



CATARINA DOS SANTOS GONÇALVES CANDEIAS
Licenciada em Ciências e Engenharia do Ambiente

MONITORIZAÇÃO DE RESILIÊNCIA E VULNERABILIDADE A PRESSÕES NATU- RAIS E ANTRÓPICAS DE SISTEMAS PRAIA-DUNA

USO DE CHECKLISTS PARA APLICAÇÃO NA PRAIA DE SÃO
JOÃO DA CAPARICA

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE
Universidade NOVA de Lisboa
Dezembro, 2025



NOVA
NOVA SCHOOL OF
SCIENCE & TECHNOLOGY

DEPARTAMENTO DE
CIÊNCIAS E ENGENHARIA DO AMBIENTE

CATARINA DOS SANTOS GONÇALVES CANDEIAS

Licenciada em Ciências de Engenharia do Ambiente

MONITORIZAÇÃO DE RESILIÊNCIA E VULNERABILIDADE A PRESSÕES NATU- RAIS E ANTRÓPICAS DE SISTEMAS PRAIA-DUNA

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Universidade NOVA de Lisboa
Dezembro, 2025



MONITORIZAÇÃO DA RESILIÊNCIA E VULNERABILIDADE A PRESSÕES NATURAIS E ANTRÓPICAS EM SISTEMAS PRAIA-DUNA

USO DE CHECKLISTS PARA APLICAÇÃO NA PRAIA DE SÃO JOÃO DA CAPARICA

CATARINA DOS SANTOS GONÇALVES CANDEIAS

Licenciada em Ciências e Engenharia do Ambiente

Orientador: Professor Doutor José Carlos Ribeiro Ferreira,
Professor Associado, NOVA School of Science and Technology, NOVA University Lisbon

Coorientadora: Mestre Catarina Sofia Jóia de Oliveira dos Santos,
Investigadora e Assistente Convidada, NOVA School of Science and Technology, NOVA University Lisbon

Júri:

Presidente: Prof. Doutor João Miguel Dias Joanaz de Melo,
Professor(a) Catedrático(a), FCT-NOVA

Arguentes: Prof^a Doutora Maria Teresa Calvão Rodrigues,
Professora Associada, FCT-NOVA

Mestre Catarina Joia Santos
Investigadora, FCT-NOVA

Orientador: Prof. Doutor José Carlos Ferreira,
Professor Associado, FCT-NOVA

Membros: Prof. Doutor João Miguel Dias Joanaz de Melo
Professor Catedrático, Outra Universidade
Prof^a Doutora Maria Teresa Calvão Rodrigues,
Professora Associada, FCT-NOVA

Mestre Catarina Joia Santos
Investigadora, FCT-NOVA

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Universidade NOVA de Lisboa
Dezembro, 2025

Monitorização da resiliência e vulnerabilidade a pressões naturais e antrópicas em sistemas praia-duna

Copyright © Catarina Candeias, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

À minha mãe.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Doutor José Carlos Ferreira, por todo o conhecimento transmitido ao longo destes semestres. As suas aulas relacionadas com Zonas Costeiras e Gestão do Território serviram de inspiração para este tema. Grata pela orientação ao longo da Dissertação.

À minha coorientadora, Mestre Catarina Jóia Santos, pela paciência e tempo despendidos para esclarecer as minhas questões e por toda a atenção que me deu, tanto na Dissertação como nos trabalhos das disciplinas em que estive presente.

Às amigas que criei ao longo do meu percurso académico, tanto de pessoas que já me acompanhavam desde a Licenciatura, cuja nossa relação se aprofundou no Mestrado, como de pessoas maravilhosas que apenas conheci nesse ciclo, mas que parece que já nos conhecemos há décadas, os meus agradecimentos pela confiança que mostram em mim, bem como pelas conversas e desabafos.

Ao Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente e aos seus docentes, gostaria também de transmitir a minha sincera gratidão pelos ensinamentos transmitidos ao longo de todos os semestres do curso, e, mais uma vez, pela paciência e disponibilidade que tiveram para me ajudar sempre que eu solicitava, bem como pelo apoio moral.

À Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa., pelo plano Curricular rico e diversificado, onde tive a oportunidade de adquirir competências e conhecimentos noutras áreas científicas e sociais e humanas. Também agradeço aos professores dessas áreas, pela orientação e apoio que me forneceram nas disciplinas e módulos por eles lecionados.

À minha mãe, por me ter sempre motivado, com o seu bom humor e boa disposição. A ti, querida mãe, dedico esta Dissertação, que representa o culminar desta jornada, que sempre acreditaste que eu conseguiria realizar com sucesso.

Muito obrigada!

“A única maneira de descobrir os limites do possível é transcendê-los em direção ao impossível” (Arthur C. Clarke).

RESUMO

A importância ambiental e social, nomeadamente em termos recreativos, das zonas costeiras para a respetiva região ou país a que pertencem é indiscutível. Para além disto, a sua relevância económica contribui para o seu sobrepovoamento, podendo-se ter, como consequências, o aumento de tráfego rodoviário e a intensificação de atividades industriais, que contribuem para o agravamento das Alterações Climáticas (AC). Estes fatores, entre outros, sujeitam os sistemas litorais a pressões que podem comprometer a sua capacidade de resiliência a eventos extremos. Assim, geram-se diversos conflitos de interesses nos usos dos mesmos, que conduzem à necessidade de efetuar a sua proteção reativa. Os Instrumentos de Gestão do Território (IGT) visam o planeamento e gestão da ocupação destes frágeis territórios, a fim de preservar os seus recursos. Porém, a falta de fiscalização e a delegação constante de responsabilidades entre as entidades com obrigações de ordenamento traduz-se, na prática, na exposição de pessoas e bens aos riscos costeiros.

As *checklists* são ferramentas bastante difundidas que permitem uma avaliação da vulnerabilidade do sistema através da análise de parâmetros específicos, cuja aplicabilidade pode ser verificada no campo. Cada uma delas permite a determinação do respetivo índice de vulnerabilidade através da atribuição de ponderações às variáveis, correspondentes aos níveis de vulnerabilidade, a fim de as converter todas à mesma escala. Verificou-se que existem três *checklists* clássicas diferentes aplicáveis a sistemas atlânticos, duas que analisam a vulnerabilidade considerando pontuações de 0 a 4, e uma que considera níveis de 0 a 2.

O troço costeiro da Costa da Caparica tem sido bastante fustigado por tempestades de diferentes intensidades, sendo um dos territórios mais vulneráveis à erosão e recuo da linha de costa. Posto isto, esta Dissertação visou a monitorização do estado de vulnerabilidade do cordão dunar de S. João da Caparica após a ocorrência do furacão Erin, tendo-se aplicado as três *checklists*, sendo uma principal (*root checklist*), e duas secundárias (resiliência e GAVAM).

Para além disso, visou a criação de uma lista totalmente aplicável à praia de São João, correspondente à área de estudo, mas também a outras periurbanas, tendo por base as listas pré-existentes, mas com as devidas correções face ao observado no local.

Todavia, para as três listas, obtiveram-se valores de vulnerabilidade no intervalo baixo a médio, sendo que os resultados da *root checklist* e da GAVAM se encontraram mais próximos, o que se pode ter devido, entre outras razões, ao facto de ambas usarem uma escala de 0 a 4. Estes resultados coadunaram-se com os de outros estudos efetuados neste território, tanto de investigações que avaliaram a vulnerabilidade com recurso às *checklists* resiliência e GAVAM, como de investigações que determinaram o balanço sedimentar da praia, de onde foi possível inferir a sua vulnerabilidade aproximada. Para além disso, os resultados obtidos fizeram sentido, face ao sucesso comprovado de duas fases de implementação do projeto ReDuna.

Palavras chave: Zonas costeiras, limiar de resiliência, capacidade de carga, proteção costeira, estratégias de adaptação, gestão do território

ABSTRACT

The environmental and social importance of coastal areas for the respective region or country to which they belong, namely in terms of recreation, is indisputable. In addition, their economic relevance contributes to their overpopulation, which can result in increased road traffic and intensified industrial activities, contributing to the worsening of climate changes. These factors, among others, subject coastal systems to pressures that can compromise their resilience to extreme events. This generates various conflicts of interest in their use, leading to the need for reactive protection. Land Management Instruments aim to plan and manage the occupation of these fragile territories in order to preserve their resources. However, the lack of supervision and the constant delegation of responsibilities between entities with planning obligations translates, in practice, into the exposure of people and property to coastal risks.

Checklists are popular tools that allow for an assessment of system vulnerability through the analysis of specific parameters, whose applicability can be checked in the field. Each checklist allows for the determination of the respective vulnerability index by assigning weights to variables corresponding to vulnerability levels in order to convert them all to the same scale. It has been found that there are three different classic checklists applicable to Atlantic systems, two of that analyses vulnerability using scores from 0 to 4, and the other considers levels from 0 to 2.

The coastal stretch of Costa da Caparica has been severely affected by storms of different intensities, making it one of the most vulnerable areas to coastal erosion and retreat. Therefore, this work aimed to monitor the vulnerability of the S. João da Caparica dune system after Erin hurricane, applying the three checklists: one main checklist (root checklist) and two secondary (resilience and GAVAM). In addition, it aimed to create a checklist that is fully applicable to São João beach, corresponding to the study area, but also to other peri-urban beaches, based on the pre-existing ones, but with the necessary corrections in view of what was observed on site.

However, for all three lists, vulnerability values obtained ranged from low to medium, with the results of the root and GAVAM checklists being closer together, which may be due, among other reasons, to the fact that both use the same scale, i.e., from 0 to 4. These range were consistent with the obtained on other studies carried out in this territory, both from research that assessed vulnerability using the resilience and GAVAM checklists, and from research that determined the sediment balance of the beach, from which it was possible to infer its approximate vulnerability. Furthermore, the results got made sense, given the proven success of two phases of implementation of the ReDuna project.

Keywords: Coastal zones, resilience threshold, carrying capacity, coastal protection, adaptation strategies, territorial management

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento do tema.....	1
1.2 Problema e objetivos da Dissertação.....	2
1.3 Estrutura da Dissertação	4
2 REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Estrutura e morfologia dos sistemas dunares.....	5
2.2. Impactos nas zonas costeiras.....	6
2.2.1. Impactos resultantes de atividades humanas.....	6
2.2.2. Impactos resultantes das Alterações Climáticas (AC)	7
2.3. Monitorização costeira	8
2.3.1. Definição e importância	8
2.3.2. Exemplo.....	8
2.4. Estratégias de adaptação costeira.....	10
2.5. Projeto ReDuna	11
2.6. Enquadramento de <i>checklists</i> de vulnerabilidade	12
2.7 Parâmetros e variáveis específicos das <i>checklists</i>	15
3 METODOLOGIA	23
3.1. Fase 1 - Levantamento, triagem e análise de informações	23
3.2. Fase 2 - Caracterização da área de estudo	25

3.3. Fase 3- Aplicação das <i>checklists</i> no campo, análise da aplicabilidade das variáveis e necessidade de adaptações	25
4 ÁREA DE ESTUDO	27
4.1 Caracterização geral.....	27
4.2 Instrumentos de gestão territorial.....	29
4.2.1 Descrição geral	29
4.2.2 IGT diretamente aplicáveis à área de estudo.....	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	35
5.1. Aplicação da <i>root checklist</i>	36
5.2. Aplicação da <i>checklist</i> GAVAM.....	36
5.3. Aplicação da <i>checklist</i> resiliência secundária.....	37
5.4 Críticas a alguns parâmetros e pressupostos das <i>checklists</i> pré-existentes	38
5.4.1. Críticas a alguns pressupostos da <i>root checklist</i>	38
5.4.2. Críticas a alguns pressupostos da <i>checklist</i> secundária.....	40
5.4.3. Críticas a alguns pressupostos da <i>checklist</i> GAVAM.....	41
5.5. Análise e comparação dos índices obtidos pelas <i>checklists</i>	41
5.6. Proposta de <i>checklist</i> totalmente aplicada à praia de São João e outras periurbanas...44	
6 CONCLUSÃO	53
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
A ANEXO 1	65
B ANEXO 2	69
C ANEXO 3	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura da Dissertação.....	4
Figura 2: Estratégias de proteção da costa contra o avanço do nível médio do mar. Fonte: Pinto (2020).	10
Figura 3: Área de estudo: a) praia de S. João; b) delimitação aproximada do seu sistema dunar (polígono laranja). Fonte: Google Earth. Consultado a 22 de setembro de 2025.....	28
Figura 4: Excerto da planta de condicionantes 2.A do Concelho de Almada, na qual se enquadra a praia de São João. A área de estudo está delimitada pela linha preta. Fonte: CMA, 2021b..	33
Figura 5: Representação dos resultados das componentes de cálculo do IVD, segundo a <i>root checklist</i>	36
Figura 6: Resultados dos índices parciais que entram no cálculo do IVD, por aplicação da <i>checklist</i> GAVAM.	37
Figura 7: Representação dos resultados dos índices que entram no cálculo do IVD, segundo a <i>checklist</i> resiliência.....	37
Figura 8: O presente esquema ilustra a localização das barras arenosas, corroborando o referido nesta subsecção. Fonte: Santos et al. (2003).....	41

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Definição dos níveis de vulnerabilidade atribuídos às variáveis. Fonte: Adaptado de Pereira et al. (2000); Pereira & Laranjeira (2002); e de CMA (2014)	17
Tabela 2: Fatores de vulnerabilidade externos ao sistema, que a <i>checklist</i> resiliência secundária permite estudar. Fonte: Adaptado de Pereira et al. (2000); Ferreira & Laranjeira (2000); e CMA (2014).	19
Tabela 3: <i>Checklist</i> específica para praias periurbanas, proposta com base no estudo das pré-existentes.	45
Tabela 4: <i>Root checklist</i> modificada e adaptada para sistemas dunares Portugueses. Fonte: Adaptado de Davies et al. (1995)	65
Tabela 5: <i>Checklist</i> resiliência adaptada para os sistemas dunares da Costa da Caparica. Fonte: Adaptado de da Silva (2014)	69
Tabela 6: <i>Checklist</i> GAVAM adaptada para os sistemas dunares da Costa da Caparica. Fonte: Adaptado de da Silva (2014)	75

GLOSSÁRIO

- Zonas Costeiras -** Zonas de transição entre a terra e o mar.
- Dunas -** Sistemas dinâmicos que resultam da acumulação eólica de areias marinhas, desempenhando diversas funções ecológicas, e que funcionam como barreira à ação das ondas sobre a costa.
- Duna frontal -** Formação costeira cuja base, do lado do mar, delimita a área do sistema dunar, sendo formada e erodida intermitentemente, e onde se encontra a vegetação mais importante e característica dos sistemas dunares.
- Erosão -** Processo de desagregação da superfície do solo, das margens ou leitos das águas, pela atuação de agentes físico-químicos e biológicos, nomeadamente agitação marítima, águas superficiais e/ou vento, podendo ser potenciada por ação humana e/ou de outros seres vivos.
- Monitorização costeira -** Refere-se à recolha e análise sistemáticos de dados sobre a dinâmica dos sistemas litorais e as mudanças que neles ocorrem, fornecendo orientações práticas para a gestão destes territórios e para resolver conflitos relacionados com o seu uso.
- Vulnerabilidade -** Suscetibilidade de um sistema natural para sofrer danos e outros impactes graves quando exposto a fenómenos com características potencialmente perigosas.

- Resiliência -** Capacidade de um sistema biofísico de se adaptar e autorregular após a atuação sobre o mesmo de fatores (internos ou externos) que possam prejudicar o seu estado original.
- Risco -** Produto entre a probabilidade da ocorrência de danos num local por atuação de eventos perigosos e as suas potenciais consequências, face à vulnerabilidade dos elementos expostos.
- Capacidade de carga -** Expressa uma intensidade de uso e estabelece um grau de desenvolvimento das atividades que um ecossistema pode suportar, sem que ocorra uma degradação irreversível do mesmo.
- Checklists -*** Listas que permitem a avaliação do estado de um sistema por meio da observação do mesmo, com base em parâmetros pré-definidos, aos quais se atribuem ponderações, podendo ser usadas na monitorização.

SIGLAS E ACRÓNIMOS

AC	Alterações Climáticas
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
ARH	Área de Região Hidrográfica
CCDR	Comissão para a Coordenação e Desenvolvimento Regional
COSMO	Programa de MOnitorização da Faixa COSteira de Portugal Continental
ELOISE	<i>European Land Ocean Interaction Studies Environment</i>
IGT	Instrumentos de Gestão do Território
IPCC	<i>International Panel on Climate Changes</i>
IVD	Índice de Vulnerabilidade Dunar
LMPMAVE	Linha de Máxima Preia-mar de águas vivas equinociais
ReDuna	Recuperação e restauro ecológico do sistema dunar de S. João da Caparica
SIG	Sistemas de Informação Geográfica

INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento do tema

As zonas costeiras são áreas de transição entre os continentes e os oceanos (Chorincas, 2021), estando entre os ambientes mais produtivos do Mundo, sendo relevante que se encontrem saudáveis (Sahavacharin et al., 2022). De facto, em 2018, na Europa, as zonas costeiras forneceram, no total, cerca de 494 mil milhões de euros em serviços de ecossistemas (Bednar-Friedl et al., 2022).

As dunas são sistemas costeiros comuns em linhas de costa arenosas, estando presentes em cerca de 34% do litoral mundial (Mendoza-González et al., 2016). Estas formações são deposições acumuladas de areias marinhas distribuídas ao longo da costa, onde os sedimentos e os ventos fortes coincidem pelo menos num período do ano (Mendoza-González et al., 2016). Estas elevações são muito dinâmicas devido à mobilidade e natureza altamente porosa dos substratos, aos espaços vazios entre a vegetação e ao baixo teor ou ausência total de matéria orgânica.

Para além disso, são sistemas frágeis e complexos que protegem a costa contra a energia das ondas (Santos & Ferreira, 2024). Contudo, se as dunas forem galgadas durante uma tempestade, podem ocorrer danos graves sobre pessoas e bens devido às inundações e ataque direto das ondas sobre a costa (Bella et al., 2024).

As dunas possuem, assim, elevada importância socioambiental, fornecendo variados serviços de ecossistemas, dos quais, para além da proteção costeira, a recreação, mas também a conservação da natureza (Botero et al., 2015), por serem suporte de habitats, e também podem constituir reservatórios de água doce.

Porém, o intenso estabelecimento de indústrias, infraestruturas turísticas e outras atividades económicas no litoral tem contribuído para o seu sobrepovoamento, sujeitando-o a

diversas pressões, nomeadamente associadas à consequente perda das dunas para reconversão para outros usos (Lozano et al., 2020). De facto, os impactos das atividades antrópicas nos sistemas praia-duna incluem a alteração da dinâmica natural, a eliminação da sua variabilidade topográfica, a fragmentação de habitats e a perda de biodiversidade, designadamente através do estabelecimento de espécies vegetais invasoras e perda de vegetação nativa (Lithgow et al., 2015).

Os ecossistemas costeiros, entre os quais os sistemas dunares, encontram-se, ainda, sujeitos a pressões naturais, como as relacionadas com as alterações climáticas (AC), como as flutuações no nível médio das águas do mar, que alteram o fornecimento e dinâmica sedimentares, mas também o aumento da frequência e intensidade de eventos extremos e a alteração dos regimes de precipitação e vento, entre outros (Anton et al., 2023).

Efetivamente, as diferentes pressões, tanto naturais como antrópicas, que se fazem sentir no litoral aumentam a sua vulnerabilidade à erosão e recuo da linha de costa. O termo vulnerabilidade encontra-se deveras relacionado com os conceitos de suscetibilidade, exposição e resiliência (Peña-Alonso et al., 2018). Assim, pode-se afirmar que a vulnerabilidade se refere às características do sistema que o tornam particularmente suscetível aos potenciais efeitos danosos de um evento ou combinação de eventos perigosos quando exposto aos mesmos, bem como à falta de capacidade de recuperar e de se adaptar para voltar a condições próximas das originais (Peña-Alonso et al., 2018).

Feito o balanço, a capacidade de prever a variabilidade, tanto no tempo como no espaço, da erosão nas diversas áreas ao longo da costa é muito importante para a correta gestão costeira (Splinter et al., 2018). No entanto, a monitorização regular pode ser dispendiosa, sendo necessário o desenvolvimento de técnicas simples e que possam ser aplicáveis ao local específico alvo da mesma (Bio et al., 2022).

