça e Furadouro, respetivamente), referindo-se, quando disponível, o custo associado da intervenção

**Tabela A.1** - Registos de intervenções realizadas em Esmoriz e Cortegaça, entre 1959 e 2020, com os respetivos custos associados e localização

Situação em 1976 (intervenções entre 1970 e 1975)	
	
1972 – Construção do esporão Norte de Cortegaça (EsC1).	€
1975 – Construção de obra longitudinal aderente (OAC2).	€

**Situação em 1981 (intervensões entre 1976 e 1980)**



1977 – Construção de obra longitudinal aderente (OAE1).

€


1978 – Construção de obra longitudinal aderente norte Esmoriz (OAE2).

€

**Situação em 1986 (intervensões entre 1981 e 1985)**




1982 – Obras no esporão norte de Cortegaça.	€
1984 – Intervenção de manutenção no esporão Norte de Cortegaça.	€
1985 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente Centro de Esmoriz.	€
1985 – Construção do Esporão de Esmoriz (EsE1).	€
1985 – Intervenção de manutenção no esporão Norte de Cortegaça.	€


<b>Situação em 1991 (intervensões entre 1986 e 1990)</b>	
	
1986 – Construção do esporão de Esmoriz.	€
1986 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente no Centro de Esmoriz.	€
1987 – Construção dos esporões Norte e Sul de Esmoriz.	€
1987 – Intervenção de manutenção no esporão Sul de Esmoriz.	€
1987 - Intervenção de manutenção no esporão Norte de Cortegaça.	€
1987 - Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente de Cortegaça.	€
1988 – Intervenção de manutenção nos esporões Norte e Sul de Esmoriz.	€
1988 - Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente de Cortegaça.	€
1989 – Construção de um esporão na Praia Velha de Maceda (EsC3).	€
1989 – Intervenção de manutenção no esporão Norte de Esmoriz.	€
1989 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente no Centro de Esmoriz.	€
1990 - Intervenção de manutenção no esporão de São Pedro de Maceda.	€
1990 – Construção de uma obra aderente em Cortegaça (OAC3).	€
1990 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente Sul de Esmoriz.	€


**Situação em 1996 (intervensões entre 1991 e 1995)**



1991 – Intervenção de manutenção nos esporões Norte e Sul de Esmoriz.	€
1991 – Intervenção de manutenção no esporão Norte de Cortegaça.	€
1991 – Intervenção de manutenção nas defesas longitudinais Centro e Sul de Esmoriz.	€
1991 – Intervenção de manutenção no esporão de São Pedro de Maceda.	€
1992 – Intervenção de manutenção nos esporões Norte e Sul de Esmoriz.	€
1992 – Intervenção de manutenção no esporão Norte de Cortegaça.	€
1992 – Intervenção de manutenção no esporão de São Pedro de Maceda.	€
1992 – Intervenção de Manutenção na defesa longitudinal Centro de Esmoriz.	€
1994 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente de Cortegaça.	€
1995 – Intervenção de manutenção nos esporões Norte e Sul de Esmoriz.	€
1995 – Intervenção de manutenção no esporão Norte de Cortegaça.	€
1995 – Reparação da defesa aderente na Orla Costeira de Esmoriz e Cortegaça.	€
1995 – Intervenção de manutenção no esporão de São Pedro de Maceda.	€
1995 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal Centro e Sul de Esmoriz.	€
1995 – Execução de defesa aderente que fará a ligação entre a defesa aderente a sul do Esmoriz e a defesa aderente a norte de Cortegaça (OAC1).	€

<b>Situação em 2001 (intervensões entre 1996 e 2000)</b>	
	
1996 – Reparação da Defesa Aderente em Cortegaça (Escolas) e Esmoriz (Bairro dos Pescadores).	621.089,42€
1996 – Intervenção de manutenção no esporão Norte de Cortegaça.	€
1996 – Intervenção de manutenção no esporão de São Pedro de Maceda.	€
1996 – Intervenção de manutenção dos esporões Norte e Sul de Esmoriz.	€
1996 – Intervenção de manutenção nas defesas longitudinais aderentes Norte, Centro e Sul de Esmoriz.	€
1996 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente de Cortegaça.	€
1997 – Intervenção de manutenção nos esporões Norte e Sul de Esmoriz.	€
1997 – Intervenção de manutenção no esporão de São Pedro de Maceda.	€
1997 – Intervenção de manutenção no esporão Norte de Cortegaça.	€
1997 – Intervenção de manutenção nas defesas longitudinais aderentes Centro e Sul de Esmoriz.	€
1997 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente de Cortegaça.	€
1999 – Intervenção de manutenção no esporão de São Pedro de Maceda.	€
1999 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente Sul de Esmoriz.	€
1999 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente de Cortegaça.	€