1.2 Problema e objetivos da Dissertação

O troço costeiro da praia de São João da Caparica, a área de estudo da presente Dissertação, constitui um dos territórios mais afetados do litoral português pela erosão e recuo da linha de costa, sendo também um dos mais vulneráveis a estes eventos (APA, 2018). Efetivamente, o setor entre São João e a Costa da Caparica já perdeu mais de 200 metros de costa em apenas 50 anos (Marinho et al., 2019). Em particular, o sistema dunar da praia de São João

da Caparica é frequentemente sujeito a episódios de erosão e/ou galgamentos costeiros. Consequentemente, a zona urbana do setor indicado, nomeadamente os passadiços da marginal, fica muitas vezes exposta a inundações, principalmente durante tempestades severas (Marinho et al., 2019), como as que se registaram, mais recentemente, em abril de 2018 (Diário de Notícias, 2018), em outubro de 2024 (Morais, 2024) e em agosto de 2025 (NC, 2025).

Apesar das inúmeras formas de monitorização existentes, incluindo as baseadas em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e modelos matemáticos (Oliveira et al., 2020; Gallina et al., 2020; Cohn & Anderson, 2025), a correta gestão do litoral deve envolver equipas interdisciplinares e as comunidades costeiras, possuindo os diferentes *stakeholders* graus distintos de compreensão sobre as especificidades locais (Nascimento, 2024) e/ou sobre os processos hidrodinâmicos e geomorfológicos dos respetivos ecossistemas. Posto isto, e dado que estes parâmetros têm sempre de ser considerados na monitorização (Bio et al., 2022), o uso de técnicas que os incluam e que possam ser facilmente compreendidas por todos os intervenientes é essencial para cumprir esse requisito. Para além disso, a aquisição de dados em campo é sempre importante para melhorar a robustez, precisão e fiabilidade de qualquer abordagem de avaliação de riscos costeiros (Bruno et al., 2019). Neste sentido, as listas de controlo (*checklists*), ainda que possam ter de sofrer adaptações para diferentes áreas de estudo, possuem potencial para serem usadas na monitorização da vulnerabilidade e resiliência das costas arenosas, neste caso atlânticas, face aos riscos, atuais e potenciais, a que se encontram sujeitas.

Como tal, a presente Dissertação visa responder à seguinte questão de investigação: "Qual o estado de vulnerabilidade e capacidade de resiliência do cordão dunar da praia de S. João da Caparica face à pressão natural que sofreu recentemente pela atuação do furacão Erin e às pressões antrópicas associadas a dois meses de época balnear?" Para responder à questão de investigação, delinearam-se os seguintes objetivos:

- Monitorizar o cordão dunar da praia de S. João da Caparica, através da implementação de *checklists* pré-existentes.
- Desenvolver uma *checklist* totalmente aplicada à área de estudo e a outras com características semelhantes, identificadas no Plano de Orla Costeira (POC) Alcobaça - Cabo Espichel (ACE), nomeadamente no concelho de Almada.

Efetivamente, a criação de uma *checklist* totalmente aplicada à área de estudo permite uma monitorização mais adequada e fidedigna da mesma, possibilitando, ainda, a implementação da ferramenta em diferentes alturas do ano, para acompanhar a evolução e desenvolver estratégias de melhoria. Para além disso, tem-se que, por vezes, os critérios de monitorização

incluem elementos que não são adequados ou nunca estão presentes na área de estudo (e.g. equitação), o que acaba por enviesar os resultados.

1.3 Estrutura da Dissertação

Esta Dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos, como se mostra na Figura 1:

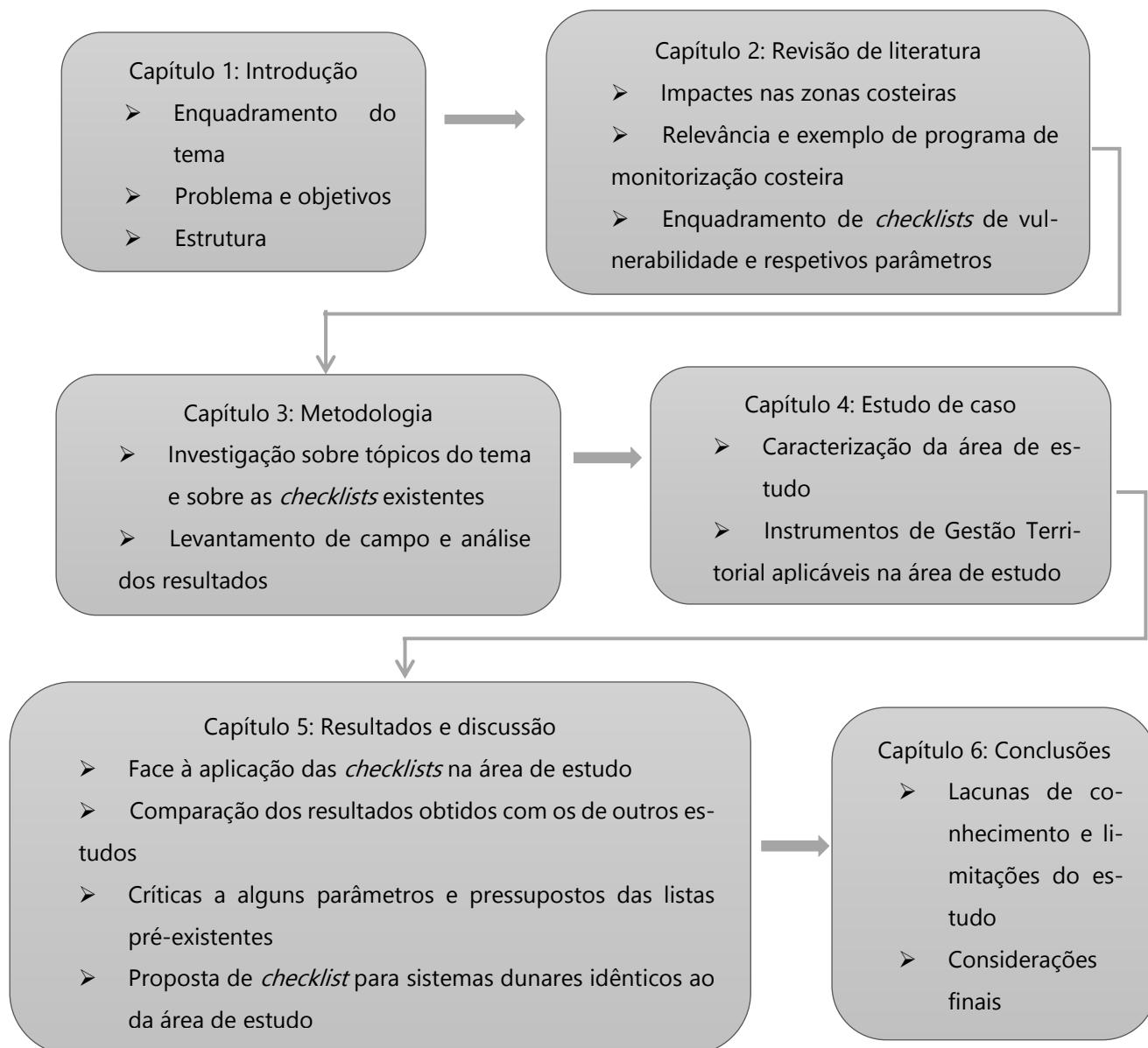


Figura 1: Estrutura da Dissertação

REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Estrutura e morfologia dos sistemas dunares

A formação das dunas costeiras dá-se pela interação entre diversos fatores modeladores, como o perfil do litoral, a direção e intensidade dos ventos, a presença de obstáculos, como a vegetação, e a disponibilidade sedimentar (Rato, 2017). As dunas começam a desenvolver-se a partir da areia depositada na berma da praia, que, depois de seca, é transportada para o interior, acumulando-se sob a forma de dunas embrionárias, após a interceção da areia com a estrutura aérea da vegetação pioneira (de Seoane et al., 2007). Ao longo do perfil dunar, as zonas interdunares são depressões existentes entre as dunas, com percentagem de humidade mais elevada, por se encontrarem próximas ou abaixo do nível freático (de Seoane et al., 2007).

A duna primária, ou duna branca, localiza-se após a duna embrionária, sendo mais antiga e alta do que a que lhe antecede (de Seoane et al., 2007). No entanto, ainda continua a interagir diretamente com a praia, podendo manter-se estável ou transgredir para o interior, já que pode diminuir, aumentar, ou manter o seu saldo sedimentar (Rato, 2017).

A duna secundária, ou cinzenta, não efetua intercâmbio sedimentar direto com a praia, localizando-se mais para o interior (Rato, 2017). Pode, porém, migrar em direção a terra a partir do cordão dunar primário, dizendo-se, assim, que a mesma é ativa, ou apresentar um coberto vegetal diversificado e bem desenvolvido, que a mantenha imóvel, dizendo-se que, nessa situação, a duna se encontra estabilizada (Rato, 2017).

Atrás da duna secundária pode-se encontrar uma duna terciária, ou duna verde, mais protegida do vento e já sem qualquer influência marítima, onde pode surgir algum coberto arbóreo, como o pinheiro manso (de Seoane et al., 2007).

2.2. Impactos nas zonas costeiras

2.2.1. Impactos resultantes de atividades humanas

Diversas atividades humanas, como a construção de albufeiras, hidroelétricas ou de regularização, que retêm sedimentos no seu fundo, contribuem para o déficit sedimentar nas zonas costeiras (Ferreira et al., 2021), o que pode levar à degradação de sistemas dunares ou mesmo ao desaparecimento de praias, e, conseqüentemente, ao agravamento de riscos costeiros (do Carmo, 2019). Para além disso, a construção de quebra-mares e/ou outras obras de defesa costeira pode efetivamente contribuir para a acumulação de areia a montante da infraestrutura, mas a jusante da mesma a erosão da praia pode continuar (Lozano et al., 2020). O estabelecimento de campos desportivos e parques de campismo (Lozano et al., 2020) nos arredores ou dentro das praias, constitui outro exemplo de como a expansão das atividades antrópicas pode perturbar o equilíbrio destes sistemas biofísicos.

Todavia, tem-se constatado que a proteção da costa tem sido efetuada de uma forma muito mais reativa, ou seja, de forma a remediar os estragos resultantes dos eventos perigosos, aliviando os seus “sintomas”, do que proativa, isto é, no sentido da prevenção de riscos (do Carmo, 2019). A prevenção pode ser efetuada diminuindo a exposição de pessoas e bens, nomeadamente através da implementação de instrumentos e medidas de ordenamento e gestão do território, que condicionam ou interditam certos usos e ocupação do solo, face às características geomorfológicas, geológicas e ecológicas do território em causa (Marinho et al., 2019). A Reserva Ecológica Nacional (REN), por exemplo, é uma carta de condicionantes cujo principal objetivo é a prevenção de riscos. No entanto, apesar de, na Europa, esta legislação, relativa à correta gestão dos territórios, e, em particular, das orlas costeiras, ser bastante completa, existe a dificuldade de conciliação entre a segurança de pessoas e bens com os benefícios oferecidos pelos recursos dos ecossistemas, tornando a prevenção de riscos verdadeiramente complexa (Marinho et al., 2019). De salientar que a mitigação das AC constitui a forma mais eficaz de prevenção da ocorrência de riscos costeiros e de proteção da costa, visto que se trata de um conjunto de intervenções humanas que visa reduzir as fontes e/ou potenciar os sumidouros de gases com efeito de estufa (Chorincas, 2021).

Em Portugal, entre 1995 e 2014, foram gastos cerca de 196 milhões de euros (M €) em despesas públicas destinadas à construção de equipamentos pesados para proteção reativa

da costa contra o risco de inundações e erosão. Para além disso, a reparação dos danos causados pelos severos temporais que ocorreram entre janeiro e março de 2014 tiveram um custo de cerca de 23 M € (Marinho et al., 2019). Neste sentido, as infraestruturas verdes, como a regeneração de sistemas dunares, nomeadamente através da plantação de vegetação nativa, merecem especial destaque, pois não só se apresentam como abordagens de custo reduzido (Freitas et al., 2015), como podem também aumentar a proteção contra a erosão e favorecer a sedimentação, bem como reduzir o risco de inundações (Vinagre, 2019). Para além disso, são soluções inovadoras e leves de proteção da costa, que podem ajudar a colmatar alguns problemas dos esporões e quebramares (EPA, 2024). Efetivamente, as soluções baseadas na Natureza (SBN) são adaptáveis às necessidades e de fácil manutenção (Freitas et al., 2015), ao contrário das obras tradicionais, infraestruturas de caráter permanente com custos de manutenção a longo prazo, e cujos efeitos secundários se poderão sentir ao longo da sua vida útil, com consequências parcialmente difíceis de prever.

2.2.2. Impactos resultantes das Alterações Climáticas (AC)

Os principais efeitos exercidos pelas AC nas zonas costeiras incluem: o aumento do nível médio da água do mar, que pode contribuir para as inundações e a salinização de aquíferos, entre outros; a alteração dos regimes de ondas e vento, que contribuem, respetivamente, para o agravamento da força das correntes e da altura e direção das ondas, bem como para o galgamento e erosão; o aumento da ocorrência de tempestades severas, podendo levar à destruição de infraestruturas de defesa, sendo agravados todos os impactos mencionados (Ferreira et al., 2021). Para além disto, ainda há a destacar que as mudanças climáticas podem, ainda, contribuir para a alteração da composição química da água, bem como para o aumento da temperatura superficial do oceano, e, conseqüentemente, à perturbação dos habitats ou a alterações na estratificação térmica da coluna de água (Ferreira et al., 2021).

Por exemplo, o risco de perda de biodiversidade nos ecossistemas costeiros variará entre moderado e muito elevado para um nível de aquecimento global de 1,5°C (IPCC, 2022). Será também moderado a muito alto considerando um aumento de 2°C na temperatura média global, mas com mais sistemas em situação de risco elevado ou muito elevado, cenários estes com alto grau de confiança. Para um cenário de aumento de 3°C, este risco aumenta de alto para muito alto em muitos deles, com um grau de confiança médio a elevado, dependendo do ecossistema (IPCC, 2022).

2.3. Monitorização costeira

2.3.1. Definição e importância

A monitorização costeira visa a conservação dos recursos do litoral (Botero et al., 2015) e a determinação do seu estado biofísico e/ou qualidade (Borja et al., 2024) química. Efetivamente, este processo pode ser relevante para a definição ou ajustamento de prioridades de gestão ou de restauro de sistemas costeiros, sendo essencial para a avaliação do grau de cumprimento dos objetivos específicos para um determinado ecossistema, face ao seu estado biofísico (Bergin, 2014).

Diversos estudos têm constatado o papel fundamental da monitorização no reforço do conhecimento científico sobre a gestão de riscos costeiros e na melhoria das ferramentas necessárias para a redução da vulnerabilidade destes territórios e das suas comunidades (Buitrago et al., 2020). Assim, a monitorização é essencial para a Sustentabilidade dos ecossistemas, a médio e longo prazo. Importa, porém, salientar que a frequência da monitorização de um dado sistema deve ter em conta as suas características e as das suas vizinhanças e fatores forçadores, tanto naturais como humanos, com os quais interage (Buitrago et al., 2020).

2.3.2. Exemplo

O Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental – COSMO - consistiu na recolha, processamento e análise de informação acerca da evolução do estado de praias, dunas, fundos submarinos próximos e arribas ao longo da faixa costeira de Portugal Continental (Pinto et al., 2021). O mesmo foi criado e desenvolvido pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) entre 2018 e 2021, tendo sido cofinanciado pelo POSEUR – Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (Pinto et al., 2021), no âmbito do Aviso - Convite POSEUR-09-2015-25 referente à “Proteção do Litoral - ações materiais e ações que visam a produção de conhecimento, gestão da informação e monitorização” (APA, 2025a), tendo tido um custo total de cerca de 3 500 000 € durante o referido tempo de implementação (Pinto et al., 2021).

O programa concerne numa visão holística e integrada da monitorização costeira, procedendo à aquisição sistemática e com padrões de recolha, processamento e análise idênticos e normalizados para a totalidade da orla costeira nacional (APA, 2025a). As tarefas de

monitorização efetuadas no âmbito do programa acima citado incluíram o traçado dos perfis transversais totais e emersos da praia, bem como a realização de levantamentos topográficos e hidrográficos, envolvendo meios terrestres e aéreos, ao longo de vários locais previamente seleccionados da faixa costeira do território continental, designadamente nas áreas mais vulneráveis e com maior exposição de pessoas e bens a situações de risco (APA, 2025a; Pinto et al., 2021). Os produtos gerados consistiram, respetivamente, em ficheiros de pontos e em modelos digitais de elevação, e permitiram a obtenção de diferentes indicadores de diagnóstico do estado da faixa costeira, nomeadamente a posição da linha de costa, mas também a área, a altura, e, conseqüentemente, o seu volume (Pinto et al., 2021). Os mesmos, após a sua análise e comparação, permitiram o cálculo de balanços sedimentares, de taxas de evolução da linha de costa e das alterações morfológicas no perfil de praia e fundos próximos (i. e. batimetria) (Pinto et al., 2021).

Efetivamente, os resultados obtidos contribuíram para a otimização da gestão costeira, assente na tomada de decisão informada e atempada baseada em evidências, sendo particularmente relevantes:

- Na caracterização da situação atual e na estimativa da tendência evolutiva de litorais arenosos e de arribas (APA, 2025a), bem como no aumento da capacidade de projeção de cenários futuros;
- Na compreensão dos impactos das alterações climáticas sobre a faixa costeira, através da definição das estratégias de adaptação (APA, 2025a) mais adequadas face ao território em causa;
- No estabelecimento de diretrizes para o ordenamento a médio e longo prazo (APA, 2025a);
- Na avaliação dos efeitos/impactos das intervenções de proteção/defesa já realizadas e respetivo grau de sucesso, bem como na programação e definição de novas ações futuras (Pinto et al., 2021);
- Na potencialização do controlo de situações de risco, como a erosão, os galgamentos, a instabilidade de arribas, ou danos nas estruturas cinzentas (APA, 2025a).
- Na calibração e validação de modelos físicos e matemáticos de simulação da resiliência do sistema face às múltiplas pressões que sobre ele atuam) (Pinto et al., 2021).

2.4. Estratégias de adaptação costeira

Tendo em conta os cenários do IPCC de subida do nível médio das águas do mar para 2100, é essencial tomar medidas de gestão costeira que incluam a adaptação (Figura 2) eficiente dos territórios e das comunidades (Pinto, 2020). Entre estas estratégias, destacam-se o recuo planeado, a acomodação, a proteção da costa e a retirada das pessoas e bens das zonas de maior risco (Pinto, 2020).

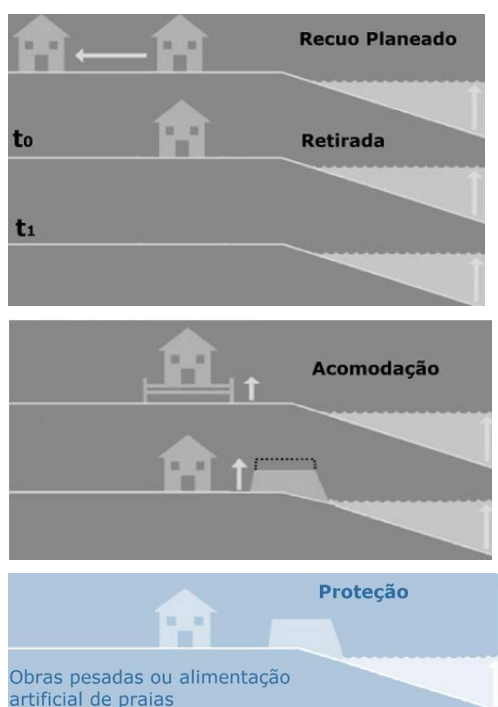


Figura 2: Estratégias de proteção da costa contra o avanço do nível médio do mar. Fonte: Pinto (2020).

A estratégia de recuo consiste na migração de infraestruturas e/ou ecossistemas para o interior da costa, tornando-os menos vulneráveis aos riscos de erosão, inundações, ou submersão, através da diminuição da sua exposição a galgamentos (Chorincas, 2021).

A acomodação pressupõe que sejam efetuadas alterações da atividade humana nas zonas costeiras, bem como a incorporação de ajustamentos flexíveis nas infraestruturas. Os mesmos podem corresponder à construção de pontes ou estacas, à adaptação dos sistemas de drenagem, à criação de sistemas de alerta e abrigos para situações de inundações ou eventos extremos, à criação de novos códigos de construção, à criação de seguros baseados no risco e à utilização de culturas agrícolas mais tolerantes à salinidade (Chorincas, 2021).

A proteção consiste no empenho para preservar a linha de costa e continuar a utilizar zonas vulneráveis. Dedicarmo-nos e concretizarmos a construção e/ou alimentação de praias, construção de dunas artificiais, reconstrução de dunas, restauro de ecossistemas, criação de zonas húmidas, ou a edificação de estruturas resistentes. As ditas estruturas podem ser diques, paredões, esporões, quebra-mares e barreiras contra a intrusão salina (Chorincas, 2021). Todavia, esta estratégia pode, ainda, contemplar o uso simultâneo das infraestruturas verdes e das infraestruturas cinzentas, dado que as abordagens híbridas têm mostrado grande potencial para aumentar a resiliência em diversos territórios onde já são conciliadas (Hamin et al., 2018).

Finalmente, a retirada das infraestruturas ameaçadas é uma política extrema, que só se aplica quando se esgotaram todas as outras alternativas, ou quando as mesmas já não são viáveis (Santos et al., 2014). O estabelecimento de restrições ao uso do solo e de zonas tampão são medidas mais leves utilizadas no âmbito da realocação (Chorincas, 2021).

2.5. Projeto ReDuna

O Projeto ReDuna (Recuperação e Restauro Ecológico do sistema Dunar de S. João da Caparica) é uma iniciativa desenvolvida pela Câmara Municipal de Almada, em colaboração com a APA (Freitas et al., 2015). Iniciou-se em 2015, no âmbito do programa operacional temático de valorização do Território, e foi totalmente cofinanciado pelo Fundo de Coesão (CMA, 2015). Entre os objetivos, destacam-se, entre outros, o aumento da capacidade das dunas para reter as areias, preparando-as para os impactes dos agentes erosivos, bem como o restabelecimento do equilíbrio do sistema praia-duna (Freitas et al., 2015), sendo promovida a resiliência territorial e a redução dos riscos de galgamento, mas também a melhoria da qualidade ambiental das praias (Silva, 2023).

Assim, através da implementação de soluções de base natural, visou-se a promoção da biodiversidade (Silva, 2023). Como tal, para cumprir os objetivos colocaram-se paliçadas de vime, foram plantadas espécies nativas, que fixam os sedimentos, efetuou-se o controlo do pisoteio, através da informação dos utilizadores e do ordenamento dos caminhos de acesso à praia, bem como a monitorização da evolução do restauro (Freitas et al., 2015).

2.6. Enquadramento de *checklists* de vulnerabilidade

As listas de controlo (*checklists*) permitem uma organização estruturada de diferentes tipos de dados, face ao objetivo pelo qual são usadas, facilitando a análise comparativa dos mesmos no tempo e no espaço (Williams et al., 2011). Os resultados destas listas podem contribuir para a tomada de decisão de medidas que visem o planeamento e ordenamento sustentáveis do território (Pereira & Laranjeira, 2002).

Para além disso, a versatilidade destas ferramentas permite a sua utilização para fins como a avaliação de impactes ambientais, como constatado por Wathern et al. (1984); Wathern (1988) e Barrow (1997), a avaliação da qualidade cénica de zonas ribeirinhas, efetuada por Leopold (1969), o estudo da estabilidade de vertentes, desenvolvido por Cooke & Doornkamp (1990), ou a avaliação de riscos costeiros (Pereira & Laranjeira, 2002). De facto, o uso de *checklists* como método de avaliação da vulnerabilidade de sistemas litorais tornou-se mais amplo e popular a partir da década de 1990 (Lozano et al, 2020), por serem ferramentas completas, fiáveis e de utilização e compreensão relativamente simples por parte de profissionais de diferentes áreas e pessoas não especialistas (Lithgow et al, 2015; Bella et al., 2024). Permitem a recolha, no próprio local, dos próprios dados por parte dos investigadores, em cenários onde, muitas vezes, a disponibilidade de informação socioeconómica, geomorfológica ou das condições ecológicas do local é limitada (Lithgow et al, 2015; Bella et al., 2024).

Na análise da vulnerabilidade de sistemas dunares, podem ser usadas listas de controlo originais (*root checklists*), ou secundárias (*daughter checklists*), que fornecem uma avaliação alternativa das condições dunares, como é o caso das *checklists* resiliência e GAVAM (Williams et al., 2001).

2.6.1 *Checklist* resiliência

A *checklist* de resiliência permite avaliar a sensibilidade e resiliência de sistemas dunares, focando-se a) na relação entre o nível de pressão desencadeado por cada uso e o limiar de resiliência da duna frontal, face à sua capacidade de carga; b) na identificação direta dos componentes mais vulneráveis do sistema e c) nos reajustamentos necessários a efetuar na gestão, para prevenir e minimizar impactos (Pereira et al., 2000).

A capacidade de carga, que é importante ser considerada na gestão de sistemas biofísicos, expressa uma intensidade de uso e estabelece um grau de desenvolvimento das atividades

que um ecossistema pode suportar, sem que ocorra uma degradação irreversível do mesmo (Pereira et al., 2000; Pereira & Laranjeira, 2002). A capacidade de resiliência, por sua vez, considera a tendência de evolução dos sistemas biofísicos, avaliando os efeitos que os diferentes usos têm sobre essa tendência. Portanto, o limiar de resiliência corresponde ao patamar crítico a partir do qual o sistema se encontra irreversivelmente degradado, não sendo capaz de se autossustentar (Pereira et al., 2000; Pereira & Laranjeira, 2002). Ou seja, estando os conceitos relacionados, poder-se-á afirmar que, quando a capacidade de carga é excedida, também o limiar de resiliência é ultrapassado (da Silva, 2014). O valor da capacidade de carga para determinada praia está tabelado no Relatório do Programa de Orla Costeira (POC) da respectiva área de região hidrográfica (ARH) a que pertence (da Silva, 2012; Barroso et al., 2018). Assim, para a praia de São João da Caparica, o valor da capacidade de carga, em 2018, que consta no POC de Alcobaça-Cabo Espichel é 5768 utentes para uma área de utilização balnear de 57679 m² (Barroso et al., 2018). O cálculo que é feito da capacidade de carga tem em conta fatores como o conforto e distâncias, considerados a 250 metros do ponto de acesso à praia e a menos de 40 m da linha de água, mas também o estacionamento/modo de transporte usado pelos utentes (Álvares, 2021).

A duna frontal corresponde a um conjunto crista-vale paralelo à costa, que geralmente se encontra no princípio do perfil dunar, encontrando-se mais perto do oceano (Hesp, 2002), estando, portanto, mais exposta à ação erosiva das ondas (Cohn & Anderson, 2025). É constituída por areia solta, cuja fixação se encontra dependente da vegetação (Cohn & Anderson, 2025), que pode ficar danificada por contributo das atividades humanas, mesmo as de baixa intensidade, como o pisoteio, e levar anos a recuperar sendo, nessas situações, baixa a capacidade de autorregulação da duna frontal (Ferreira & Laranjeira, 2000).

Primeiramente aplicada em sistemas dunares do sul do país de Gales e do oeste da Grã-Bretanha por Boderé et al. (1991; 1994) e Williams et al. (1993) (Pereira & Laranjeira, 2002), a *checklist* de resiliência foi sofrendo ajustes em alguns dos seus parâmetros, permitindo-lhe ser adaptada para o estudo de um conjunto mais amplo de sistemas dunares (Pereira et al., 2000). Posto isto, no âmbito do projeto *Dynamics and Integrated Management Methods for Coastal Dune Ecosystems*, ocorrido entre 1996 e 1998, através da rede temática ELOISE (*European Land Ocean Interaction Studies Environment*), foi avaliada a vulnerabilidade de 35 sistemas dunares na costa atlântica oeste de Portugal (Pereira et al., 2000). O referido projeto foi coordenado pela Universidade de Bath, em parceria com a Unidade de Ciências e Tecnologia dos Recursos Aquáticos da Universidade do Algarve e o Centro de Estudos Geográficos, pela Universidade de Lisboa (Pereira & Laranjeira, 2002).

2.6.2 Checklist GAVAM

A *checklist* GAVAM visa a determinação de um índice de vulnerabilidade dunar (IVD) que permite classificar a resposta do sistema às mudanças que pode sofrer, identificando as principais fontes de eventual vulnerabilidade (De Muro et al., 2011). A mesma sintetiza a condição do sistema dunar de acordo com níveis de resiliência geomorfológica e ecológica (da vegetação), face à influência de fatores eólicos, marinhos e antrópicos (De Muro et al., 2011).

O historial de aplicação do IVD calculado com recurso a esta *checklist* remonta ao projeto *Integrated management methods: Monitoring Environmental Change in the coastal dune ecosystems* (De Muro et al., 2011). O mesmo foi desenvolvido pela Universidade de Glamorgan, no Reino Unido, em parceria com a Universidade do Algarve, com a Universidade técnica nacional de Atenas (Grécia), a Universidade de Sevilha (Espanha) e a Universidade da Bretanha Ocidental, na França (CORDIS, 1998a). Os seus principais objetivos incluíram o desenvolvimento de uma *checklist* integrada para a gestão de diversos sistemas dunares no Noroeste e sul da Europa, tendo-se averiguado como a atividade humana afeta a vegetação dunar e a vulnerabilidade, a fim de avaliar a eficácia das medidas de gestão (CORDIS, 1998a) mais comumente aplicadas. Neste projeto, a *checklist* GAVAM permitiu identificar e resolver os problemas dos sistemas dunares em causa, tendo, porém, sido feitas algumas alterações em alguns componentes envolvidos no cálculo do IVD para cada região, tendo, com isso, sido possível efetuar comparações dos resultados aos níveis intra e extrarregional (CORDIS, 1998a). Também foi desenvolvido como parte da rede temática ELOISE (De Muro et al., 2011).

2.6.3 A importância da rede temática ELOISE

A ELOISE constituiu uma iniciativa de investigação costeira co-financiada pela Comissão Europeia (CE) ao abrigo dos programas de investigação Ambiente e Clima, Ciência e Tecnologia Marinhas (MAST) e Cooperação Internacional (INCO) (CORDIS, 1998b). No âmbito da mesma, foram desenvolvidos mais de 60 projetos (Pacyna et al., 2005) centrados nas questões fundamentais do funcionamento da interação terra-oceano e do modo como a mesma é influenciada pelas atividades humanas (Murray et al., 2003), fornecendo uma abordagem estratégica e holística para a gestão da utilização e desenvolvimento sustentáveis dos recursos das zonas costeiras (Pacyna et al., 2005).

2.7 Parâmetros e variáveis específicos das *checklists*

2.7.1 *Checklist* resiliência principal (*Root checklist*)

Inicialmente, esta lista avaliava 54 parâmetros, incluídos em cinco categorias, identificadas por Williams et al. (1994) e Davies et al. (1995) na sua aplicação a sistemas dunares em Portugal e Espanha, após modificação de 10% dos parâmetros e a adição de 5% de novos critérios face á original, que tinha sido primeiramente aplicada ao Norte da Europa (Williams et al., 1994). Posteriormente, Williams et al. (2001) acrescentaram mais uma categoria de análise, passando a *checklist* a avaliar 6 categorias e 65 parâmetros, ficando (Becker, 2014):

- Morfologia do local e da duna (8 parâmetros)
- Condição da praia (9 parâmetros)
- Caráter superficial dos 200 metros em relação ao mar (*Surface character of the seaward 200m*) (12 parâmetros)
- Pressão de uso (14 parâmetros)
- Vegetação (11 parâmetros)
- **Medidas de proteção (11 parâmetros)

**Segundo Williams et al. (1994), e como também se pode constatar em Ferreira & Laranjeira (2000), a avaliação das "Medidas de proteção" deve ter em conta, não só a existência ou ausência das mesmas, mas principalmente a sua eficácia, dado que, como também mencionado em Williams et al. (1994), não basta que existam, por hipótese, caminhos ordenados para a passagem de pessoas nas praias, é necessário que os mesmos sejam respeitados, para que a medida possa de facto contribuir para a redução da vulnerabilidade do sistema.

A cada parâmetro é atribuída uma pontuação de 0 a 4, em que 0 indica que o parâmetro não influencia a vulnerabilidade do sistema, e uma pontuação de 4 significa que a contribuição do parâmetro para a vulnerabilidade é máxima (Williams et al., 2001).

Para cada categoria de análise, são somadas as pontuações atribuídas às variáveis, sendo depois calculado o somatório dos resultados obtidos das cinco primeiras categorias, que será convertido em percentagem pela razão entre o mesmo e a soma da máxima pontuação total possível, estabelecendo essa percentagem o índice de vulnerabilidade (IV) para o local estudado (Davies et al., 1995). O mesmo pode ser determinado graficamente pela área do polígono cujos eixos correspondem às secções a) a e), sendo maior a vulnerabilidade quanto maior for a área do gráfico (Davies et al., 1995; Williams et al., 2001). Os onze parâmetros da secção das medidas de proteção são também somados e convertidos em percentagem, dando origem ao

índice de medidas de proteção (IPM). O IPM surge representado por um círculo, colocado sobre o gráfico do IV, sendo que, quanto menor for o tamanho do círculo, menos eficazes se mostram as medidas de proteção aplicadas no local estudado (Davies et al., 1995; Williams et al., 2001).

A razão entre IV e IPM fornece uma percepção sobre o estado de equilíbrio entre a vulnerabilidade e a resposta da gestão para a contrariar, estando o sistema equilibrado se o seu valor se enquadrar entre 0,8 e 1,3 (Laranjeira et al., 1999); $IV/IPM < 0,8$ corresponde a um sistema num “equilíbrio positivo” ou a evoluir nesse sentido, enquanto que $IV/IPM > 1,3$ representará um sistema num “equilíbrio negativo” ou a caminhar para tal (Davies et al., 1995; Williams et al., 2001).

2.7.2. Checklist secundária (*Resilience daughter checklist*)

Na avaliação da sensibilidade da duna frontal segundo esta *checklist*, são consideradas cinco categorias de vulnerabilidade biofísica, que se apresentam a seguir, juntamente com as respetivas variáveis (Pereira & Laranjeira, 2002; da Silva, 2014):

- Erosão dunar (ED): avalia a área ocupada pelas dunas face ao sistema praia-duna, mas também a erosão por ação marinha, onde se incluem os galgamentos oceânicos recentes, as brechas ativas e a arriba talhada em duna e respetiva altura em relação à altura das dunas, bem como a erosão que ocorre por ação do vento e do homem, que inclui os *blowouts* ativos e a areia soprada para o interior da praia;
- Alimentação em areia (AA): percentagem do sistema dunar com dunas embrionárias e colmatação de *blowouts*, brechas e galgamentos oceânicos com as dunas embrionárias;
- Fixação dos sedimentos pela vegetação (FV): taxa não vegetada do sistema, taxa de cobertura da frente dunar e estado de danificação das plantas;
- Pressão de uso (PU): densidade e profundidade dos caminhos de acesso à praia, viaturas motorizadas e equitação na duna primária, parques de campismo, construção, extração de inertes, atividades relacionadas com a pesca, e ocupação da duna primária com campos desportivos.
- Ordenamento e gestão (OG), dividindo-se em medidas gerais, que englobam o ordenamento dos caminhos de acesso, os painéis de informação e a vigilância de

viaturas, da equitação, da construção e da extração de inertes, bem como das atividades relacionadas com a pesca, e medidas específicas, como as armadilhas de areia, a plantação de vegetação nas áreas com dunas móveis, a alimentação artificial do sistema dunar ou da praia, a restrição dos acessos, e a eficácia das obras costeiras.

Nesta *checklist*, as variáveis são pontuadas de 0 a 2, em que o nível 0 pode representar, mediante a natureza de um certo parâmetro, a sua ausência ou presença numa percentagem do sistema que se considerou que não afetaria a vulnerabilidade do mesmo; analogamente, o nível 2 poderá corresponder à ausência ou presença de determinada variável numa percentagem que se considerou que contribuiria para uma vulnerabilidade dunar máxima (Pereira et al., 2000). Para uma melhor perceção sobre o significado prático de cada nível de vulnerabilidade segundo esta *checklist*, é apresentada, na Tabela 1, uma breve descrição de cada um deles.

Tabela 1: Definição dos níveis de vulnerabilidade atribuídos às variáveis. Fonte: Adaptado de Pereira et al. (2000); Pereira & Laranjeira (2002); e de CMA (2014)

Nível de vulnerabilidade	Estado de vulnerabilidade	Descrição
0	Baixa sensibilidade e nível de resiliência não ultrapassado	O nível de transformação do sistema não afeta a sua resiliência e autorregulação. Maior pressão pode ser suportada se forem reforçadas as medidas gerais de gestão e ordenamento.
1	Sensibilidade variável ou média e sobre o limiar de resiliência	O sistema apresenta sinais de degradação localizada, que, porém, não comprometem a sua capacidade de autorregulação. É necessária uma parcial restrição a uma maior pressão de uso, devendo ser aplicadas medidas de ordenamento mais específicas.
2	Elevada sensibilidade e ultrapassado o nível de resiliência	Observados danos severos persistentes e generalizados no sistema, bem como a ausência de quaisquer evidências de autorregulação. É necessária restrição total a maiores pressões de uso e a implementação de medidas restritivas de ordenamento.

A pontuação total para cada descritor de vulnerabilidade é calculada pela soma de todos os valores efetivamente atribuídos às suas variáveis, que é convertido em percentagem através da ponderação entre o mesmo e o valor máximo possível de obter caso tivesse sido atribuída

a pontuação máxima a todas as variáveis (Câmara Municipal de Almada, 2014; Pereira et al., 2000). Por exemplo, num descritor com seis variáveis, se todas entrarem no somatório, o que acontecerá se nas observações de campo se confirmar a aplicabilidade das seis à área de estudo específica considerada, a vulnerabilidade mínima possível é 0, correspondendo a 0%, se a todas for atribuída essa pontuação, e a máxima possível é 12, correspondendo a 100%, se a todas for atribuído o nível 2 (Pereira et al., 2000). Assim, se o somatório da componente, for, por hipótese, 8, pela aplicação da Equação 1, tem-se que a sua vulnerabilidade corresponderá a $(8 / 12) \times 100 = 66\%$. Como tal, aplicando este raciocínio a todos os grupos de análise, tem-se que a vulnerabilidade total do sistema dunar, segundo esta *checklist*, corresponderá à média aritmética dos valores obtidos para os cinco grupos de variáveis (Santos & Ferreira, 2024).

$$Vulnerab \text{ (por descritor)} = \frac{\text{somatório dos valores atribuídos às variáveis}}{\text{somatório total máximo possível}} \times 100$$

Equação 1: Determinação da vulnerabilidade dunar, para cada secção de variáveis analisada na *checklist*. Fonte: Adaptado de Laranjeira et al. (1999) e de Pereira et al. (2000)

O índice de vulnerabilidade resultante da média aritmética da percentagem dos cinco descritores de vulnerabilidade permite classificar a praia segundo um dos seguintes estados de vulnerabilidade (Santos & Ferreira, 2024):

- Grupo I: dunas com $IVD < 30\%$ corresponderão a sistemas com baixa vulnerabilidade;
- Grupo II: dunas com $30\% < IVD < 45\%$ serão sistemas com vulnerabilidade baixa a média;
- Grupo III: dunas com $45\% < IVD < 60\%$ serão sistemas com vulnerabilidade média a alta;
- Grupo IV: dunas com $IVD > 60\%$ corresponderão a sistemas com vulnerabilidade alta.

Esta lista de controlo avalia, ainda, alguns fatores externos às dunas frontais que podem agravar o seu estado de vulnerabilidade e contribuir para efeitos adversos sobre as mesmas, quer aos níveis biofísico e ecológico, quer a nível socioeconómico, constituindo fatores de risco acrescido (Laranjeira et al., 1999; Câmara Municipal de Almada, 2014; Pereira et al., 2000). Os mesmos encontram-se indicados e descritos na Tabela 2. O cálculo dos fatores de risco é realizado de forma semelhante ao dos restantes descritores de vulnerabilidade (Pereira et al.,

2000; Pereira & Laranjeira, 2002), mas estes não entram no cálculo do índice de vulnerabilidade final.

Tabela 2: Fatores de vulnerabilidade externos ao sistema, que a *checklist* resiliência secundária permite estudar. Fonte: Adaptado de Pereira et al. (2000); Ferreira & Laranjeira (2000); e CMA (2014).

Fatores de risco amplificadores de vulnerabilidade	Descrição
Obstáculos à dinâmica transgressiva livre	Grau com que os usos do solo mais recentes da faixa marginal, cuja largura depende da taxa de recuo da linha de costa, limitam a movimentação das dunas para o interior. A capacidade natural de adaptação do sistema pode ficar condicionada, o que pode comprometer a sua resiliência.
Atratividade recreativa e turística	Grau com que a degradação se pode intensificar como resultado da pressão exercida pelos visitantes e turistas.