<b>Situação em 2006 (intervensões entre 2001 e 2005)</b>	
	
2001 – Intervenção de manutenção no esporão Norte de Cortegaça.	€
2001 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente Sul de Esmoriz.	112.558,73 €
2001 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente de Cortegaça.	97.041,13 €
2001 – Intervenção de emergência em Esmoriz.	€
2001 – Intervenção de emergência em Cortegaça.	€
2001 – Reconstrução da defesa aderente da praia Velha em Cortegaça.	261.212,47 €
2002 – Intervenção de manutenção no esporão Norte de Esmoriz.	124.950,00 €
2002 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente de Cortegaça.	258.487,26 €
2005 – Intervenção de emergência de correção das dunas artificiais da Barrinha.	98.414,80 €

<b>Situação em 2001 (intervensões entre 2006 e 2010)</b>	
	
2006 – Demolição do equipamento da Junta de Freguesia de Esmoriz.	11.495,00 €
2007 – Reforço da obra de defesa aderente de Esmoriz.	€
2007 – Intervenção de emergência e gestão da abertura da Barrinha.	30.000,00 €
2007 – Intervenção de emergência em Cortegaça.	€
2007 – Intervenção de emergência em Esmoriz.	€
2008 – Tapamento de rombo no dique e gestão do dique fusível da Barrinha.	18.500,00 €
2008 – Intervenção de manutenção no esporão de São Pedro de Maceda.	€
2008 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente Norte, Centro e Sul de Esmoriz.	€
2008 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente de Cortegaça.	€
2008 – Intervenção de manutenção no esporão Norte e Sul de Esmoriz.	€
2008 – Intervenção de manutenção no esporão Norte de Cortegaça.	€
2008 – Intervenção de emergência em Cortegaça.	€
2007 – Intervenção de emergência em Esmoriz.	€
2009 – Gestão do dique fusível da Barrinha.	44.280,00 €
2009 – Limpeza da praia de Maceda.	7.187,40 €




**Situação em 2016 (intervensões entre 2011 e 2015)**



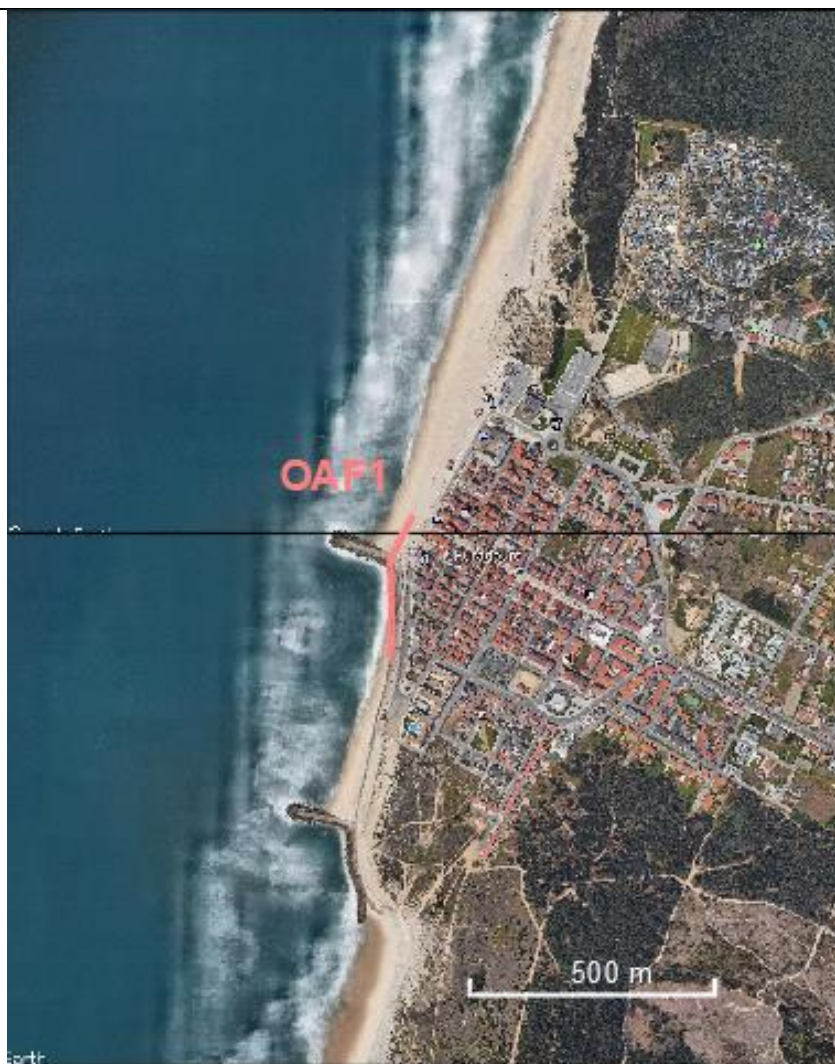
2011 – Requalificação dos passadiços de Esmoriz	13.677,60 €
2011 – Limpeza/ Requalificação dos passadiços na praia de Esmoriz	20.629,84 €
2012 – Fecho da Barrinha de Esmoriz e gestão do dique fusível durante a época balnear	16.242,50 €
2013 – Fecho da Barrinha de Esmoriz e gestão do dique fusível.	16.240,00 €
2014 – Intervenções de emergência pontuais nas obras de defesa costeira.	€
2014 – Reabilitação das Estradas de Defesa nas Frentes Urbanas de Esmoriz e Cortegaça.	
2014 – Reposição de areia no dique provisório da Barrinha de Esmoriz	32.522,58 €