As vulnerabilidades de cada descritor podem ser expressas graficamente num gráfico de barras, que corresponde à importância relativa de cada grupo de variáveis para um grau médio de vulnerabilidade do sistema (Laranjeira et al., 1999), sendo a vulnerabilidade média representada por uma reta horizontal sobreposta (Câmara Municipal de Almada, 2014). Os fatores externos são, semelhantemente, estabelecidos por retas perpendiculares ao eixo da percentagem de vulnerabilidade, e que são paralelas ao eixo das secções de variáveis, que se encontra na horizontal (Laranjeira et al., 1999; Câmara Municipal de Almada, 2014). As mesmas podem ser comparadas com o grau de vulnerabilidade média atual, o que permite avaliar estes fatores forçadores, bem como as tendências de evolução futura para a área costeira estudada (Laranjeira et al., 1999; Câmara Municipal de Almada, 2014). Contudo, o resultado do IVD pode, em alternativa, ser apresentado num gráfico em aranha com cinco eixos, correspondendo cada um deles a uma categoria de análise (Santos & Ferreira, 2024).

2.7.3 Checklist GAVAM

Segundo Mora et al. (2001) e Williams et al. (2001), os grupos de variáveis que a *checklist* GAVAM permite estudar incluem:

- Condição geomorfológica (CGM) (8 parâmetros)
- Influência eólica (IE) (9 parâmetros)
- Resiliência da vegetação (RV) (10 parâmetros)
- Fatores humanos (FH) (17 parâmetros)
- Influência marinha (IM) (8 parâmetros)

A condição geomorfológica avalia, nomeadamente, o comprimento, largura e extensão do sistema dunar, assim como o tamanho, espessura e cor dos sedimentos, permitindo tirar ilações quanto à idade do sistema e dinâmicas sedimentares, o que é importante dado que a deflação potencial é maior para sedimentos mais finos, para além do facto de que depósitos mais recentes são mais claros do que os mais antigos (Williams et al., 2001).

Os fatores eólicos influenciam o desenvolvimento das dunas embrionárias, afetando a sua forma e volume. Esta influência dá-se, por um lado, devido ao fornecimento de areia, que depende da quantidade de sedimentos de tamanho adequado e da rugosidade da superfície; e, por outro lado, pelo seu eventual contributo na formação de *blowouts* no sistema, constituindo a percentagem dos mesmos uma das variáveis que deve ser estudada (Mora et al., 2001). De facto, a presença de seixos, calhaus ou outros sedimentos maiores que as areias num ecossistema arenoso aumenta a rugosidade da superfície de deposição e dificulta a deflação das areias que se encontram em baixo dos mesmos, diminuindo o transporte para as dunas (Mora et al., 2001).

A vegetação pode ser agrupada em três tipos, que servem como indicadores do estado de vulnerabilidade ou de conservação dos sistemas dunares (Silva et al., 2004):

- Grupo funcional 1: inclui plantas pequenas, nomeadamente algumas dos géneros *Malva*, *Medicago* e *Carduus*, que apesar de serem espécies dunares, uma elevada cobertura em dunas primárias pode estar associada a algum grau de perturbação das mesmas;
- Grupo funcional II: corresponde a espécies com sistemas radiculares ramificados e estruturas foliares adaptadas ao *stress* dos ambientes costeiros, sendo que algumas das espécies invasoras mais comuns, como as do género *Carpobrotus* e do género *Acacia*, agrupam-se neste tipo, conseguindo prosperar nestes ambientes;
- Grupo funcional III: espécies que podem ser dispersas pela água do mar e que são resistentes ao soterramento; *Elymus farctus* e *Ammophila arenaria*, entre outras, pertencem a este tipo e são espécies estruturantes, respetivamente, das dunas embrionária e primária, estando a sua riqueza geralmente correlacionada com parâmetros de qualidade ambiental.

Ainda há a acrescentar que a vegetação pode ser natural ou sinantrópica, ou seja, vegetação que se propaga devido à influência humana, seja como resultado de atividades agrícolas

na vizinhança do sistema, seja por ter sido plantada intencionalmente (Silva et al., 2004), como aconteceu com *Acacia longifolia*, ou pelo espalhamento, por exemplo através do pisoteio da duna, de sementes e esporos, trazidos de outros locais. Efetivamente, apesar de em alguns grupos funcionais haver tanto vegetação natural como sinantrópica, uma maior cobertura destas espécies, onde se incluem as exóticas, geralmente ocorre em praias mais frequentadas, especialmente nas zonas dos caminhos de acesso e nas áreas onde os apoios de praia desencadeiam maior pressão (Silva et al., 2004). A percentagem de cobertura e a proporção dos diferentes grupos funcionais e das espécies invasoras nas praias em análise e no lado do mar das respetivas dunas frontais, a percentagem de cobertura de raízes expostas, bem como o vigor e o estado de degradação das plantas, constituem variáveis que permitem aferir a resiliência da vegetação, e, por conseguinte, das dunas costeiras (Mora et al., 2001).

Os efeitos das atividades humanas na destruição geomorfológica e ecológica das dunas costeiras podem ser caracterizados como temporários ou permanentes (Mora et al., 2001; Williams et al., 2001). Considera-se o pisoteio, tanto por parte de pessoas como de veículos, a equitação, praticada muitas vezes como turismo de luxo, o pastoreio, as instalações sazonais, a presença de lixo ou a limpeza mecânica das praias como fatores que contribuem para os impactos temporários; por sua vez, a agricultura, a silvicultura, a construção de estradas e casas, de parques de estacionamento, entre outros, consideram-se impactos de natureza permanente (Mora et al., 2001; Williams et al., 2001). Importante realçar que a extração de inertes para as referidas construções pode gerar, ela própria, impactos significativos no sistema, sendo a percentagem de areia removida outra relevante variável avaliada por esta *checklist* (Mora et al., 2001).

A influência marinha inclui variáveis como a altura, comprimento e energia das ondas, a granulometria dos sedimentos da praia seca, a orientação da costa, a inclinação da berma, a amplitude das marés (Mora et al., 2001; Williams et al., 2001), e, ainda, a extensão ortogonal da pista (*fetch*) das ondas, tendo este parâmetro sido utilizado pelos diversos autores como uma estimativa indireta da relevância que as ondas exercem na formação e modelação da costa (da Silva, 2014).

Os *blowouts*, constituindo falhas de areia ou depressões no sistema, contribuem para a sua vulnerabilidade, e podem-se tornar maiores com o tempo (Hesp, 2002). Podem surgir e evoluir devido à erosão marinha, aos eventos extremos, como as tempestades, cuja frequência e intensidade pode ser agravada pelas Alterações Climáticas, mas também com o contributo das atividades humanas. O seu padrão de formação depende da velocidade do vento, da direção dos ventos dominantes, dos tipos de vegetação e suas alterações no tempo e no espaço,

mas também pode ser influenciado por fatores topográficos (Hesp, 2002). O estado de barreira que a praia consegue desempenhar, ou seja, se se encontra em regressão (*receding*), estável ou em progressão, pode também estar relacionado com a presença ou ausência destes vazios, ou influenciar a sua formação (Hesp, 2002).

À semelhança da *checklist* principal, também na GAVAM os parâmetros são pontuados de 0 a 4, mediante a contribuição de cada um para o estado do sistema no que respeita à vulnerabilidade (Williams et al., 2001).

Os índices de vulnerabilidade parciais que entram na determinação do IVD são calculados pela soma das classificações das variáveis de cada categoria de análise, calculada como a percentagem do valor máximo possível (Câmara Municipal de Almada, 2014). Os IV parciais podem ser representados num gráfico em aranha com 5 eixos, em que cada eixo representa uma vulnerabilidade parcial, sendo o índice total a área correspondente à média dos cinco índices parciais (da Silva, 2014). Assim, o índice de vulnerabilidade total (IVD), tal como os índices parciais, varia entre 0 e 1, e o seu valor calcula-se como se mostra na Equação 2.

$$IVD = \frac{GCM + RV + IM + FH + IE}{5}$$

Equação 2: Algoritmo de cálculo do IVD. Fonte: Williams et al. (2001) e De Muro et al. (2011)

O resultado da Equação 2 para um determinado ecossistema permite classificá-lo segundo um dos seguintes estados de vulnerabilidade (Mora et al., 2001; Williams et al., 2001):

- Grupo I: dunas com $IVD < 0,25$ corresponderão a sistemas com baixa vulnerabilidade;
- Grupo II: dunas com $0,25 \leq IVD < 0,5$ serão sistemas com vulnerabilidade baixa a média;
- Grupo III: dunas com $0,5 \leq IVD < 0,6$ serão sistemas com vulnerabilidade média a alta;
- Grupo IV: dunas com $IVD \geq 0,6$ corresponderão a sistemas com vulnerabilidade alta.

METODOLOGIA

Com o objetivo de responder à questão de investigação proposta, este trabalho foi desenvolvido em três fases distintas:

3.1. Fase 1 - Levantamento, triagem e análise de informações

A primeira fase baseou-se na recolha e análise de informações relevantes relacionadas com o problema analisado, incluindo tópicos como os impactos das alterações climáticas e das atividades humanas nas zonas costeiras, bem como outros fatores que podem influenciar a sua vulnerabilidade, mas também a relevância da monitorização e principais listas de controlo, estudadas por diversos autores, que podem ser usadas na mesma. A pesquisa foi efetuada em bases de dados como o Google Académico, no caso dos artigos científicos, e o Google convencional, no caso da literatura cinzenta, como os artigos de conferências e os relatórios oficiais, nomeadamente relatórios do *International Panel on Climate Changes* (IPCC) ou de instituições públicas nacionais, como Universidades ou o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). Foram incluídos na secção da revisão de literatura, sempre que possível, os artigos mais recentes sobre a temática, tendo-se selecionado artigos publicados entre os anos de 2014 e 2025. Exceção para a parte da descrição das *checklists*, que, tendo os estudos das mesmas sido maioritariamente realizados entre o final do século passado e o início deste século, se teve necessariamente que incluir artigos desse período temporal.

Seguidamente, foram investigadas as principais listas de controlo de vulnerabilidade costeira, tendo-se começado com a pesquisa dos artigos "clássicos" que as desenvolveram primeiramente, refinando-se a pesquisa para só serem incluídas na Dissertação as versões que são aplicáveis aos sistemas atlânticos de Portugal e Espanha, ainda que muitos aspetos se mantenham semelhantes entre as *checklists* originais e as adaptadas para estes territórios.

Após isto, para verificar que este estudo incluía todas as *checklists* existentes na literatura que se aplicam ao litoral atlântico português, face à temática em causa, pesquisou-se por artigos mais recentes com o intuito de verificar se todos os estudos primordiais citados nos mesmos já tinham sido analisados na investigação. Com isto, notou-se que, efetivamente, existem estudos recentes com *checklists*, que se baseiam em parâmetros das originais, mas a maioria é destinada a ecossistemas Mediterrânicos ou a deltas de rios, não fazendo sentido a sua utilização no presente estudo.

A versão da *checklist* principal usada neste trabalho consta no Anexo 1, correspondendo à que se apresenta como apêndice no estudo de Davies et al. (1995). De facto, Laranjeira et al. (1999) apenas indica as suas variáveis e categorias de análise, não apresentando os critérios comparativos necessários para que se possa atribuir uma das pontuações a cada uma das variáveis. Os próprios autores remeteram para Davies et al. (1995), como sendo a versão por eles usada, sem alterações, na sua aplicação às praias atlânticas portuguesas de Poço da Cruz, Mira (Norte e Sul) e Areão (Laranjeira et al., 1999). Apesar de também terem referenciado o estudo de Williams & Benett (1996), esse artigo já não se encontra disponível para consulta. Dada a carência de dados mais atualizados, teve de se recorrer, no campo, à versão de Davies et al. (1995), visto que, após pesquisa avançada, filtrando-se os resultados para que fossem devolvidos artigos com a expressão exata *root checklist*, não foi possível encontrar a nova versão da mesma, mencionada na descrição geral. Todavia, optou-se por explicar, no subponto respetivo, a informação geral mais recente que Williams et al. (2001) e Becker (2014) disponibilizam nos seus estudos.

A versão da *checklist* resiliência secundária aplicada na área de estudo desta Dissertação encontra-se no Anexo 2, sendo baseada na modificação efetuada por da Silva (2014), face aos resultados que obteve da aplicação à totalidade do troço costeiro da Caparica, em todas as praias que possuem sistemas dunares.

A versão da *checklist* GAVAM usada na avaliação dos sistemas dunares desta Dissertação está apresentada no Anexo 3, também correspondendo à de da Silva (2014), remontando a original a Mora et al. (2001). Para além disso, a versão de De Muro et al. (2011), porventura já anteriormente citada, foi apenas aplicada a ambientes costeiros arenosos no Mediterrâneo, não sendo estes alvo de estudo da presente Dissertação, que se foca em sistemas Atlânticos, pelo que não foi usada essa adaptação neste trabalho, apesar de a expressão de cálculo do IVD ser aplicável a ambos os tipos de ecossistemas.

3.2. Fase 2 - Caracterização da área de estudo

A caracterização da área de estudo foi realizada, tanto de uma forma mais geral, com base nas características e especificações morfológicas, quanto de uma forma mais territorializada, através dos instrumentos de gestão territorial (IGT) aplicáveis na mesma. A análise destas ferramentas é relevante dado que a sua implementação prática pode influenciar a exposição das pessoas e bens e a vulnerabilidade do território a eventuais riscos costeiros. A caracterização geral foi efetuada, primeiramente, com base em artigos científicos com incidência territorial no troço de praias da Costa da Caparica e que incluíam informações mais específicas para a praia de São João, bem como no manual efetuado por de Seoane et al. (2007), sobre os processos de formação e técnicas de restauro de sistemas dunares costeiros. Seguidamente, foram também consultadas teses de Mestrado, com menos de dez anos, relativas à área de estudo. A caracterização dos IGT foi, por outro lado, efetuada com base nos respetivos diplomas legais que os estabelecem, bem como em sites e relatórios oficiais de Entidades Públicas, como a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), a Direção Geral do Território (DGT), a Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR) e a Comissão para a Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR) de Lisboa e Vale do Tejo, região a que pertence a área de estudo.

3.3. Fase 3- Aplicação das *checklists* no campo, análise da aplicabilidade das variáveis e necessidade de adaptações

A saída de campo à área de estudo ocorreu a cerca de um mês do fim da época balnear de 2025, em que a praia já possuía Impactes acumulados de três meses da mesma.

Após a análise dos resultados obtidos da aplicação das *checklists* na área de estudo, é efetuada a discussão dos mesmos, sendo apresentadas críticas a alguns pressupostos das preexistentes, bem como a proposta de *checklist* da autora desta Dissertação. Há ainda a referir que da Silva (2014) propôs a sua própria *checklist* para os sistemas dunares da Costa da Caparica, com base nas que usou no terreno, a GAVAM e a de resiliência secundária; porém, tendo-se, neste estudo, usado mais uma lista, e visto que da Silva (2014) usou mais uma metodologia, a caracterização da vegetação, através da divisão da duna em transectos, que não faz parte do âmbito desta tese, essa *checklist* não foi contemplada na mesma; no entanto, foi útil no sentido da comparação das suas conclusões com as tiradas pela autora desta investigação.

ÁREA DE ESTUDO

4.1 Caracterização geral

Inserindo-se no arco costeiro Caparica-Espichel, a Praia de São João da Caparica localiza-se na frente atlântica do Município de Almada, pertencendo às freguesias da Trafaria e da Costa da Caparica (Pais, 2021). Esta região encontra-se sob jurisdição da Área de Região Hidrográfica (ARH) do Tejo e Oeste, que inclui as águas balneares costeiras e de transição, bem como as águas interiores (APA, 2025b). A praia de São João está galardoada com o prémio bandeira azul, e a época balnear encontra-se aberta desde o dia 1 de junho até ao dia 30 de setembro (APA, 2025b).

A noroeste da praia de São João encontra-se o esporão sul da Cova do Vapor, e a sudeste da mesma, o esporão que começa a delimitação do pente de infraestruturas transversais de defesa da Costa da Caparica (Rato, 2017). A oeste a praia é delimitada pelo oceano Atlântico, e a leste da mesma encontra-se o seu cordão dunar (Rato, 2017).

A praia de São João da Caparica possui uma extensão de aproximadamente 1,4 km, e tem uma orientação de 140° Norte nos setores central e Noroeste (NW) e 150° Norte no setor sudeste (SE) (Oliveira et al., 2020). O seu sistema dunar possui um comprimento de 1 km e estende-se lateralmente entre 25 e 80 metros (Rato, 2017). A duna das secções central e NW encontra-se onze metros elevada relativamente ao nível zero náutico de referência, enquanto

que a secção SE possui uma obra de defesa com comprimento de 460 metros, que condiciona a expansão natural da praia nessa direção (Oliveira et al., 2020). Na

Figura 3 pode-se observar uma vista de cima da praia de S. João (a) e respetivo sistema dunar (b)).



Figura 3: Área de estudo: a) praia de S. João; b) delimitação aproximada do seu sistema dunar (polígono laranja).
Fonte: Google Earth. Consultado a 22 de setembro de 2025.

As ondas desta costa possuem, geralmente, direção NW e W (oeste). As marés são semi-diurnas, cuja altura em águas-vivas se aproxima dos 4 m face ao zero hidrográfico (ZH), em preia-mar, e dos 0,3 m (ZH), em baixa-mar (Pais, 2021).

As areias do troço de praias da Caparica são essencialmente compostas por bio clastos e silicatos, e possuem diâmetro médio de cerca de 0,3 mm (Sancho, 2023). Os ventos dominantes que atuam sobre a costa de São João proveem das direções NW, N e NE. Contudo, os ventos mais intensos possuem direção WSW e SW, sendo os responsáveis pela formação e desenvolvimento do sistema dunar (Pais, 2021), já que transportam os sedimentos de mar para terra, seguindo uma direção *onshore*, correspondendo aos rumos de transporte oblíquos, e portanto, favoráveis, ao alinhamento das dunas (de Seoane et al., 2007).

4.2 Instrumentos de gestão territorial

4.2.1 Descrição geral

O Decreto-Lei (DL) nº 25/2021 de 29 de março constitui a redação atual ao DL n.º 80/2015, de 14 de maio, que aprova a revisão do Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial (RJIGT), e que revogou o DL nº 380/99 de 22 de setembro, que o estabeleceu previamente. Este conjunto de documentos estabelece regras respeitantes aos usos do solo e ao desenvolvimento urbano e rural, fornecendo as bases para o controlo, planeamento e ordenamento do território nacional.

O quadro legal atual divide os IGT em programas e planos, mediante o âmbito a que pertencem, bem como a escala territorial que pretendem caracterizar, que pode ser nacional, regional, intermunicipal ou municipal (DGT, 2025).

Os programas correspondem aos instrumentos do âmbito do governo, com vista à materialização e implementação das políticas públicas de escala nacional, nos quais se incluem o Programa Nacional de Política de Ordenamento do Território (PNPOT), os programas setoriais e os programas especiais, ou do âmbito das Comissões para a Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR) no caso dos programas regionais ou dos programas intermunicipais (PIOT) (CCDR LVT, 2024).

Por outro lado, os planos são de elaboração obrigatória por parte dos Municípios ou das Administrações locais, estabelecendo ações concretas para o planeamento e permissões ou restrições nos usos e ocupação dos solos no território sob a sua jurisdição, definidos nos Planos Diretores e respetivos planos de urbanização e de pormenor, municipais ou intermunicipais (DGT, 2025).

Posto isto, quando um programa regional ou nacional entra em vigor, é obrigatório proceder à revisão e atualização dos planos diretores municipais ou intermunicipais (Decreto-Lei n.º 80/2015, de 14 de maio), de forma a que os mesmos contemplem as orientações estratégicas mais recentes estabelecidas pelos programas, principalmente pelo PNPOT.

4.2.2 IGT diretamente aplicáveis à área de estudo

4.2.2.1 Programa Nacional de Política de Ordenamento do Território (PNPOT)

A Lei n.º 99/2019, de 5 de setembro procede à primeira revisão ao PNPOT, revogando a Lei n.º 58/2007, de 4 de setembro, que o estabeleceu previamente. O PNPOT possui a hierarquia máxima no sistema de gestão territorial, sendo funcional e estruturalmente independente dos restantes planos e programas, mas articulando-se com os mesmos (Lei n.º 99/2019, de 5 de setembro).

A correta implementação, a longo prazo, da revisão do referido programa requer a avaliação e monitorização periódicas do território português, de forma a dar resposta aos desafios e problemas existentes, devendo conceber um conjunto de medidas integradas que influenciem, direta ou indiretamente, os sistemas natural, social, económico, urbano e da conectividade, visando a sua sustentabilidade (DGADR, 2019).

4.2.2.2 Programa da Orla Costeira Alcobça-Cabo Espichel (POC ACE)

Os Programas de Orla Costeira (POC) constituem programas especiais de ordenamento do território de natureza estratégica, que visam a prossecução de objetivos indispensáveis à tutela de interesses públicos que se repercutem no território ao qual se aplicam, estabelecendo no mesmo medidas que permitem, condicionam ou interditam certas formas de ocupação, uso e transformação do solo, com a missão de salvaguardar recursos e valores naturais pertencentes àquele território, mas que possuem relevância nacional (APA, 2024).

À jurisdição dos POC pertencem uma faixa ao longo do litoral com uma largura mínima de 500 m na zona terrestre e uma faixa marítima até à batimétrica dos 30 m (APA, 2024).

A elaboração destas ferramentas de ordenamento é da competência da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), enquanto Autoridade Nacional da Água, sendo definidas, em regulamento próprio, as áreas abrangidas por cada um dos POC, bem como as regras para a gestão das mesmas, segundo o ponto 3 do 44.º artigo do DL n.º 80/2015, de 14 de maio (APA, 2021).

Estes instrumentos são hierarquicamente superiores aos Planos Municipais e Intermunicipais, devendo as suas orientações ser incluídas nos mesmos.

O programa de orla costeira Alcobaça-Cabo Espichel, em particular, é aprovado pela Resolução de Conselho de Ministros n.º 66/2019, de 11 de abril. A sua área de atuação engloba doze Municípios em 224 km, abrangendo as águas marítimas costeiras e interiores e os seus leitos e margens, assim como as faixas de proteção aquáticas e terrestres, delineadas na ARH do Tejo e Oeste (APA, 2023). A elaboração deste programa corresponde à revisão e fusão num único documento dos antigos planos de ordenamento da orla costeira (POOC) Alcobaça-Mafra, Cidadela-São Julião da Barra e Sintra-Sado (APA, 2023).

4.2.2.3 Plano Diretor Municipal (PDM) de Almada

O Plano Diretor Municipal de Almada (PDMA), primeiramente aprovado pela Assembleia Municipal em 18 de julho de 1993, e retificado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 5/97, de 5 de dezembro de 1996, constitui o principal instrumento de ordenamento do território municipal (CMA, 2021a).

A primeira Correção Material do PDMA encontra-se no Aviso n.º 15415/2017 na 2ª série do Diário da República n.º 244, de 21 de dezembro de 2017, relativo à “Correção Material do Plano Diretor Municipal para retificação de uso na Carta de Ordenamento 1/1 do PDMA”, que incidiu sobre uma parcela em S. João da Caparica (CMA, 2021a).

Contudo, com a entrada em vigor do POC-ACE foi efetuada a Alteração por Adaptação do PDMA às diretrizes estabelecidas pelo novo programa especial, através da Declaração n.º 50/2019 na 2.ª Série do Diário da República n.º 151, de 8 de agosto, a fim de dar cumprimento ao legislado pelo RJGT. Em 2021, ainda no contexto da incorporação das normas dos POC nos PDM, foi novamente feita a Alteração por Adaptação do PDMA relativa ao regime de proteção e salvaguarda dos valores naturais da Paisagem Protegida da Arriba Fóssil da Costa da Caparica (CMA, 2021b), tendo o regulamento do PDMA sido republicado na íntegra através da Declaração n.º 78/2021 na 2.ª Série do Diário da República n.º 142, de 23 de julho, que corresponde à redação atual em vigor deste documento.

Entre as principais estratégias de desenvolvimento contempladas no PDMA podem-se destacar a modernização dos processos produtivos, a melhoria dos espaços naturais e do tecido construído, o fomento da formação profissional (CMA, 2021a) dos almadenses, entre outras.

4.2.2.4 Plano de intervenção de praia (PIP)

Os Planos de Intervenção nas praias (PIP) estabelecem um conjunto de ações concretas a serem efetuadas nas praias correspondentes, seguindo os critérios, definidos no respetivo POC, para a gestão das regiões inseridas em domínio hídrico, dos núcleos piscatórios e das zonas contíguas à margem marinha (Álvares, 2021).

O Aviso n.º 12492/2019, de 6 de agosto estabelece os conteúdos materiais e documentais dos PIP, bem como a tipologia das praias marítimas do troço sob jurisdição do POC ACE, e identifica as que estão sujeitas a plano de intervenção. Os PIP são constituídos pela planta de ordenamento à escala 1:2000 e pelas fichas de caracterização e proposta (Aviso n.º 12492/2019, de 6 de agosto).

A praia de São João pertence ao PIP ALM-P2, estando tipologada como praia periurbana (APA, 2018), ou seja, de tipo II, estando no mesmo documento que o PIP da Cova do Vapor, ALM P1.

Na ficha de proposta ALM-P2 estão programados sete equipamentos com funções de apoio de praia, todos para serem mantidos, mas realocados, e adaptados no sentido da sua sobre-elevação (APA, 2018). Está também planeada a eliminação do estacionamento entre a margem e a via de acesso à praia, sendo que a definição dos novos acessos será efetuada com base nas novas localizações dos apoios e do estacionamento. Outras intervenções constantes do PIP baseiam-se na recuperação dunar e na valorização das áreas onde se encontram atualmente os parques de estacionamento (APA, 2018).

4.2.2.5 Regime jurídico da Reserva Ecológica Nacional (RJREN)

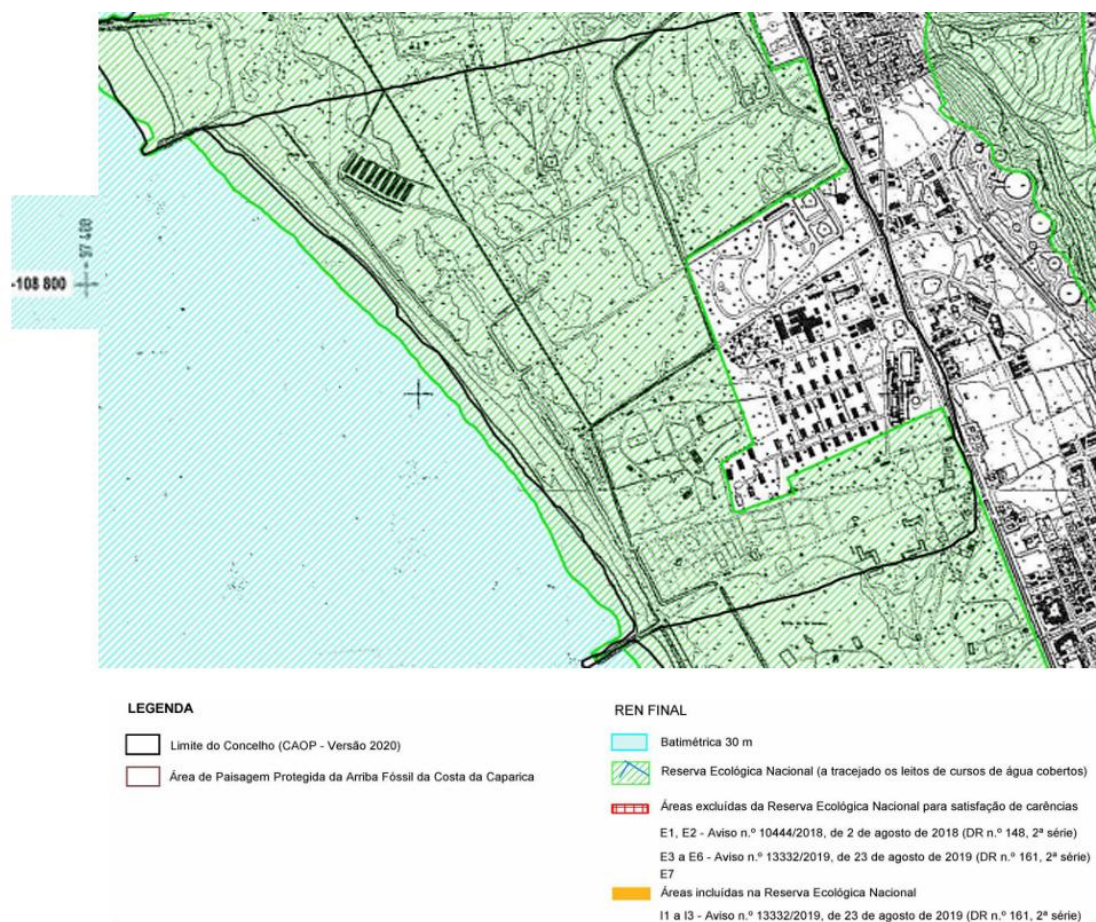
O Regime Jurídico da Reserva Ecológica Nacional (RJREN) foi primeiramente instituído pelo Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de agosto, que foi alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 124/2019, de 28 de agosto. As condições e requisitos a que ficam sujeitos os usos e ações compatíveis com a REN são definidos na Portaria n.º 419/2012, de 20 de dezembro. A Portaria n.º 336/2019, de 26 de setembro, aprova a revisão das Orientações Estratégicas Nacionais e Regionais no RJREN (CNT, 2025).

A Reserva Ecológica Nacional (REN) é constituída pelo conjunto das áreas que pela sensibilidade, função, valor ecológico ou pela exposição e suscetibilidade perante riscos naturais, são objeto de proteção especial (CNT, 2025). As áreas REN são sujeitas a um regime de restrição de utilidade pública que estabelece um conjunto de condicionantes à ocupação, uso e

transformação do solo, identificando os usos e as ações compatíveis com os objetivos desse regime nos vários tipos de áreas. A integração de áreas na REN obedece a orientações estratégicas de âmbito nacional e regional (OENR), diretrizes e critérios de delimitação previstas no RJREN, e é concretizada através da elaboração de cartas de delimitação da REN a nível municipal (CNT, 2025).

4.2.2.6 Planta de condicionantes

Constituindo a carta da REN uma condicionante à ocupação do território Municipal, na sua área de atuação não deveriam ser permitidas construções. De facto, da análise da referida planta, verifica-se que toda a área costeira da praia de S. João se encontra dentro da área protegida delimitada pela mesma, à exceção dos estacionamento (CMA, 2021b). Na Figura 4 mostra-se o excerto da carta da REN ao qual a praia pertence. No entanto, verifica-se o desrespeito por esta condicionante, podendo-se encontrar, na área circundante, parques de campismo, algumas habitações ilegais e bares de praia, estando estes últimos mesmo em cima da duna primária.




PLANO DIRETOR MUNICIPAL DE ALMADA				 Entidade Responsável MUNICÍPIO DE ALMADA	
RESERVA ECOLÓGICA NACIONAL - Alteração da delimitação da Reserva Ecológica Nacional do município de Almada				Desenho nº: 2.A	
Escala 1 / 10 000		Precisão posicional nominal -	Data julho 2021	Formato de reprodução A0 - 1189 X 841	
Cartografia de Referência Entidade Proprietária Município de Almada	Entidade Produtora Estereofoto	Data Agosto 1976	Escala 1:10 000	Série N/A	Homologação N/A
Sistema de Referência ETRS89/PT-TM06*	Exatidão Posicional (Precisão Planimétrica)	*Nota: A informação base da REN foi convertida do sistema de referência Hayford Gauss - Datum 73 para ETRS89/PT-TM06			

Figura 4: Excerto da planta de condicionantes 2.A do Concelho de Almada, na qual se enquadra a praia de São João. A área de estudo está delimitada pela linha preta. Fonte: CMA, 2021b.

RESULTADOS E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A ida à área de estudo foi realizada dias após a ocorrência da tempestade tropical Erin, que se fez sentir nos dias 26 e 27 de agosto, tendo sido um furacão atlântico que desencadeou forte agitação marítima, em que as ondas atingiram entre quatro e sete metros de altura, e períodos de rebentamento que variaram entre 15 e 17 segundos (Neurónio Criativo, 2025), tendo-se, assim, também verificado a resposta e o estado da praia após a sua exposição a essa pressão natural.

Através da observação à parte Norte e à parte Sul da praia, constatou-se que o estado de ambas estava mais ou menos homogéneo, tendo-se considerado o sistema como um todo. Posto isto, foram efetuadas três amostragens ao longo do sistema praia-duna, tendo-se aplicado as *checklists* a cada uma delas, pelo que os resultados globais dos índices para o sistema dunar foram determinados com base na média aritmética dos valores calculados para cada parte amostrada, para cada lista.

Nos pontos seguintes serão apresentados os resultados obtidos dos índices para cada uma das listas. Há que realçar que há parâmetros que, numa *checklist*, estão numa determinada categoria, e, nas restantes, são avaliados noutra secção. Por exemplo, a ocorrência de galgamentos oceânicos recentes é avaliada diretamente, na *checklist* resiliência principal, na **secção C**- "Caráter superficial dos 200 metros em relação ao mar"- no parâmetro "Invasão das dunas pela água salgada", e, na secundária, também de forma direta, na secção "erosão dunar" por ação do mar. Por outro lado, na GAVAM, não há uma variável específica para este fator, sendo o mesmo estudado por duas variáveis na secção da Influência marinha, a "Porcentagem

da superfície da duna frontal com brechas resultantes da ação direta de ondas" e a "Porcentagem do comprimento das dunas primárias erodidas pelo choque direto do mar", nas quais o nível de vulnerabilidade zero corresponde, precisamente, a zero por cento das mesmas, ou seja, à ausência de galgamentos recentes.

5.1. Aplicação da *root checklist*

Da aplicação da *root checklist*, obteve-se um índice de vulnerabilidade total média do sistema dunar de cerca de 44,2%, correspondendo a uma vulnerabilidade baixa a média. O índice de medidas de proteção deu cerca de 66,7%, pelo que a razão IV/IPM deu 66,3%, representando um sistema em equilíbrio positivo, segundo o mencionado em 2.4.1. No Anexo 1, para além de se apresentar a versão usada da lista em causa, também se mostram as pontuações atribuídas a cada uma das variáveis, com base nas observações em campo. Na Figura 5 mostra-se o gráfico em aranha que representa o resultado do IVD.

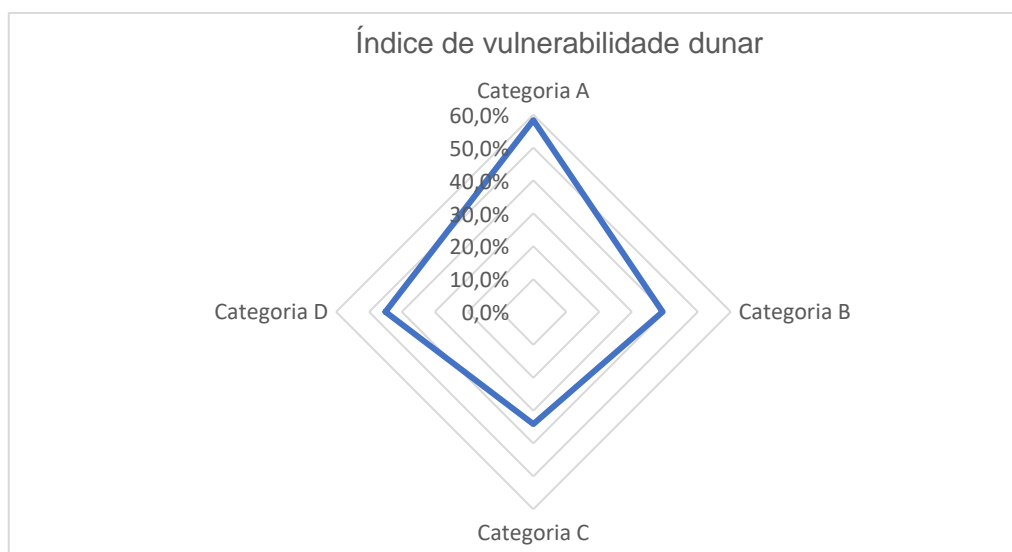


Figura 5: Representação dos resultados das componentes de cálculo do IVD, segundo a *root checklist*.

5.2. Aplicação da *checklist* GAVAM

Aplicando a *checklist* GAVAM obteve-se um IVD de cerca de 45,4 %, correspondendo a uma vulnerabilidade baixa a média, pelo que foi visto em 2.4.3. No Anexo 2 apresentam-se as pontuações atribuídas a cada uma das variáveis, e a Figura 6 representa, graficamente, os índices parciais que entram no cálculo da vulnerabilidade total do sistema.

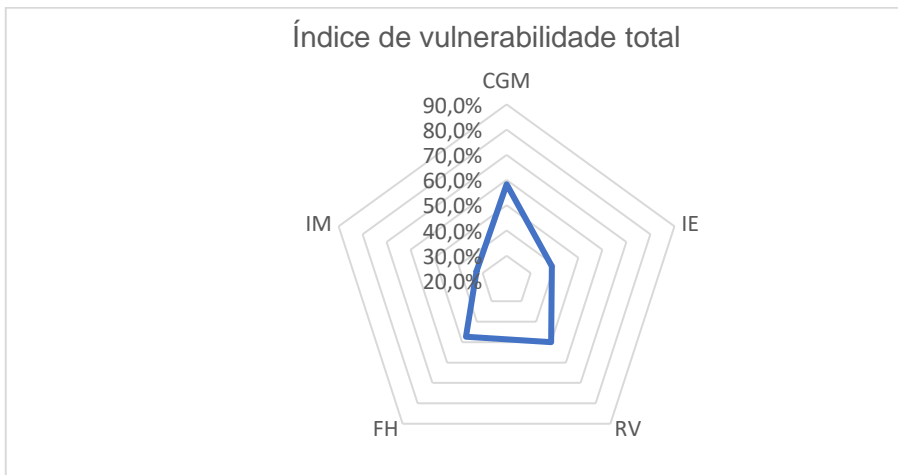


Figura 6: Resultados dos índices parciais que entram no cálculo do IVD, por aplicação da *checklist* GAVAM.

5.3. Aplicação da *checklist* resiliência secundária

Da aplicação desta *checklist*, obteve-se um índice de vulnerabilidade total de cerca de 31,3 %, correspondendo a uma vulnerabilidade baixa a média. O Anexo 3 ilustra as pontuações atribuídas a cada uma das variáveis, juntamente com a respetiva *checklist*, e a Figura 7 representa graficamente os resultados obtidos.

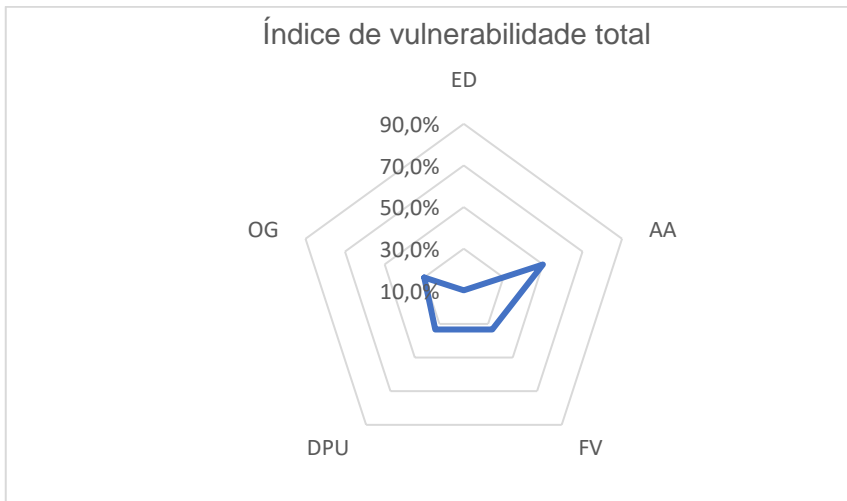


Figura 7: Representação dos resultados dos índices que entram no cálculo do IVD, segundo a *checklist* resiliência.

5.4 Críticas a alguns parâmetros e pressupostos das *checklists* pré-existentes

Com base nos resultados, salta à vista que, manifestamente, há pressupostos, assumidos pelos autores das listas pré-existentes, sobre os quais se tem que refletir. De facto, houve parâmetros cuja atribuição do nível de vulnerabilidade se deu pela interpretação da investigadora face à suposta intenção dos autores das *checklists*. Contudo, estes pressupostos discutíveis podem levar a erros de exatidão nos resultados de vulnerabilidade parcial da categoria, pois o resultado pode ficar subestimado face à realidade.

5.4.1. Críticas a alguns pressupostos da *root checklist*

Na *root checklist*, na variável "Mudança da vegetação desde 1940" da **categoria C**, não é claro se se trata de vegetação natural ou sinantrópica, o que, contudo, é relevante distinguir, já que até pode ocorrer um Incremento na vegetação ao longo do horizonte temporal de 1940 até ao presente, mas o mesmo ser de espécies Invasoras, cuja elevada cobertura pode agravar a vulnerabilidade dunar, em vez de a diminuir. Assim, seria de propor uma alteração no referido parâmetro para "Mudança na cobertura da vegetação nativa desde 1940" ou para "Mudança na cobertura de espécies vegetais invasoras desde 1940", com as devidas adaptações nos critérios das ponderações, fazendo sentido essa explicitação, face ao exposto anteriormente.