<b>Situação em 2020 (intervensões entre 2016 e 2020)</b>	
2016 – Valorizar e qualificar as praias marítimas	
2016 – Valorizar e qualificar as praias marítimas (Plano de Intervenção de S. Pedro de Maceda).	2.500,00 €
2016 – Recarga da praia de Esmoriz.	
2019 – Melhoria das condições de estabilidade da linha de costa na praia de Esmoriz).	1.339.000,00 €
2019 – Mitigação da erosão costeira e risco.	408.232,73 €

**Tabela A.2** - Registos de intervenções realizadas no Furadouro, entre 1959 e 2020, com os respetivos custos associados e localização

<b>Situação em 1966 (intervenções entre 1960 e 1965)</b>	
	
1965 - Construção de obra aderente (OAF1) (300m).	€

**Situação em 1971 (intervenções entre 1966 e 1970)**



1969 – Obras de emergência através da colocação de pedra na parte atingida pelas águas.

€

## Situação em 1976 (intervensões entre 1970 e 1975)



1971 – Construção de 3 esporões, com cerca de 200 m de extensão cada e 350 m de distância entre eles. (EAF1, EsF1, EAF2)

€

1972 – Construção de Esporão

€

**Situação em 1981 (intervenções entre 1976 e 1980)**



**Situação em 1986 (intervensões entre 1981 e 1985)**



1981 – Construção do esporão Sul do Furadouro (EsF2).	€
1981 – Intervenção de manutenção no esporão Sul do Furadouro.	€
1982 – Construção de obra longitudinal aderente (OAF3).	€
1982 – Intervenção de manutenção no esporão Norte e Sul e obra longitudinal Sul do Furadouro.	€
1984 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente Centro do Furadouro	€

Situação em 1991 (intervensões entre 1986 e 1990)



1986 – Construção do esporão Norte do Furadouro.

€

1986 – Intervenção de manutenção no esporão Norte do Furadouro.

€

1987 – Intervenção de manutenção no esporão Norte do Furadouro.

€

1987 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente Centro do Furadouro.

€

1988 – Intervenção de manutenção no esporão Norte do Furadouro.

€



**Situação em 1996 (intervensões entre 1991 e 1995)**



1991 – Intervenção de manutenção no esporão Norte do Furadouro.	€
1991 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente Sul do Furadouro.	€
1992 – Construção de obra aderente (OAF3).	€
1995 – Reparação da defesa aderente na Orla Costeira do Furadouro.	€
1995 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente Centro e Sul do Furadouro.	€
1995 – Intervenção de manutenção nos esporões Norte e Sul do Furadouro.	€

<b>Situação em 2001 (intervensões entre 1996 e 2000)</b>	
1996 – Intervenção de manutenção no esporão Norte e Sul do Furadouro.	€
1996 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente Centro e Sul do Furadouro.	€
1997 – Intervenção de manutenção no esporão Norte e Sul do Furadouro.	€
1997 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente Centro e Sul do Furadouro.	€

## Situação em 2006 (intervensões entre 2001 e 2005)



2002 – Ordenamento de acessos da praia do Furadouro (1ª fase)

128.520,00€

2003 – Intervenção de manutenção nas defesas longitudinais aderentes Norte, Centro e Sul do Furadouro.

71.201,87€

<b>Situação em 2011 (intervensões entre 2006 e 2010)</b>	
2008 – Intervenção de manutenção nos esporões Norte e Sul do Furadouro.	
2009 – Intervenção de manutenção na defesa longitudinal aderente Norte do Furadouro.	212.688,96€
2010 – Requalificação ambiental da zona sul do Furadouro.	294.518,58€
2010 – Recarga da praia.	244.221,42€
2010 – Intervenção de emergência na praia do Furadouro para a estabilização da proteção marginal da praia.	5.500,00€
2010 – Reforço da estabilidade do muro marginal da praia do Furadouro.	15.300,00€
2010 – Intervenção de emergência no Furadouro – preparação da época balnear.	125.937,00€