Também na **categoria C**, o parâmetro "Percentagem de brechas com novas dunas" foi considerado como "Não aplicável", pois, se não existem brechas no sistema dunar em estudo, então não se justifica a avaliação da percentagem das mesmas que possuem novas dunas. Esta variável equivale à "Colmatação de brechas com dunas embrionárias", estudada na secção "Alimentação em areia" da *checklist* resiliência secundária, que também não foi considerada nos cálculos do índice de vulnerabilidade, segundo a mesma, pelas mesmas razões mencionadas.

Há também a criticar o pressuposto por trás da variável "Acesso por estrada" da **categoria D**, dado que não especifica se o que está a ser avaliado é o acesso por transportes públicos ou por veículos privados. É possível chegar à praia de autocarro, mas dessa forma é necessário efetuar um longo percurso pedonal, se se descer ao pé dos parques de campismo da INATEL. Ou, então, pode ser feito um percurso mais curto, por dentro das praias, mas, visto ser um

caminho rochoso, pelo menos à entrada da mesma praia, pode ser um pouco difícil de realizar por pessoas com problemas de mobilidade. Assim, o carro tornar-se-á a principal preferência de acesso à praia para a maioria, com todos os Impactos subjacentes a uma elevada afluência deste meio de transporte, tanto para o agravamento das AC, quanto para o desordenamento dos estacionamento e dos caminhos, bem como do pisoteio. Assim, será de propor que esta variável seja subdividida em "Acesso por meios de transporte privados - automóveis, motocicletas, entre outros" e em "Qualidade do acesso por transportes públicos", dado que a praia pode ser facilmente acessível por carro mas não ser por transportes públicos, ou pode sê-lo por ambos.

Na categoria D, os parâmetros "Equitação sobre as dunas" e "População de coelhos", não só não foram observados na área de estudo, como se tira a ilação de que nem sequer são aplicáveis na mesma, como também constatado por da Silva (2014). A variável "Pastoreio" também não foi considerada porque, à semelhança do que acontece com a variável que avalia o tamanho da população de coelhos, os critérios de atribuição dos níveis de vulnerabilidade não consideram a sua ausência, sendo que a atribuição da pontuação zero corresponderia a "pouco" pastoreio, o que é erróneo, pois, apesar de existir pastoreio em algumas áreas da Costa da Caparica, nomeadamente nas Terras da Costa, o mesmo não foi, de todo, observado, especificamente, na praia de São João.

Relativamente à categoria E, o valor do índice das medidas de proteção, pelo menos de acordo com esta versão da lista, está, certamente, sobrestimado, visto que os autores Davies et al. (1995) consideraram que um maior controlo dos fatores de pressão analisados pela categoria D, ou seja, os relacionados com o uso do sistema dunar, está associado ao facto de o mesmo ser necessário, por se verificarem os fatores de pressão. Por exemplo, uma percentagem superior de área com acesso restrito está associada a uma maior vulnerabilidade, dado que mais área precisa de ser protegida. Todavia, este raciocínio é discutível, já que encara a gestão e manutenção de forma reativa, considerando que a necessidade do sistema de ser protegido se dá apenas quando o mesmo já está sujeito às pressões, em vez de visar que o mesmo seja defendido *à priori*, para evitar que seja impactado.

Efetivamente, o pressuposto seguido por estes autores na secção das medidas de proteção torna dúbia a avaliação de algumas delas, e.g., a atribuição da pontuação "nenhum" à variável "Se ocorreu erosão marinha recente, foram efetuados trabalhos de proteção?" pode ser feita com base em uma de duas Interpretações: ou não houve erosão marinha recente, não tendo sido necessários trabalhos de proteção, ou houve erosão e não se efetuou qualquer trabalho de proteção, estando, na realidade, cada um destes casos associado a níveis de

vulnerabilidade do sistema distintos, mas que na *checklist* encaixam na mesma pontuação. Portanto, para este parâmetro em específico, para evitar erros ou dúvidas de interpretação, propõem-se que seja alterado para "Trabalhos de proteção contra a erosão marinha", devendo os critérios que permitem a escolha dos níveis de vulnerabilidade ser rearranjados semelhantemente à forma como a *checklist* resiliência secundária aborda a maior parte das variáveis desta secção, ou seja:

- o nível 0 deveria referir "Presente e eficaz ou não necessário";
- o nível 2, equivalente ao nível 1 da *checklist* secundária, deveria dizer "Insuficiente";
- no nível 4, equivalente ao nível 2 da *checklist* secundária, deveria constar "Ausente".

Ainda sobre a **categoria E**, há a salientar que a variável "Painéis Informativos" também não é avaliada quanto à sua eficácia, pois é estudada somente a sua quantidade, o que não quer dizer que os mesmos sejam respeitados pelos utilizadores da praia, como visto na descrição dos parâmetros das *checklists*, no subponto 2.4.1. Obviamente que a sua presença é fundamental, e de facto existem em grande número na área de estudo, mas observou-se, durante a saída de campo, que a maior parte dos painéis apenas se encontravam escritos em Português, mas a praia tem uma significativa afluência de turistas, pelo que seria relevante que os mesmos também possuíssem, pelo menos, uma versão em Inglês.

5.4.2. Críticas a alguns pressupostos da *checklist* secundária

Na *checklist* resiliência, por somente pontuar as variáveis de 0 a 2, notou-se que diversos parâmetros avaliam intervalos muito amplos. É o caso da variável referente ao "estado de danificação da vegetação" da **categoria "fixação das areias pela vegetação"**, pois o nível de vulnerabilidade 1 avalia um intervalo entre 25 e 75%, o que parece uma avaliação pouco precisa. No entanto, os parâmetros correspondentes nas outras duas *checklists* também são avaliados desse modo, pois não se atribuem quaisquer critérios às pontuações 1 e 3.

Nesta *checklist* também há a criticar o parâmetro dos painéis de informação, na parte das medidas gerais da **categoria de "ordenamento e gestão"**. Apesar de esta variável vir descrita de forma mais completa na descrição de cada uma das pontuações face à *root checklist*, ainda não contempla a responsabilidade dos utilizadores da praia para com o seu desrespeito, porque até podem existir painéis em pontos estratégicos, como se verificou durante a saída de campo, mas os mesmos não serem eficazes. Novamente, se uma significativa parte dos

utilizadores da praia são estrangeiros, a insuficiente inclusão de painéis também noutros idiomas é quase equivalente à sua ausência na praia. Por esse motivo, para efeitos de preenchimento da lista, considerou-se o nível de vulnerabilidade 2 para esse parâmetro, ou seja, "P, mas degradados e/ou mal colocados".

5.4.3. Críticas a alguns pressupostos da *checklist* GAVAM

Na *checklist* GAVAM há, de igual modo, parâmetros não aplicáveis na área de estudo, que não foram considerados na determinação dos índices de vulnerabilidade para evitar enviesamentos. É o que acontece na variável "Número de barras arenosas submersas ou emersas", da categoria da "Incidência marinha", dado que as mesmas apenas existem em regiões Inter-tidais (Figura 8), ou seja, em zonas entremarés, não em sistemas dunares, apesar de as dunas interagirem com os demais elementos das praias.

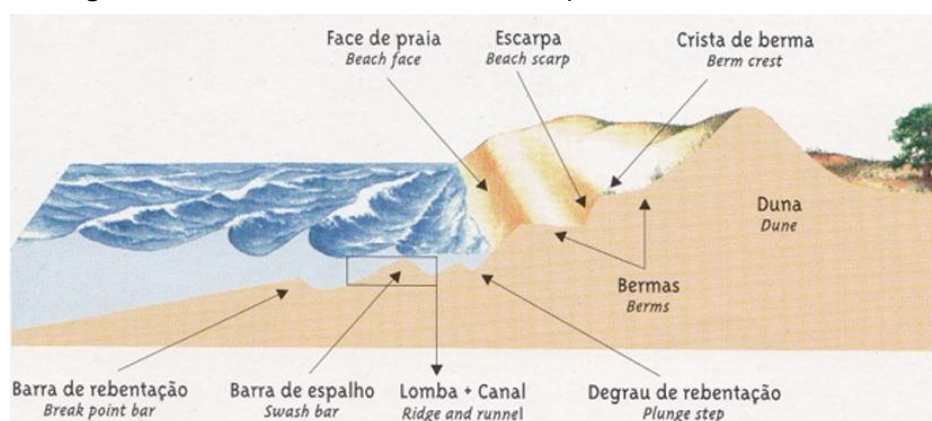


Figura 8: O presente esquema ilustra a localização das barras arenosas, corroborando o referido nesta subsecção. Fonte: Santos et al. (2003).

5.5. Análise e comparação dos índices obtidos pelas *checklists*

Pela análise dos resultados, constatou-se que os valores obtidos dos índices de vulnerabilidade para as três listas corresponderam a estados de vulnerabilidade dentro do mesmo grupo, como seria de esperar. No entanto, os valores obtidos pelas *checklists* GAVAM e de resiliência principal foram mais próximos, o que também seria de esperar face ao exposto acima.

O facto de se ter obtido valores dentro do intervalo "baixo a médio", apesar de todos os fatores que atuam na praia, pode ter sido devido aos esforços subjacentes à implementação do projeto *ReDuna* na área de estudo, cujas ações de monitorização têm realçado que o

mesmo tem potenciado, com sucesso, o crescimento do cordão dunar (CMA, 2021c), tornando-o mais resiliente.

De facto, da Silva (2014), pela aplicação da *checklist* resiliência, concluiu que, em 2010, para a praia de S. João, com as ações de alimentação artificial e reforço da frente dunar, levadas a cabo a partir de 2007, em resposta à tempestade costeira ocorrida nesse ano, o valor do IV diminuiu face ao da primeira campanha efetuada, tendo passado de elevado em 2006 para médio a elevado em 2010. Para além disso, na sua campanha de 2013, reparou que a praia de S. João apresentou uma melhoria das condições de vegetação e sinais de colmatação de brechas na duna primária com plantas da duna embrionária face a 2006 e a 2010, ainda que tenha sido mais intensa a pressão humana sobre a condição dunar. Ou seja, os estudos efetuados por da Silva (2014) mesmo ocorrendo antes do projeto ReDuna, já apresentavam uma tendência decrescente no valor da vulnerabilidade dunar. Assim, tem-se que, após a implementação do mesmo, e sendo que em 2023 ocorreu a sua segunda fase (CMA, 2021c), não parecem descabidos os valores que se obtiveram, nesta Dissertação, para os índices de vulnerabilidade do sistema dunar.

Nesta Dissertação, apesar de se ter realizado o trabalho de campo dias imediatamente após a tempestade Erin, a praia, ainda assim, mostrou baixos índices de vulnerabilidade face ao que seria de esperar após a ocorrência de um evento extremo, o que reforça a relevância da aplicação de medidas de adaptação como as levadas a cabo no projeto ReDuna. O estudo de Rato (2017), que consistiu na monitorização das dunas de São João da Caparica, após a primeira fase de implementação do projeto ReDuna, concluiu que o objetivo deste projeto, "de promover a acumulação de sedimentos na duna" foi conseguido (Rato, 2017), corroborando as ilações desta Dissertação. Efetivamente, Rato (2017) comparou, através de dois métodos diferentes, o balanço sedimentar do sistema dunar e as taxas de transporte eólico entre a praia e a duna. Os levantamentos de campo que realizou entre fevereiro de 2015 e novembro de 2016, e os dados sinóticos das direções dos ventos dominantes medidos no Instituto Dom Luiz (IDL) indicaram, ainda que em magnitudes diferentes, e de forma global, acreção do sistema dunar (Rato, 2017). Ou seja, de forma global nesse intervalo de tempo, verificou-se o crescimento de um novo cordão dunar primário, já que o balanço global indicou que a taxa de acreção foi superior à taxa de erosão. Para além disso, verificou-se que os ventos dominantes seguiram, global e maioritariamente, uma direção *onshore*, ou seja, para a duna, como, aliás, também se verificou durante o trabalho de campo realizado no âmbito da presente

Dissertação. Ora, sendo que um cordão dunar em acreção é mais resiliente do que um cordão dunar em erosão, pode-se concluir que aquele sistema se encontraria num estado de vulnerabilidade aproximadamente baixa a média, estando, novamente, em consonância com os resultados obtidos no presente estudo.

Todavia, as diferenças de percentagens obtidas entre as *checklists* aplicadas no âmbito da presente Dissertação pode ser justificada, entre outros fatores, pelo facto de nem todas as listas avaliarem as mesmas variáveis, sendo que algumas, que também influenciam a vulnerabilidade do sistema, e que são tidas em conta numa determinada *checklist*, não são alvo de estudo das restantes. Exemplificando, isso acontece com as variáveis relacionadas com a presença de lixo e a limpeza da praia, que apenas são contempladas na GAVAM. Outro exemplo é a avaliação da presença de algas na parte superior da praia, que apenas pertence ao âmbito da *root checklist*.

Tem-se, ainda, que os valores de IVD das *checklists* principal e GAVAM se encontraram mais próximos entre si do que do da *checklist* secundária, o que se pode ter devido ao facto de as primeiras avaliarem quatro níveis de vulnerabilidade, ao passo que a outra só avalia dois. De facto, parâmetros como o "Tamanho das partículas nas dunas frontais" da *root checklist*, e a "Granulometria da vertente da duna primária virada ao mar" da GAVAM são pontuadas com a pontuação 3, que corresponde ao diâmetro característico dos sedimentos do troço de praias da Costa da Caparica. Este parâmetro não é avaliado pela *checklist* secundária, nem a pontuação 3 das primeiras possui correspondência relativamente a alguma das pontuações da restante, dado que estas pontuações são números inteiros. Assim sendo, o valor obtido do índice de vulnerabilidade pela *checklist* secundária, estará, pois, subestimado.

Além do mais, é importante reforçar que este método tem uma natureza subjetiva e muitos parâmetros são de avaliação qualitativa, podendo haver ligeiros desfasamentos entre o observado pelo investigador e o que verdadeiramente está a acontecer no sistema. Contudo, essas dúvidas sentem-se, principalmente, em parâmetros de percentagens, já que não é explícito, por exemplo, em que nível se enquadram os valores extremos do intervalo avaliado por determinada pontuação. Isso acontece com todas as listas especialmente quando um valor é o mesmo em dois níveis de vulnerabilidade, mas num considera-se que ele é o extremo superior e noutra considera-se que é o extremo inferior, não estando explícito a que intervalo o próprio número deve pertencer; no entanto, também é certo que é difícil avaliar precisamente esse valor, pelo que a atribuição de qualquer um desses parâmetros pode estar sujeita a um erro. Todavia, a incerteza associada a esse facto será, na *checklist* resiliência secundária, com base no mencionado em 6.2., superior à que está subjacente nas *checklists* principal e GAVAM,

que classificam as variáveis segundo uma escala de 0 a 4, abarcando, cada pontuação, intervalos mais pequenos, e, portanto, mais realistas face ao verdadeiro estado do sistema.

Para além disso, as *checklists* são gerais e a sua aplicabilidade em determinada área de estudo pode acarretar algumas adaptações, devendo-se manter a coerência nos pressupostos ao longo do estudo, o que se visou seguir ao máximo neste trabalho.

5.6. Proposta de *checklist* totalmente aplicada à praia de São João e outras periurbanas

Na Tabela 3 apresenta-se a *checklist* proposta pela autora desta Dissertação para os sistemas dunares semelhantes ao de São João da Caparica, com base nas observações de campo da autora e nas críticas efetuadas aos pressupostos das *checklists* pré-existentes.

A *checklist* proposta neste subponto apresenta seis categorias de análise, baseando-se nas da GAVAM e juntando o ordenamento e usos do solo da resiliência secundária. A *checklist* proposta permite efetuar uma avaliação da vulnerabilidade segundo a escala de 0 a 4, por se considerar que, desta forma, a avaliação dos parâmetros é mais realista, obtendo-se valores mais próximos da vulnerabilidade real do sistema, como aconteceu com as *checklists* principal e GAVAM. De facto, da Silva (2014), na sua *checklist* Integrada, também considerou a avaliação dos parâmetros que propõe segundo uma escala de 0 a 4, havendo, novamente, consonância entre o presente estudo e outros que também incidiram no local.

Há que salientar, ainda, que na presente lista, quando "se" aparece em duas ou mais variáveis seguidas, estando relacionadas com o mesmo assunto, geralmente tratam-se de condições, devendo-se avaliar apenas a(s) que fizer(em) mais sentido face ao que for observado no campo.

Portanto, a presente lista visa ser uma compilação, com base nas correções apontadas nos subpontos anteriores, dos parâmetros analisados por todas as *checklists* que se verificou, durante o trabalho de campo, serem aplicáveis na área de estudo, face à tipologia a que pertence, de acordo com o POC ACE.

A referida *checklist* engloba um total de 66 variáveis, e as categorias de análise escolhidas para serem usadas na mesma correspondem: às características do sistema dunar e interação com a praia, avaliando parâmetros relacionados com a granulometria das areias das dunas e

com a área do sistema dunar; à pressão humana e de outros seres vivos, sendo analisadas variáveis relacionadas com o acesso à praia, à fragmentação originada pelo pisoteio, entre outras; à erosão por ação do vento, estudando-se a formação de vazios, mas também a entrada de sedimentos no sistema; a erosão por ação do mar, analisando-se, entre outros, a percentagem de dunas erodidas quando são galgadas; à colonização da duna por quantidade e tipo de vegetação; e ao ordenamento e usos do solo, tomando-se a abordagem contrária à da *root checklist*, ou seja, considerou-se que a existência de medidas de controlo corresponde ao que já está a ser feito para minimizar a vulnerabilidade, de uma forma proativa.

Face às listas pré-existentes, acrescentou-se uma variável referente aos excrementos de animais, porque se verificou, durante a saída de campo, ainda que de forma pouco significativa, a presença de alguns excrementos após as vedações dunares, visto existirem animais errantes nas zonas da Caparica e Trafaria. Isto estará, também, associado ao pisoteio por parte de animais, tendo-se, portanto, decidido que a categoria B seria referente à pressão humana e de outros seres vivos. Além disso, os excrementos são matéria orgânica que favorece o aparecimento de plantas nitrófilas, que não são específicas das dunas, sendo invasoras no sistema.

Ainda na categoria B, juntou-se, à variável da "fragmentação do sistema dunar", considerada na *checklist* GAVAM, as marcas de pisoteio humano visíveis no sistema, tendo-se, inclusive, durante a saída de campo, visualizado crianças a desrespeitar e transpor as armadilhas de areia.

O cálculo do índice de vulnerabilidade dunar segundo a *checklist* proposta faz-se de forma semelhante ao das restantes. A representação gráfica do índice segundo esta *checklist* também pode ser dada por um gráfico em radar, entrando todas as categorias no cálculo do mesmo.

Tabela 3: *Checklist* específica para praias periurbanas, proposta com base no estudo das pré-existentes.

Categorias e variáveis	Escala e descritores comparativos				
	0	1	2	3	4
Categoria A- Características da praia e do sistema dunar					
Comprimento do sistema de dunas ativas (km)	>20	>10	>5	>1	>0,1
Largura do sistema dunar dinâmico (km)	>2	>1	>0,5	>0,1	<0,1
Largura da duna primária (% em relação ao sistema dinâmico)	<5	<25	<50	<75	>75

Categorias e variáveis	Escala e descritores comparativos				
	0	1	2	3	4
Área do sistema dunar dinâmico (km ²)	>40	>10	>2,5	>0,1	>0,01
Altura máxima das dunas primárias (m)	>25	>10	>5	>1	<1
Altura máxima das dunas secundárias (m)	>25	>10	>5	>1	<1
Se existem cordões dunares paralelos, número de cristas principais nas dunas primárias	>10	5-9	3-4	2	1
Se duna frontal formada com declive em rampa, qual a sua inclinação?	Média		Suave		Íngreme
Área relativa total de depressões húmidas	Moderada		Pequena		Nenhuma
Granulometria da frente marítima da duna primária (mm)	2	1	0,5	0,25	0,0125
Algas na parte superior da praia	Muitas		Algumas		Nenhumas
Categoria B - Pressão humana e de outros seres vivos					
Pressão de visitantes	Baixa		Média		Elevada
% Rede de caminhos pedestres, bem identificados, de acesso à praia pela duna primária	0	<5	>5	>25	>50
Largura dos caminhos (m)	<1	<2	<3	<5	>5
% profundidade dos caminhos face à altura da duna primária	<5	<25	<50	>50	>75
Percentagem de cobertura de lixo de origem terrestre	0	<5	>5	>25	>50
Excrementos de cães e outros animais na duna primária	A ou P, mas negligenciável		P de forma esporádica, mas não negligenciável		P, aparecendo de forma consistente e afetando gravemente o sistema
Se existem excrementos e lixo de forma significativa, frequência de limpeza da praia	Alta		Média		Baixa

Categorias e variáveis	Escala e descritores comparativos				
	0	1	2	3	4
Se não há excrementos nem lixo, ou se são negligenciáveis, frequência de limpeza da praia	Baixa		Média		Alta
% da praia seca que é limpa, se não se encontrar significativamente contaminada	0	<25	<50	<75	>75
Fragmentação do sistema dunar ativo, por pisoteio	Baixa/ Ausência de marcas de pisoteio		P esporadicamente, sendo visíveis alguns corredores de deflação		P, abundantemente e com efeitos graves, sendo visível a transposição de grande parte das vedações dunares
Acesso à praia por meios de transporte privados - automóveis, motocicletas, entre outros	Mau		Razoável		Bom
Acesso à praia por transportes públicos	Bom		Razoável		Mau
Condução de motorizados sobre as dunas móveis	Nenhuma		Alguma		Muita
Condução na praia seca	Nenhuma		Alguma, mas só de agências de proteção e veículos de emergências		Muita
% infraestruturas permanentes sobre o sistema dunar ativo (e.g., estradas, casas)	0	<25	<50	<75	>75
% infraestruturas efémeras no sistema dunar ativo (e.g., parques de campismo, tendas de apoio)	0	<25	<50	<75	>75
% superfície agrícola até 200 m para o interior da duna primária	0	<25	<50	<75	>75
Número de proprietários na área envolvente	Um		Alguns		Muitos
Principal regime de propriedade/gestão	Agências de		Público		Privado

Categorias e variáveis	Escala e descritores comparativos				
	0	1	2	3	4
	proteção/conservação				
Categoria C- Erosão por ação do vento					
Entrada de suprimento arenoso, pelo vento	Elevada		Média		Baixa
<i>Blowouts</i> ativos (corredores de deflação) como % da área do sistema dunar ativo	<5	>5	>10	>20	>40
Velocidade e intensidade do vento	Alta		Média		Baixa, abaixo do limiar de início do movimento de saltação
Direção dos ventos dominantes	<i>Onshore</i> para a duna		<i>Alongshore</i>		<i>Offshore</i> -para fora do sistema
% cobertura de dunas embrionárias face à área da praia seca	>50	>25	>5	<5	0
% da frente virada ao mar da duna primária com vegetação	>90	>60	>30	>10	<10
% do sistema dunar ativo sem vegetação	<10	>10	>20	>40	>75
Categoria D- Erosão por ação do mar					
Largura da zona intertidal (m)	>500	>200	>100	>50	<50
Largura da praia seca (m)	>75	<75	<25	<10	0
Inclinação da berma (perfil modal da praia)	Sem berma ou inclinação suave (perfil dissipativo)		Moderada (perfil intermédio)		Abrupta (perfil refletivo)
Pista (<i>fetch</i>) ortogonal das ondas (km)	<25	<100	<250	>500	>1000
Energia das ondas	Baixa		Média		Alta
Amplitude marés (m)	<2		2 - 4		>4
Exposição costeira (°)	10-45		<10		0

Categorias e variáveis	Escalas e descritores comparativos				
	0	1	2	3	4
Se houve tempestades recentes, as dunas foram galgadas pelo mar?	Não, não houve qualquer galgamento		Uma parte do sistema ativo foi afetado		Totalmente
% do comprimento das dunas primárias erodidas pelo choque direto do mar	0	<25	>25	>50	>75
Granulometria dos sedimentos da praia seca (mm)	>1		0,25 - 1		< 0,25
Categoria E - Colonização pela vegetação					
% da superfície da praia seca com espécies do tipo III (relativamente ao total de cobertura vegetal)	>50	>25	>15	>5	<5
% da superfície da parte virada ao mar da duna primária com espécies do tipo III (face ao total de cobertura vegetal)	>90	>60	>30	>15	<15
% da superfície da parte virada ao mar da duna primária com espécies do tipo II (face ao total de cobertura vegetal)	<5	<15	<30	<60	>60
% da superfície da vertente virada ao mar da duna primária com espécies do tipo I (face ao total de cobertura vegetal)	<1	>1	>5	>10	>30
% da superfície da frente marinha da primária com espécies exóticas (face ao total de cobertura vegetal)	0	<1	<5	<15	>15
% de cobertura das espécies de tipo II e III até 100 m para dentro da frente dunar (face ao total de cobertura vegetal)	>75	>50	>25	>10	<10
% de cobertura de plantas vigorosas na vertente virada ao	>75	>50	>25	>10	<10

Categorias e variáveis	Escala e descritores comparativos				
	0	1	2	3	4
mar da duna primária (face ao total de cobertura vegetal)					
% de cobertura de plantas danificadas, removidas ou com raízes expostas (face ao total de cobertura vegetal)	<15	<25	25-50	<75	>75
% de colmatagem de brechas, galgamentos oceânicos e <i>blowouts</i> com plantas de dunas embrionárias	>50	>25	<25	<10	0
Categoria F - Ordenamento e usos do solo					
Trabalhos de proteção contra a erosão marinha	P e eficaz ou não necessário		Insuficiente		Ausente
Ordenamento dos caminhos	Total, passagens sobrelevadas		Parcial		Ausente
Controlo de condução na duna e na praia	P e eficaz ou não necessário		Insuficiente		Ausente
Controlo de construção no sistema dunar ativo	P e eficaz ou não necessário		Insuficiente		Ausente
Painéis de informação	P em todos os pontos estratégicos e em vários idiomas	P de forma consistente, mas apenas em	P, mas com alguns sinais de degradação	P, mas apenas esporadicamente, mal colocados e/ou ignorados pelos visitantes.	Ausentes

Categorias e variáveis	Escalas e descritores comparativos				
	0	1	2	3	4
		Português		Sinais evidentes de degradação.	
Armadilhas de areia	100 % (P em todas as áreas de deflação)	P em >50 %	<25 %	P em <10 %	0 % (Ausente) mas necessário em >25 % da duna
% de plantações nas áreas com areias móveis	P em >50 % ou em áreas estratégicas	>25 %	>10 %	P em <10 %	0%, mas necessário em >25 % da duna
Manutenção das ações de proteção e fiscalização	P na frequência necessária para a correta gestão da duna		Insuficiente		Ausência de manutenção e/ou fiscalização
Obras costeiras	Ausentes		P, perpendiculares à linha de costa, a sotamar, não interrompendo o fluxo sedimentar natural e o transporte do longo da zona costeira		P, longitudinais ou aderentes, a barlamar, i.e., interseam e interrompem o fluxo e o transporte sedimentares
Proteção pela legislação	Eficaz (cumpridos todos os IGT e outra legislação aplicáveis)		Moderada (parte das diretrizes dos IGT são cumpridas)		A ou ineficaz (desrespeitadas as regras de ocupação e uso do solo)

CONCLUSÃO

Neste trabalho efetuou-se a monitorização do cordão dunar da praia de S. João da Caparica, através da implementação de três *checklists* existentes na literatura. Para além disso, foi proposta uma nova *checklist*, totalmente aplicada à área de estudo e a outras do mesmo tipo, segundo o POC ACE. Estes objetivos permitiram responder à questão de investigação, concluindo-se que o sistema dunar de São João da Caparica, apesar de todas as pressões a que está sujeito, se mostrou, de certa forma, resiliente face à tempestade Erin, não tendo o sistema dunar sido galgado durante a sua passagem. Contudo, verificou-se que os valores obtidos pela *root checklist* e pela GAVAM estão próximos do início do intervalo médio a elevado, por considerarem mais variáveis e níveis de vulnerabilidade do que a de resiliência. Isto permite concluir que as estratégias de ordenamento e a fiscalização devem ser mais regulares e intensivas, para evitar que caiam por terra os esforços e os resultados bem-sucedidos do projeto ReDuna. Conclui-se também que algumas medidas de planeamento e gestão devem, inclusive, ser repensadas, por exemplo, através da inclusão de mais idiomas nos painéis que informam sobre a importância de preservar as dunas, bem como de ações de formação para a importância de não as contaminar com lixo. Também se verificou que os resultados do presente estudo se encontram em consonância com os obtidos em trabalhos de outros autores que também incidiam no sistema dunar da praia de São João.

Contudo, há lacunas de conhecimento associadas à temática que são amplamente reconhecidas na literatura. De facto, os efeitos sinérgicos, a longo prazo, da atuação conjunta dos fatores de pressão de origem natural e antrópica ainda não são completamente compreendidos para o geral dos ecossistemas costeiros mundiais, principalmente em cenários de AC. Efetivamente, mesmo que sejam feitas ações de restauro em sistemas cujo limiar de resiliência tenha sido, de alguma forma, ultrapassado, as respostas dos mesmos às intervenções podem

ser imprevisíveis. Este facto deve ser tido em conta aquando do planeamento e implementação das medidas de gestão e ordenamento, pois as mesmas têm custos. Para além disso, o envolvimento do público é essencial para o sucesso das medidas, mas nem sempre é simples obter a aceitação ou a participação dos utilizadores. Estes pontos contribuem para as limitações do método usado, dado que se verificou, no presente estudo, que por vezes, em algumas *checklists*, a atribuição dos níveis de vulnerabilidade às variáveis tem que se dar por interpretação do investigador face aos pressupostos subjacentes à formulação dos parâmetros de análise, o que pode levar a erros de exatidão no resultado do índice de vulnerabilidade e a desleixos na gestão ou a desfasamentos entre a evolução do estado do sistema e a resposta das medidas de ordenamento. Neste sentido, conclui-se que são necessárias investigações futuras que incidam, por um lado, na melhoria das lacunas de conhecimento indicadas, e, por outro, na melhoria das limitações do método, a fim de se ter uma monitorização cada vez mais eficiente da evolução do estado dos sistemas praia-duna, sendo também relevante a monitorização das restantes faixas do sistema dunar, bem como uma gestão que o acompanhe corretamente, principalmente em cenários de AC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvares, T. (2021). Ordenamento da Orla Costeira e Gestão de Praias. Departamento do Litoral e Proteção Costeira. Agência Portuguesa do Ambiente, Lisboa. Disponível em: <https://business.turismodeportugal.pt/SiteCollectionDocuments/capacitacao-empresarial/ciclo-webinars-turismo-sustentavel-teresa-alvarez-apa-15-mar-2021.pdf>.

Anton, I., Paranunzio, R., & Gharbia, S. (2023). Changes of the Coastal Zones Due to Climate Change. In *Journal of Marine Science and Engineering* (Vol. 11, Issue 11). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/jmse11112158>.

APA. (2025a). Programa COSMO. COSMONLINE. Disponível em: <https://cosmo.apambiente.pt/about>.

APA. (2025b). ARH do Tejo e Oeste. Águas balneares costeiras e interiores na área de atuação da ARH do Tejo e Oeste. Disponível em: <https://apambiente.pt/apa/arh-do-tejo-e-oeste>.

APA. (2021a). POC Alcobaça-Cabo Espichel: Planos de Intervenção de Praia. Disponível em: <https://apambiente.pt/agua/poc-alcobaca-cabo-espichel-planos-de-intervencao-de-praia>.

APA. (2024). Programas de Orla Costeira. Disponível em: <https://apambiente.pt/agua/programas-da-orka-costeira>.

APA. (2023). Programa de Orla Costeira Alcobaça-Cabo Espichel. Disponível em: <https://apambiente.pt/agua/programa-da-orka-costeira-alcobaca-cabo-espichel>.

Barroso, S., Cancela, J., Calado, H., Amorim, A., Pereira, A., Adelino, A., Bastos, A., Monteiro, B., Figueiredo, C., Pereira, C., Coelho, C., Andrade, C., Freitas, C., ... & Vieira, S. (2018). Programa de Orla Costeira Alcobaça-Cabo Espichel - Relatório do programa. APA, CEDRU & Biodesign, Lisboa.

Becker, C. (2014). Beyond dikes and dunes - Research on management-related conditions to enhance the feasibility of the development of a more resilient coastal zone. Utrecht University - Faculty of Geosciences.

Bednar-Friedl, B., R. Biesbroek, D.N. Schmidt, P. Alexander, K.Y. Børsheim, J. Carnicer, E. Georgopoulou, M. Haasnoot, G. Le Cozannet, P. Lionello, O. Lipka, C. Möllmann, V. Muccione, T. Mustonen, D. Piepenburg, and L. Whitmarsh. (2022): Europe. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 1817–1927, doi: 10.1017/9781009325844.015. Chapter 13, p. 1841.

Bella, A. Della, Vecchio, S. D., Fantinato, E., & Buffa, G. (2024). Coastal Dune Restoration: A Checklist Approach to Site Selection. *Land*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/land13020135>

Bergin, D. (2014). Monitoring coastal sand dunes - an introduction. Dunes Restoration Trust of New Zealand. Disponível em: https://www.coastalrestorationtrust.org.nz/site/assets/files/1185/14.1_monitoring_dunes.pdf.

Bio, A., Gonçalves, J. A., Iglesias, I., Granja, H., Pinho, J., & Bastos, L. (2022). Linking Short-to Medium-Term Beach Dune Dynamics to Local Features under Wave and Wind Actions: A Northern Portuguese Case Study. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/app12094365>

Borja, A., Basset, A., Bricker, S., Dauvin, J. C., Elliott, M., Harrison, T., ... & West, R. (2024). 1.08-Classifying ecological quality and integrity of estuaries. *Treatise on estuarine and coastal science*, Second Edition, Vol. 1, pp. 158-204. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90798-9.00039-1>

Botero, C., Pereira, C., Tosic, M., & Manjarrez, G. (2015). Design of an index for monitoring the environmental quality of tourist beaches from a holistic approach. *Ocean and Coastal Management*, 108, 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.07.017>.

Buitrago, N. R., Neal, W. J., Bonetti, J., Anfuso, G., & de Jonge, V. N. (2020). Vulnerability assessments as a tool for the coastal and marine hazards management: An overview. *Ocean & Coastal Management*, 189, 105134.

Câmara Municipal de Almada. (2014). Material de apoio aos trabalhos práticos da disciplina de Restauro de Ecossistemas e Requalificação Territorial. Departamento de Estratégia e Gestão Ambiental Sustentável.

Câmara Municipal de Almada. (2015). Projeto ReDuna nas praias de S. João. Disponível em: <https://www.cm-almada.pt/projeto-reduna-nas-praias-de-s-joao>.

Câmara Municipal de Almada (2021a). Plano Diretor Municipal de Almada. Disponível em: <https://www.cm-almada.pt/urbanismo/planeamento-urbanistico/plano-diretor-municipal-almada>.

Câmara Municipal de Almada. (2021b). Carta da REN - Desenho 1. PDM em vigor. Disponível em: https://www.cm-almada.pt/sites/default/files/2021-10/1503_REN_PL2A.pdf

Câmara Municipal de Almada. (2021c). Dunas das praias de São João da Caparica e Cova do Vapor em recuperação. Disponível em: <https://www.cm-almada.pt/dunas-das-praias-de-sao-joao-da-caparica-e-cova-do-vapor-em-recuperacao>.

Chorincas, J. (2021). Zonas Costeiras Regiões Estuarinas e Recursos Hídricos. Documento preparatório do projeto *Foresight* Portugal 2030. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.

Cohn, N., & Anderson, D. (2025). Projecting the longevity of coastal foredunes under stochastic meteorological and oceanographic forcing. *Earth's Future*, 13, e2024EF005335. <https://doi.org/10.1029/2024EF005335>

Comissão Nacional do Território (CNT). (2025). Reserva Ecológica Nacional (REN). DGT. Disponível em: <https://cnt.dgterritorio.gov.pt/ren-pagina>.

Comissão para a Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo (CCDR LVT). (2024). Programas Regionais de Ordenamento do Território (PROT). Disponível em: <https://www.ccdr-lvt.pt/ordenamento-do-territorio/programas-planos-regionais-de-ordenamento-do-territorio-prot/programas-regionais-de-ordenamento-do-territorio-prot/>.

CORDIS. (1998a). Integrated management methods: Monitoring environmental change in coastal dune ecosystems. EU research results. European Commission. Disponível em: <https://cordis.europa.eu/project/id/ENV4960215>.

CORDIS. (1998b). Implementation of the ELOISE network. EU research results. European Commission. Disponível em: <https://cordis.europa.eu/article/id/10946-implementation-of-the-eloise-network>.

da Silva, P. M. P. C. P. (2014). Avaliação da Vulnerabilidade Costeira no concelho de Almada (Portugal). Dissertação para efeito de obtenção de Grau de Mestre em Gestão e Conservação da Natureza. Universidade dos Açores, Departamento de Ciências Agrárias.

da Silva, S. A. F. (2012). *Gestão de Praias da Costa de Caparica. A capacidade de carga, o valor da onda, a segurança e informação*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil do Ordenamento do Território e Impactes Ambientais. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Davies, P., Williams, A. T., & Curr, R. H. F. (1995). Decision making in dune management-theory and practice. *Journal of Coastal Conservation*.

De Muro, S., Kalb, C., Ibba, A., Batzella, T., Pusceddu, N., Ferrara, C., & Ferraro, F. (2011). Coastal dunes vulnerability. GAVAM checklist method used at three mediterranean microtidal wave dominated beaches (Gulf of Cagliari). *Rendiconti Online Societa Geologica Italiana*, 17, 77–82. <https://doi.org/10.3301/ROL.2011.26>.

de Seoane, C. L. V., Fernández, J.B.G. & Pascual, C.V. (2007). *Manual de restauración de dunas costeras*. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Costas

Diário de Notícias. (2018). *Tempestades expõem necessidade de mais planeamento e proteção na Caparica*. Reportagem. Redação DN. Disponível em: <https://www.dn.pt/arquivo/diario-de-noticias/reportagem-tempestades-expoem-necessidade-de-mais-planeamento-e-protecao-na-caparica-9242668.html>.

Direção Geral do Território (DGT). (2025). *Sistema de Gestão Territorial*. Disponível em: <https://www.dgterritorio.gov.pt/ordenamento/sgt>.

do Carmo, J. S. A. (2019). The changing paradigm of coastal management: The Portuguese case. *Science of the Total Environment*, 695. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133807>

Environmental Protection Agency (EPA) of U.S. (2025). *Protect coasts. Green Infrastructure and extreme weather*. Disponível em: <https://www.epa.gov/green-infrastructure/coastal-resiliency>.

Ferreira, J. C., & Laranjeira, M. M. C. (2000). *Avaliação da vulnerabilidade e risco biofísico em áreas litorais sob pressão antrópica. Contributo metodológico para uma gestão ambiental*.

Ferreira, J. C., Cardona, F. S., Santos, C. J., & Tenedório, J. A. (2021). Hazards, vulnerability, and risk analysis on wave overtopping and coastal flooding in low-lying coastal areas: The case of costa da caparica, Portugal. *Water (Switzerland)*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/w13020237>

Freitas, C., Lopes, N., Silva, P., Almeida, C. & Dionísio, S. (2015). *ReDuna: Recuperação e Restauro Ecológico do Sistema Dunar de S. João da Caparica*. Departamento de Estratégia e Gestão Ambiental Sustentável da C.M. Almada.

Gallina, V., Torresan, S., Zabeo, A., Critto, A., Glade, T. & Marcomini, A. (2020). A Multi-Risk Methodology for the Assessment of Climate Change Impacts in Coastal Zones. *Sustainability*, 12(9), 3697. doi:10.3390/su12093697

Hamin, E. M., Abunnasr, Y., Roman Dilthey, M., Judge, P. K., Kenney, M. A., Kirshen, P., ... & Fricke, R. (2018). Pathways to coastal resiliency: The adaptive gradients framework. *Sustainability*, 10(8), 2629. <https://doi.org/10.3390/su10082629>

Hesp, P. (2002). Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. www.elsevier.com/locate/geomorph.

IPCC (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844

Laranjeira, M. M., Pereira, A. R., & Williams, A. T. (1999). Comparison of two checklist methods for assessment of coastal dune vulnerability INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr*, 15(4), 259–268.

Lithgow, D., Martínez, M. L., & Gallego-Fernández, J. B. (2015). The “ReDune” index (Restoration of coastal Dunes Index) to assess the need and viability of coastal dune restoration. *Ecological Indicators*, 49, 178–187. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.10.017>

Lozano, C. G., Pintó, J., & Munar, F. X. R. (2020). Set of indices to assess dune development and dune restoration potential in beach-dune systems on Mediterranean developed coasts. *Journal of Environmental Management*, 259. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109754>

Marinho, B., Coelho, C., Hanson, H., & Tussupova, K. (2019). Coastal management in Portugal: Practices for reflection and learning. *Ocean and Coastal Management*, 181. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104874>

Mendoza-González, G., Martínez, M. L., Rojas-Soto, O., Téllez-Valdés, O., & Arias-Del Razo, I. (2016). Priority areas for conservation of beach and dune vegetation of the Mexican Atlantic coast. *Journal for Nature Conservation*, 33, 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2016.04.007>

Mora, M. R. G., Fernandez, J. B. G., Williams, A. T., & Novo, F. G. (2001). A Coastal Dune Vulnerability Classification. A Case Study of the SW Iberian Peninsula. *Journal of Coastal Research*, 17(4), 802–811

Morais, M.J. (2024). Agitação marítima: Proteção Civil interdita acesso aos pontões da Costa da Caparica. *Jornal Almadense*. Disponível em: <https://almadense.sapo.pt/cidade/agitacao-maritima-protecao-civil-interdita-acesso-aos-pontoes-da-costa-da-caparica/>.