## Situação em 2016 (intervensões entre 2011 e 2015)



2011 – Reforço e alargamento da defesa longitudinal adjacente ao enraizamento norte do esporão.	167.326,74€
2011 – Estrutura aderente soterrada na praia, com talude de encoramento classificado	257.851,21€
2012 – Empreitada da 2.ª Fase de Construção de uma Estrutura Longitudinal Aderente, incluindo Proteção Dunar.	434.987,30€
2012 – Intervenção de Emergência para a reabilitação de rombos na defesa aderente entre os esporões Norte e Sul do Furadouro.	127.095,90€
2012 – Reforço e alargamento da defesa longitudinal adjacente ao enraizamento Norte do esporão no Furadouro	110.600,00€
2012 – Intervenção de emergência - Defesa Aderente, Praia do Furadouro.	
2014 – Reabilitação das Estradas de Defesa nas Frentes Urbanas do Furadouro.	
2014 – Intervensões de emergência pontuais nas obras de defesa costeira.	
2015 – Intervenção de emergência nas obras de defesa costeira.	€

Situação em 2020 (intervenções entre 2016 e 2020)



2019 – Mitigação da erosão costeira e risco.

145 382,12 €

2020 – Mitigação da erosão costeira e risco

499.265,78 €

## Anexo B – Base de dados de eventos de dano

Na Tabela B.1 apresenta-se a base de dados compilada de eventos de dano devidos à ação marítima nas praias do concelho de Ovar. Conforme escrito na secção 3.2, distinguem-se cinco tipologias de ocorrência: recuo da linha de costa (RLC); galgamentos (GAL); destruição do cordão dunar (DCD); danos em infraestruturas (DI); e danos em obras de defesa costeira (DDC).

**Tabela B.1** - Ocorrências e eventos de dano consequentes da ação marítima, registados nas praias do concelho de Ovar desde 1857 até 2020

<b>Data</b>	<b>Local</b>	<b>Ocorrência</b>	<b>Observação</b>	<b>Referência</b>
<b>1857</b> 13 de janeiro	Furadouro	DI	Destruição de palheiros e deslocação de areias.	Lamy (2001)
<b>1863</b> dezembro	Furadouro	DI	Destruição de 32 palheiros	Lamy (2001)
<b>1887</b> março	Furadouro	DI	Destruição de 18 palheiros	Lamy (2001)
<b>1889</b> março	Furadouro	DI	Destruição de 2 palheiros	Lamy (2001)
<b>1912</b> 2 de fevereiro	Furadouro	RLC GAL DI	Avanço de cerca de 200 metros entre a capela velha do Senhor da Piedade e o sítio denominado de Boldim. Derrocada de 18 palheiros.	Lamy (2001)
<b>1938</b> dezembro	Furadouro	DI	Destruição parcial da capela do Senhor da Piedade	Lamy (2001)
<b>1939</b> fevereiro	Furadouro	DI	Derrube completo da capela do Senhor da Piedade.	Lamy (2001)

<b>1940</b>	-	Furadouro	DI	Derrube de casas na avenida central. Derrube de uma casa de um andar.	Lamy (2001)
<b>1950</b>	-	Furadouro	RCL	Grande erosão na praia	Lamy (2001)
<b>1950</b>	novembro	Furadouro	GAL	Avanço do mar até cerca de 5 metros da capela nova.	Lamy (2001)
<b>1957</b>	11 de dezembro	Furadouro	GAL	O mar atingiu os alicerces da capela-mor.	Lamy (2001)
<b>1958</b>	agosto	Furadouro	GAL DI	O mar destrói 150 metros de esplanada a partir da avenida central, provocando um corte profundo na Avenida Marginal. Estragos na parte Sul da praia.	Lamy (2001)
<b>1965</b>	janeiro	Furadouro	DI	Derrube do palheiro da Família Pinto Palavra e do chalet do Matos, muito a Sul.	Lamy (2001)
<b>1969</b>	janeiro	Furadouro	DI	Destruição de 2 palheiros	Lamy (2001)
<b>1969</b>	outubro	Furadouro	RLC GAL DI	Enormes prejuízos causados pelos avanços do mar.	Lamy (2001)
<b>1969</b>	13 de novembro	Furadouro	GAL	O mar entra na Avenida Central e Sul da praia.	Lamy (2001)
<b>1969</b>	dezembro	Furadouro	DI	Desalojamento de 15 famílias (57 pessoas)	Cruz (2015)



<b>1971</b>	24 de janeiro	Furadouro	GAL DI DDC	Grande avanço do mar e destruição. O esporão de defesa, frente ao hotel, cedeu.	Lamy (2001)
<b>1981</b>	dezembro	Furadouro	GAL	Mar atinge a avenida marginal	Lamy (2001)
<b>1984</b>	março	Furadouro	GAL	Mar atinge a avenida marginal.	Lamy (2001)
<b>1994</b>	janeiro	Cortegaça	RLC GAL DI	Forte temporal. Entrada do mar junto ao parque de campismo	Comunicação Social
<b>1994</b>	janeiro	Furadouro	DDC	Destruição de esporão no Furadouro. Rombo na defesa do parque de estacionamento.	Comunicação Social
<b>1994</b>	janeiro	São Pedro de Maceda	DDC	Forte temporal. Destruição de esporão em Maceda.	Comunicação Social
<b>1995</b>	fevereiro	Furadouro	GAL DCD DDC	Galgamentos e destruição da plataforma litoral, destruição dos esporões e erosão dunar	Comunicação Social
<b>1996</b>	janeiro	Cortegaça	RLC DDC	Rombos na defesa aderente. Erosão acentuada na Praia Velha.	Comunicação Social
<b>1996</b>	janeiro	Esmoriz	GAL DCD DDC	Destruição de habitações do bairro dos pescadores e do cordão dunar; rotura do esporão Norte.	Comunicação Social

<b>1996</b>	janeiro	São Pedro de Maceda	RLC DDC	Regressão da praia adjacente ao esporão e rombos no esporão.	Comunicação Social
<b>1996</b>		Furadouro	DI DDC	Danos na superestrutura da obra aderente norte do esporão centro e em muros e bancos da Avenida Marginal	Cruz (2015)
<b>1997</b>	dezembro	Esmoriz	GAL DDC	Galgamento da defesa frontal e consequente instabilidade	Comunicação Social
<b>1998</b>	dezembro	Furadouro	GAL DDC	Rotura pontual na defesa aderente a Sul do esporão central e galgamentos a Sul do último esporão que fica soterrado	Comunicação Social
<b>2000</b>	dezembro	Furadouro	GAL DCD DDC	Destruição do cordão dunar e entrada do mar cerca de 50 m.	Comunicação Social
<b>2000</b>	dezembro	Torrão do Lameiro	DCD	Destruição das dunas primárias, sendo a zona mais afetada a que fica entre a praia do torrão do lameiro.	Cruz (2015)
<b>2001</b>	janeiro	Cortegaça	RLC	Recuo da linha de costa com o desaparecimento da areia na Praia Velha.	Comunicação Social
<b>2001</b>	fevereiro	Esmoriz	GAL	Galgamentos na obra aderente a Norte do	Comunicação Social

				esporão Sul e invasão do bairro dos pescadores.	
<b>2001</b>	março	Cortegaça	RLC DDC	Abertura de rombo na defesa aderente. Recuo da linha de costa, com desaparecimento areal junto ao apoio Miradouro	Comunicação Social
<b>2001</b>	setembro	Cortegaça	DDC	Deslizamentos e rombos nas defesas aderentes	Comunicação Social
<b>2001</b>	setembro	Esmoriz	GAL	Galgamentos na obra aderente junto ao parque de campismo.	Comunicação Social
<b>2002</b>	fevereiro	Cortegaça	RLC	Recuo da linha de costa no esporão Sul (o mar está a 4m dos edifícios).	Comunicação Social
<b>2002</b>	março	Cortegaça	GAL DDC	Arriba de erosão a Sul e destruição da defesa frontal	Comunicação Social
<b>2002</b>	junho	Cortegaça	RLC	Recuo da linha de costa a Norte do esporão e a Sul só há areia em baixa-mar	Comunicação Social
<b>2003</b>	janeiro	Furadouro	GAL DDC	Destruição do muro no tardo da obra aderente, de 3m para a frente urbana. Descalçamento da obra aderente a Norte numa extensão de 80m. Galgamentos a Norte do esporão central avançado cerca	Comunicação Social

<b>2005</b>	agosto	Cortegaça	DDC	Fragilidades nas obras aderentes nas obras aderentes.	Comunicação Social
<b>2005</b>	agosto	Esmoriz	DDC	Destaque e destruição da cabeça do esporão Norte de Esmoriz.	Comunicação Social
<b>2005</b>	agosto	Furadouro	DDC	Completa destruição da cabeça do esporão central do Furadouro	Comunicação Social
<b>2005</b>	19 de novembro	Esmoriz	GAL	Avanço do mar no Bairro Piscatório de Esmoriz.	Comunicação Social
<b>2006</b>	janeiro	Furadouro	GAL	Galgamentos na marginal do Furadouro.	Comunicação Social
<b>2006</b>	novembro	São Pedro de Maceda	GAL	Aluimento dos acessos à praia	Comunicação Social
<b>2006</b>	dezembro	Esmoriz	DDC	Roturas nalguns pontos entre dois esporões (frente à lota).	Comunicação Social
<b>2007</b>	20 de fevereiro	Esmoriz	DDC	Rombo na defesa aderente.	Comunicação Social
<b>2007</b>	março	Cortegaça	DDC	Destruição do muro do parque de campismo.	Comunicação Social
<b>2008</b>	fevereiro	Cortegaça	DDC	Danos na estrutura de defesa	Comunicação Social
<b>2008</b>	fevereiro	Esmoriz	DDC	Abatimentos e rombos em 4 locais na defesa aderente devido a	Comunicação Social

				temporais com ondulação de 4m de altura.	
<b>2008</b>	agosto	Cortegaça	GAL DDC	Galgamentos e instabilidade da defesa aderente.	Comunicação Social
<b>2008</b>	agosto	Esmoriz	GAL DDC	Galgamentos e instabilidade da defesa aderente.	Comunicação Social
<b>2008</b>	outubro	Cortegaça	DDC	Pontos de fragilidade na defesa aderente.	Comunicação Social
<b>2009</b>	07 de outubro	Esmoriz	GAL	07-10-2009 às 4:29h até às 09:45h	Comunicação Social
<b>2009</b>	07 de outubro	Esmoriz	GAL	07-10-2009 às 8:09h até às 19:50h	Comunicação Social
<b>2009</b>	15 de novembro	Esmoriz	GAL	15-11-2009 às 14:59h até às 21:30h	Comunicação Social
<b>2010</b>	12 de janeiro	Esmoriz	GAL	12-01-2010 às 08:04h até às 13:30h	Comunicação Social
<b>2010</b>	12 de janeiro	Furadouro	GAL	Estragos na avenida marginal devido aos galgamentos.	Comunicação Social
<b>2010</b>	18 de fevereiro	Furadouro	RLC GAL DI	Danos provocados pela ação do mar	Comunicação Social
<b>2010</b>	18 de fevereiro	São Pedro de Maceda	GAL RLC	Avanço do mar na mata	Comunicação Social
<b>2010</b>	outubro	Furadouro	GAL	Galgamentos na marginal.	Comunicação Social

<b>2010</b>	outubro	Esmoriz	GAL	Galgamento.	Comunicação Social
<b>2010</b>	09 de novembro	Esmoriz	GAL	Vagas de 6 a 7 metros, ventos de Noroeste. Marés Vivas. Ondas inundaram durante a madrugada e tarde (preia-mar) o Bairro dos Pescadores	Comunicação Social
<b>2010</b>	09 de novembro	Furadouro	GAL	Vagas de 6 a 7 metros, ventos de Noroeste. Marés Vivas. Ondas inundaram durante a madrugada e tarde (preia-mar) as ruas do Furadouro	Comunicação Social
<b>2017</b>	18 de agosto	Cortegaça	DDC	Ruína no enraizamento do tardez a barlar do esporão (extensão >15m)	APA
<b>2018</b>	3 de janeiro	Furadouro	GAL	Galgamento	APA
<b>2018</b>	4 de janeiro	Furadouro	GAL	Galgamento	APA
<b>2018</b>	18 de janeiro	Furadouro	GAL	Galgamento	APA
<b>2018</b>	5 de janeiro	Esmoriz	DDC	Erosão no cordão dunar junto às cercaduras periféricas que constituem o dique fusível	APA

<b>2018</b>	6 de janeiro	Cortegaça	RLC		APA
<b>2018</b>	5 de janeiro	Cortegaça	RLC		APA
<b>2018</b>	6 de janeiro	Furadouro	GAL		APA
<b>2018</b>	9 de janeiro	Cortegaça	DDC DI	Rombo de grande dimensão na obra longitudinal aderente	APA
<b>2018</b>	9 de janeiro	Furadouro	RLC		APA
<b>2018</b>	17 de janeiro	Furadouro	RLC		APA
<b>2018</b>	18 de janeiro	Cortegaça	DDC	Escarpamento da duna	APA
<b>2018</b>	31 de janeiro	Furadouro	RLC DDC	Os sedimentos que colmatavam os geotubos foram arrastados para offshore, na sequência do rebaixamento da praia e com a altura significativa das ondas em períodos de preia-mar.	APA
<b>2018</b>	9 de fevereiro	Furadouro	RLC DDC	Abatimento/rombo no talude a barlamar junto à cabeça do esporão.	APA
<b>2018</b>	10 de fevereiro	Furadouro	GAL		APA

<b>2018</b>	16 de fevereiro	Furadouro	DI	Abatimentos e rombos no talude da obra longitudinal aderente com rebaixamento da praia	APA
<b>2018</b>	1 de março	Furadouro	GAL	Alcance máximo da água/detritos: 5 metros	APA
<b>2018</b>	3 de março	Furadouro	GAL	Alcance máximo da água/detritos: 30 metros	APA
<b>2018</b>	5 de março	Furadouro	RLC	Aumentou o rebaixamento da praia face ao último reporte	APA
<b>2018</b>	5 de março	Maceda	RLC	Rebaixamento das cotas de praia em São Pedro de Maceda com erosão da escarpa a norte e a Sul desta praia	APA
<b>2018</b>	5 de março	Cortegaça	DDC DI	Rombo na obra longitudinal aderente a norte da Praia de Cortegaça, no segundo talude do patamar intermédio superior. Aumentou a erosão neste rombo.	APA
<b>2018</b>	11 de março	Furadouro	GAL	Alcance máximo da água/detritos: 20 metros	APA
<b>2018</b>	15 de março	Furadouro	GAL	Elevado défice sedimentar na Praia do	APA



Furadouro. Galgamentos costeiros					
<b>2018</b>	16 de março	Furadouro	GAL	Alcance máximo da água/detritos: 15 metros	APA
<b>2018</b>	20 de março	Furadouro	RLC	Rebaixamento da Praia.	APA
<b>2018</b>	21 de março	Furadouro	DDC	2 rombos na obra longitudinal aderente, entre os esporões do Furadouro	APA
<b>2018</b>	30 de março	Furadouro	GAL	Alcance máximo da água/detritos: 25 metros	APA
<b>2018</b>	31 de março	Furadouro	GAL	Alcance máximo da água/detritos: 20 metros	APA
<b>2018</b>	16 de abril	Furadouro	GAL DI	Alcance máximo da água/detritos: 40 metros	APA
<b>2018</b>	17 de abril	Furadouro	GAL DI	Alcance máximo da água/detritos: 45 metros	APA
<b>2018</b>	11 de maio	Furadouro	DDC DI	Elevado défice sedimentar na praia	APA
<b>2018</b>	10 de maio	Esmoriz	DDC DI	Rombo na obra longitudinal aderente (abatimento do talude)	APA
<b>2018</b>	31 de agosto	Torrão do Lameiro	RLC	Altura máxima da escarpa: 6 metros	APA
<b>2018</b>	26 de setembro	Cortegaça	DDC DI	1 - Cratera a barlar no esporão, com uma extensão de 25 metros,	APA

				distanciada a 60 metros da cabeça do 2 - Rombo no talude a barlamar. 3 - Rombo ligeiro no talude a sotamar.	
<b>2018</b>	26 de setembro	Esmoriz	RLC	Dique Fusível da Barrinha de Esmoriz aberto	APA
<b>2018</b>	26 de setembro	Furadouro	RLC DI	Rebaixamento da praia; Altura máxima: 2 metros	APA
<b>2018</b>	26 de setembro	Furadouro	RLC	Escarpamento da duna; Altura máxima da escarpa: 7 metros	APA
<b>2018</b>	26 de setembro	Cortegaça	RLC	Escarpamento da duna; Altura máxima da escarpa: 7 metros	APA
<b>2018</b>	26 de setembro	Esmoriz	DDC DI	Rombo no talude com abatimento parcial da cota de coroamento da estrutura aderente	APA
<b>2018</b>	10 de outubro	Furadouro	GAL	Alcance máximo da água/detritos: 20 metros	APA
<b>2018</b>	07 de novembro	Furadouro	GAL	Alcance máximo da água/detritos: 15 metros	APA
<b>2018</b>	16 de novembro	Furadouro	RLC	Rebaixamento da praia; Altura máxima: 4 metros	APA
<b>2018</b>	16 de novembro	Cortegaça	RLC	Escarpamento na ordem dos 2 metros da praia de	APA

				Cortegaça, a montante da obra longitudinal aderente na sequência dos galgamentos costeiros.	
<b>2018</b>	17 de novembro	Furadouro	GAL DI	Alcance máximo da água/detritos: 30 metros	APA
<b>2018</b>	18 de novembro	Esmoriz	GAL DI	Alcance máximo da água/detritos: 25 metros	APA
<b>2018</b>	19 de novembro	Furadouro	DDC DI	Rombos na obra longitudinal aderente	APA
<b>2018</b>	19 de novembro	Furadouro	RLC	Rebaixamento da praia; Altura máxima: 2 metros	APA
<b>2018</b>	07 de dezembro	Cortegaça	RLC	Escarpamento da duna; Altura máxima da escarpa: 8 metros	APA
<b>2018</b>	07 de dezembro	Maceda	RLC		APA
<b>2018</b>	07 de dezembro	Cortegaça	RLC	Geotubos a descoberto, pontualmente. Cota superior do geotubos com algumas deformações	APA
<b>2019</b>	07 de janeiro	Maceda	RLC DI	Rebaixamento das cotas de praia em São Pedro de Maceda com erosão da escarpa a norte e a Sul desta praia Destruição da rampa em sedimento do acesso	APA

				pedonal à praia e do acesso de emergência à praia	
<b>2019</b>	19 de janeiro	Maceda	RLC DI	Acentuado recuo da linha de costa (5 metros), deixando a praia sem acessos de emergência. Destruição da rampa de acesso à praia.	APA
<b>2019</b>	23 de janeiro	Cortegaça	RLC DI		APA
<b>2019</b>	23 de janeiro	Maceda	RLC		APA
<b>2019</b>	23 de janeiro	Esmoriz	DDC DI		APA
<b>2019</b>	1 de fevereiro	Maceda	RLC	Sector costeiro com uma acentuada progressão do recuo da linha da costa.	APA
<b>2019</b>	1 de fevereiro	Furadouro	GAL DI		APA
<b>2019</b>	22 de fevereiro	Cortegaça	RLC GAL		APA
<b>2019</b>	18 de fevereiro	Furadouro	GAL DI		APA
<b>2019</b>	22 de fevereiro	Esmoriz	GAL DI	Alcance máximo da água/detritos: 25 metros	APA
<b>2019</b>	22 de fevereiro	Cortegaça	GAL	Alcance máximo da água/detritos: 8 metros	APA

<b>2019</b>	22 de fevereiro	Maceda	RLC DI	Acentuado recuo da linha de costa, deixando a praia sem acessos de emergência. Área delimitada de imediato para que transeuntes e viaturas não corram riscos de queda	APA
<b>2019</b>	25 de fevereiro	Maceda	RLC DI	Acentuado recuo da linha de costa, deixando a praia sem acessos de emergência	APA
<b>2019</b>	15 de março	Furadouro	DDC	Regeneradores em queda na sequência do avanço contínuo do mar.	APA
<b>2019</b>	31 de março	Furadouro	DDC RLC		APA
<b>2019</b>	30 de setembro	Furadouro	DDC DI	Geotubo danificado	APA
<b>2019</b>	20 de outubro	Furadouro	GAL	Alcance máximo da água/detritos: 20 metros	APA
<b>2019</b>	20 de outubro	Cortegaça	RLC	A cota da praia diminuiu cerca de 2 metros	APA
<b>2019</b>	28 de outubro	Cortegaça	DDC DI	Derrocada parcial de edifício desocupado do Parque de Campismo de Cortegaça	APA

<b>2019</b>	29 de outubro	Cortegaça	RLC	Escarpa de erosão talhada no sistema dunar/florestal	APA
<b>2019</b>	14 de novembro	Cortegaça	RLC	Rebaixamento da praia; Altura máxima: 2 metros	APA
<b>2019</b>	19 de dezembro	Furadouro	DDC		APA
<b>2019</b>	20 de novembro	Cortegaça	RLC	Escarpa de erosão talhada no sistema dunar/florestal	APA
<b>2019</b>	20 de novembro	Furadouro	DDC DI		APA
<b>2019</b>	20 de dezembro	Maceda	RLC DI	Acentuado recuo da linha de costa, deixando a praia sem acessos de emergência. Destruição da rampa de acesso à praia. Retirada urgente da guarda lateral delimitadora que se encontrava em iminente risco de queda para a Praia/Mar.	APA
<b>2019</b>	20 de dezembro	Furadouro	GAL DI	Galgamentos costeiros sobre a marginal do Furadouro. Sedimentos sobre a via pedonal e rodoviária	APA

				provenientes dos galgamentos costeiros.	
<b>2019</b>	23 de dezembro	Maceda	RLC DI	Acentuado recuo da linha de costa (15 metros), deixando a praia sem acessos de emergência.	APA
<b>2019</b>	23 de dezembro	Esmoriz	DDC GAL DI	Rombo e abatimento no talude da obra longitudinal aderente. Sedimentos e enrocamentos TOT sobre a via pedonal e rodoviária, provenientes dos galgamentos costeiros	APA
<b>2019</b>	23 de dezembro	Cortegaça	DDC	Cratera e vários rombos no primeiro talude dos patamares intermédios da obra longitudinal aderente	APA
<b>2019</b>	23 de dezembro	Furadouro	DDC	Rombo e cratera na obra longitudinal aderente	APA
<b>2020</b>	28 de fevereiro	Furadouro	RLC DDC GAL	Alcance máximo da água: 50metro	APA
<b>2020</b>	20 de dezembro	Esmoriz	DDC	Barreira arenosa adjacente a norte e a sul do Dique Fusível destruído	APA

<b>2020</b>	27 de outubro	Furadouro	DDC DI	Rombo e cratera na obra longitudinal aderente.	APA
<b>2020</b>	29 de outubro	Cortegaça	GAL DI	Afetou o piso da esplanada exterior do apoio de praia completo.	APA
<b>2020</b>	29 de outubro	Furadouro	GAL DI	Galgamentos costeiros na frente urbana do Furadouro	APA
<b>2020</b>	29 de outubro	Esmoriz	DDC GAL DI	Rombo na obra longitudinal aderente	APA