Murray, N., Comenges, J. M. Z., Fragakis, C., & Barth, H. (2003). ELOISE - How the land-ocean interaction operates, and how this is influenced by human activities. In *Continental Shelf Research* (Vol. 23, Issues 17–19, pp. 1615–1616). Elsevier Ltd. [https://doi.org/10.1016/S0278-4343\(03\)00205-X](https://doi.org/10.1016/S0278-4343(03)00205-X)

Nascimento, L. R. J. (2024). Adaptação às Alterações Climáticas através da participação comunitária. Aumento da resiliência e redução da vulnerabilidade na Costa da Caparica. Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Perfil de Engenharia de Sistemas Ambientais. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Neurónio Criativo. (2025). Correntes fortes e ondas perigosas de até sete metros: ciclone pós-tropical Erin provoca alerta do IPMA. *Executive Digest*. Disponível em: https://executivedigest.sapo.pt/noticias/correntes-fortes-e-ondas-perigosas-de-ate-sete-metros-ciclone-pos-tropical-erin-provoca-alerta-do-ipma-se-vai-para-a-praia-leia-antes-isto/#goog_rewarded.

Oliveira, F. S. B. F., Fortunato, A. B., & Freire, P. M. S. (2020). Analysis of S. João da Caparica beach vulnerability to a maritime storm event. *Laboratório Nacional de Engenharia Civil*, Lisboa.

Pacyna, J. M., Barrett, K., & Namiesnik, J. (2005). The EU European contribution to global coastal zone research: An ELOISE (European Land-Ocean Interaction Studies) project. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 62(3 SPEC. ISS.), 387–389. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2004.09.003>

Pais, D. M. S. de M. (2021). Evolução do sistema praia-duna de S. João da Caparica após alimentação artificial. Dissertação para efeito de obtenção de Grau de Mestre em Geologia do Ambiente, Riscos Geológicos e Ordenamento do Território. Universidade de Lisboa, Departamento de Geologia.

Peña-Alonso, C., Gallego-Fernández, J. B., Hernández-Calvento, L., Hernández-Cordero, A. I., & Ariza, E. (2018). Assessing the geomorphological vulnerability of arid beach-dune systems. *Science of the Total Environment*, 635, 512–525. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.095>

Pereira, A. R., & Laranjeira, M. M. C. (2002). Vulnerabilidade dunar avaliada por uma lista de controlo. <https://www.researchgate.net/publication/258289379>

Pereira, A. R., Laranjeira, M. M. C., & Neves, M. (2000). A resilience checklist to evaluate coastal dune vulnerability. <https://www.researchgate.net/publication/286987539>

Pinto, C. A. (2020). A alimentação artificial de praias em Portugal em contexto de adaptação às alterações climáticas. *Adaptres – 1ª Conferência Ibérica sobre adaptação às alterações climáticas*. Agência Portuguesa do Ambiente, Lisboa. Disponível em: https://conferencia.lifeshara.com/wp-content/uploads/2021/01/2-Celso_Pinto_APA_ADAPTES-4_19_11_2020.pdf.

Pinto, C. A., Penacho, N., & Pires, B. (2021). Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental (COSMO): Da concepção à implementação. In *X Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa*; Rio de Janeiro. APRH, Lisboa.

Rato, D. T. E. (2017). Monitorização da Duna de São João da Caparica. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Sahavacharin, A., Sompongchaiyakul, P., & Thaitakoo, D. (2022). The effects of land-based change on coastal ecosystems. *Landscape and Ecological Engineering*, 18(3), 351–366. <https://doi.org/10.1007/s11355-022-00505-x>

Sancho, F. (2023). Evaluation of Coastal Protection Strategies at Costa da Caparica (Portugal): Nourishments and Structural Interventions. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/jmse11061159>

Santos, C. J., & Ferreira, J. C. (2024). Guardians of the Sand: A Comprehensive Vulnerability Assessment of Coastal Dune Ecosystems through Multi-Criteria Checklists. *Journal of Coastal Research*, 113(sp1). <https://doi.org/10.2112/JCR-SI113-084.1>

Santos, F.D., Lopes, A.M., Moniz, G., Ramos, L. & Taborda, R. (2014). Gestão da Zona Costeira - O desafio da mudança. Sumário executivo e recomendações. Relatório do grupo de trabalho do litoral. Agência Portuguesa do Ambiente, Lisboa.

Santos, J. G., Bateira, C., Teles, V. & Ferreira, R. (2003). "Suscetibilidade a movimentos de vertente" - Diagnóstico e caracterização de sectores-problema na área centro-ocidental do Norte de Portugal - Relatório de teor geográfico aplicado ao Ordenamento do Território - Elaborado no âmbito de um Projecto de Colaboração Técnico-Científica entre a Direcção Regional do Ambiente e Ordenamento do Território - Norte (DRAOT- N) e um Grupo de Trabalho Especializado em Riscos Naturais. Coimbra, Portugal.

Silva, P., Pinho, P., Correia, A. I., Branquinho, C., & Correia, & O. (2004). Estudo de Indicadores de Vulnerabilidade de sistemas dunares: um contributo para a gestão integrada de zonas costeiras.

Silva, P. (2023). ReDuna - Projeto de restauro ecológico do sistema dunar em Almada. União das Cidades Capitais de Língua Portuguesa. Disponível em: <https://www.uccla.pt/re-duna-projeto-de-restauro-ecologico-do-sistema-dunar-em-almada>.

Splinter, K. D., Kearney, E. T., & Turner, I. L. (2018). Drivers of alongshore variable dune erosion during a storm event: Observations and modelling. *Coastal Engineering*, 131, 31–41. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2017.10.011>.

Vinagre, P. M. T. (2019). Avaliação de Soluções para Proteção Costeira Baseadas na Natureza para Adaptação às Alterações Climáticas. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL-ESPECIALIZAÇÃO EM HIDRÁULICA. Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Civil.

Williams, A., Duck, R. W., & Phillips, M. R. (2011). Coastal dune vulnerability among selected Scottish systems. *Journal of Coastal Research*. <https://www.researchgate.net/publication/268268669>.

Williams, A. T., Davies, P., Dias, J. M. A., Pereira, A. R., Mora, M. R. G., & Tejada, M. (1994). A re-evaluation of dune vulnerability checklist parameters.

Williams, A. T., Dias, J. A., Novo, F. G., Mora, M. R. G., Curr, R., & Pereira, A. (2001). Integrated coastal dune management: checklists. *Continental Shelf Research*, 21, 1937–1960.

- **Legislação:**

Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (2018). Programa de Orla Costeira Alcobaça-Cabo Espichel – Plano de praia Cova do Vapor / S. João da Caparica. Folha ALM P1 / ALM P2. Disponível em: https://apambiente.pt/sites/default/files/_SNIAMB_Agua/DLPC/POC/POC_A-CE/PIP_Praias/ALM-P1-P2%20CovaVapor%20-%20SJoaoCaparica.pdf

Aviso nº 12492/2019, de 6 de agosto. Regulamento de Gestão das Praias Marítimas e do Domínio Hídrico do troço Alcobaça-Cabo Espichel e Regulamento de Gestão das Lagoas de Óbidos e Albufeira. *Diário da República* n.º 149/2019, Série II de 2019-08-06, pp. 107 – 159. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/aviso/12492-2019-123737290>.

Decreto-Lei n.º 25/2021, de 29 de março. Altera o Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial. Diário da República n.º 61/2021, Série I de 2021-03-29, pp 8-15. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/25-2021-160422285>.

Decreto-Lei n.º 80/2015, de 14 de maio. Aprova a revisão do Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 380/99, de 22 de setembro. Diário da República n.º 93/2015, Série I de 2015-05-14, páginas 2469 – 2512. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/80-2015-67212743>.

Lei n.º 99/2019, de 5 de setembro. Primeira revisão do Programa Nacional da Política do Ordenamento do Território (revoga a Lei n.º 58/2007, de 4 de setembro). Diário da República n.º 170/2019, Série I de 2019-09-05, páginas 3 – 267. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/lei/99-2019-124457181>.

DGADR. (2019). Primeira Revisão do Programa Nacional da Política do Ordenamento do Território (PNPOT). Disponível em: https://www.dgadr.gov.pt/images/docs/destaques/PNPOT/Nota_pnpot.pdf.

ANEXO 1

Checklist principal (*root checklist*) segundo Davies et al. (1995) e Laranjeira et al. (1999) e respetivos resultados

Tabela 4: *Root checklist* modificada e adaptada para sistemas dunares Portugueses. Fonte: Adaptado de Davies et al. (1995)

Categoria A -morfologia do local e da duna	Pontuações				
	0	1	2	3	4
1.Pista (<i>fetch</i>) ortogonal das ondas	pequeno		médio		longo
2.Área superficial das dunas (ha)	>500		> 100		<100
3.Extensão do sistema de dunas ativas (km)	>20	>10	>5	>1	>0,1
4.Largura do cordão dunar (km)	>5	>2	>1	>0,1	<0,1
5.Altura máxima das dunas (m)	>25	>10	>5	>1	<1
6.a) Se existem cordões dunares paralelos, nº de cristas principais nas dunas primárias	>10	5-9	3-4	2	1
6.b) Se duna primária formada com inclinação, qual o declive?	moderado		suave		íngreme
6 c) Se duna talhada com frente escarpada, qual a altura da escarpa?	<2		2-5		>5

7. Área relativa total de depressões húmidas	moderada		pequena		nenhuma
8. Tamanho das partículas nas dunas frontais	<-1	0	+1	+2	+3
Pontuação ou % total	0,583				
Categoria B - Condição da praia					
1. Largura da zona intertidal (km)	>0,5	>0,2	>0,1	>0,05	<0,05
2. Fornecimento de areia	elevado		moderado		médio
3. Cobertura de seixos em % da superfície	0	<5	>5	>25	>50
4. % dunas frontais escarpadas pelo mar	0	<25	>25	>50	>75
5. Escarpas dunares como % da altura dunar	0	<25	>25	>50	>75
6. Brechas na duna na face voltada para o mar	nenhuma		algumas		muitas
7. Largura das brechas	<2		2-10		>10
8. Algas na parte superior da praia	muitas		algumas		nenhumas
9. Colonização pela vegetação na zona entre a face da duna e a marca das águas vivas equinociais (HWSM)	muita		alguma		negligenciável
Pontuação ou % total	0,393				
Categoria C - Caráter superficial dos 200 metros em relação ao mar					
1. % superfície não vegetada	<10	>10	>20	>40	>75
2. <i>Blowouts</i> como % da área do sistema	<5	>5	>10	>20	>40
3. Areia soprada para o interior	pouca		alguma		muita
4. Invasão das dunas pela água salgada	nenhuma		alguma		muita

5. % de novas dunas ao longo da orla marítima	>50	>25	>5	<5	0
6. % de brechas com novas dunas	>75	>50	>25	>5	0
7. % da frente da duna primária voltada ao mar com vegetação	>90	>60	>30	>10	<10
8. Se deposição recente de areia, avaliar a colonização por gramíneas como <i>Ammophila arenaria</i>	muita		alguma		nenhuma
9. % de cobertura impenetrável pela vegetação	alguma		pouca		nenhuma/muita*
10. Mudança da frente dunar desde 1940	avanço		oscilante		recoo
11. Mudança da vegetação desde 1940	incremento		oscilante		decrécimo
12. Vestígios de extração na frente dunar (200 m)	nenhum		pouco		muitos
Pontuação ou % total	0,341				
Categoria D – Pressão de uso					
1. Pressão dos visitantes	baixa		moderada		elevada
2. Acesso por estrada	nenhum		moderado		bom
3. Condução sobre as dunas	nenhuma		alguma		muita
4. Equitação sobre as dunas	nenhuma		alguma		muita
5. Densidade dos caminhos de acesso	baixa		média		alta
6. Incisão dos caminhos	baixa		moderada		profunda
7. Acampamentos comerciais	poucos		alguns		muitos
8. Acampamentos dispersos	poucos		alguns		muitos
9. Habitações	poucas		algumas		muitas
10. Proprietários	um		alguns		muitos
11. Principais proprietários/gestores	agências de proteção		públicos		privados
12. Extração comercial/aleatória	nenhuma		alguma		muita
13. Pastoreio	pouco		algum		muito
14. População de coelhos	baixa		moderada		larga

Pontuação ou % total	0,450				
Índice de vulnerabilidade	0,442				
Categoria E- Medidas de proteção recentes					
1. Vigilância e manutenção	nenhuma		alguma		muita
2. % de área com acesso restrito	0	<10	>10	>25	>50
3. Controlo do estacionamento	nenhum		algum		total
4. Controlo de equitação	nenhum		algum		total
5. Controlo de condução sobre as dunas	nenhum		algum		total
6. Controlo dos caminhos de acesso pedonal	nenhum		algum		total
7. Armadilhas de areia	poucas		algumas		muitas
8. % de plantações em áreas móveis	0	<10	>10	>25	>50
9. Painéis informativos	nenhum		alguns		muitos
10. Se ocorreu erosão marinha recente, foram feitos trabalhos de proteção?	nenhum		algum		muitos
11. Proteção pela legislação	fraca		moderada		forte
Pontuação ou % total	0,667				
Índice de medidas de proteção	0,663				

Observações:

Pontuação atribuída a cada variável

Parâmetros não aplicáveis (não entraram no cálculo do índice), ou desnecessariamente repetidos

ANEXO 2

Checklist resiliência secundária segundo da Silva (2014) e respectivos resultados, remontando a versão original a Pereira & Laranjeira (2002)

Tabela 5: Checklist resiliência adaptada para os sistemas dunares da Costa da Caparica. Fonte: Adaptado de da Silva (2014)

A- Ausência; P- Presença; D- Desnecessário; N- Necessário

Componentes da vulnerabilidade e variáveis usadas			Nível de vulnerabilidade		
			0	1	2
Erosão dunar	pelo mar	Se a duna for talhada com frente escarpada, que % do comprimento da duna frontal apresenta essa escarpa	A	P em < 50 %	P em > 50 %
		Se a duna for talhada com frente escarpada, que % da altura da duna frontal apresenta essa escarpa	P em < 25 %	25 - 50 %	> 50 %
		Galgamentos recentes	A		P
		Brechas ativas em % do sistema dunar	A ou brechas poucos incisas (<1m) em < 50 %	P brechas pouco incisas em >50% ou profundas (>1m) em <50%	P brechas profundas (>1m) e/ou largas (>2m) em >50%
	pelo vento e pelo Homem	<i>Blowouts</i> ativos em área do sistema	A	P <i>blowouts</i> incipientes em <1/3 ou P <i>blowouts</i> bem formados em >1/3	P <i>blowouts</i> incipientes em >1/3 ou P <i>blowouts</i> amplos em >1/3

		Areia soprada para fora	A de vestígios	Formam-se pequenas acumulações de areia	Acumulação de areia causa danos e justifica intervenção
Alimentação em areia	Dunas embrionárias a barlavento em % do sistema dunar	P em >50%	P em < 50%	A	
	Colmatção de brechas com dunas embrionárias	Em >50% das brechas	Em < 50%	A	
	Colmatção de <i>blowouts</i> com dunas embrionárias	Em >50% dos <i>blowouts</i>	Em < 50%	A	
	Colmatção de galgamentos com dunas embrionárias	Com reconstituição parcial do cordão dunar	Com formação de dunas embrionárias isoladas	A	
Fixação das areias pela vegetação	Superfície não vegetada	em < 25 %	25 - 75 %	em >75 %	
	Frente dunar vegetada	em >50%	10 - 50 %	em < 10%	
	Estado de danificação da vegetação (remoção ou plantas com raízes expostas) em % da superfície vegetada	em < 25 %	25 - 75 %	em >75 %	
Pressão de uso	Rede de caminhos de acesso à praia pela duna (F - frequência de caminhos por 100m de frente dunar)	Pouco densa e aberta em pontos específicos ($F \leq 1$)	Muito densa, aberta em pontos específicos ou pouco densa e difusa ($1 \leq F \leq 4$)	Muito densa e difusa ($F \geq 4$)	
	Incisão de caminhos na duna primária	pequena (<1m)	Moderada (1-2m)	Profunda (>2m)	
	Viaturas motorizadas na duna primária	Nenhuma	Algumas, trilhos localizados	Muitas, trilhos difusos	
	Construção na duna primária, em área	Nenhuma	Isolada ou dispersa em <1/4	Dispersa em >1/4 ou concentrada	
	Atividades ligadas à pesca	A ou P sem afetar a duna primária	Causando notável destruição em <1/4	Causando destruição de >1/4	

	Campos desportivos		Nenhum	Ocupação parcial	Ocupação total da duna primária
Ordenamento e gestão	Medidas gerais	Ordenamento dos caminhos	Total, passagens sobreelevadas	Parcial, passadeiras	A
		Painéis informativos	P, bem concebidos e colocados em pontos estratégicos	P, mas degradados e/ou mal colocados	A
		Vigilância de viaturas	P e eficaz ou D	Insuficiente	A
		Vigilância da construção	P e eficaz ou D	Insuficiente	A
		Vigilância das atividades ligadas à pesca	P e eficaz ou D	Insuficiente	A
	Medidas específicas	Armadilhas de areia	A, D ou P em todas as áreas de deflação	A ou insuficiente mas N em < 25 % da duna	A ou insuficiente mas N em >25 %
		Plantação em áreas móveis	A, D ou P em áreas estratégicas	A ou insuficiente mas N em < 25 % da duna	A ou insuficiente mas N em >25 %
		Alimentação da duna ou da praia	D	P, com resultados duradouros	N ou P mas sem resultados duradouros
		Restrição de acesso	A, D ou P em partes estratégicas	A ou insuficiente mas N em < 25 % da duna	A ou insuficiente mas N em >25 %
		Obras costeiras	A	P, perpendiculares à linha de costa (LC), a sotamar, não interrompendo a dinâmica sedimentar natural	P, longitudinais, aderentes e/ou perpendiculares à LC, a barlamar, intersetando e interrompendo o fluxo sedimentar natural

Observações:

Pontuação atribuída a cada variável

Parâmetros não aplicáveis (não entraram no cálculo do índice)

Variáveis de risco adicional à vulnerabilidade biofísica que não entram no cálculo do índice

Componentes da vulnerabilidade e variáveis utilizadas		Grau de limitação à livre dinâmica transgressiva		
		0 (não influencia a vulnerabilidade)	1 (condiciona a vulnerabilidade)	2 (representa elevada vulnerabilidade)
Uso do solo marginal á duna	Solo não urbanizado	Matos em >75 %	Área florestada em >75 %	A ou agricultura em >50%
	Solo urbanizado	A	>50% de área urbana dispersa	>50% de urbanização concentrada
	Outros espaços ordenados	A	>50% com parques de cam-pismo, campos desportivos, ...	
	Vias de comunicação	Caminhos florestais	Estradas municipais (EM) com pouco tráfego	Estradas nacionais, vias rápidas, EM com muito tráfego, caminhos de ferro

Componentes da vulnerabilidade e variáveis utilizadas		Pressão estimada de visitantes		
		0	1	2
Atratividade recreativa	Capacidade de alojamento na área enquadrante	A ou limitado em meio rural	Moderada em meio rural ou urbano (aldeamentos turísticos, residenciais, aluguer de alojamentos, residências secundárias, entre outros)	Elevada em meio rural ou urbano (grandes aldeamentos turísticos, residenciais, hotéis, aluguer de alojamentos, residências secundárias, entre outros)

	Condições de acesso e de estacionamento	A ou más	Razoáveis	Boas
	Espaços de lazer, e.g. parques de merendas	A	P, mal conservados	P, em bom estado de conservação
	Nível de desenvolvimento da atividade balnear	Praia em meio rural, sem equipamentos de apoio ou vigilância	Praia em meio rural, com estruturas de apoio (bares de praia) e vigilância	Praia em meio urbano, com estruturas de apoio (bares, áreas de toldos, sanitários), área destinada a jogos e vigilância

Observações:

Pontuação atribuída a cada variável

C ANEXO 3

Checklist GAVAM com as alterações de da Silva (2014) e respetivos resultados, remontando a versão original a Mora et al. (2001)

Tabela 6: *Checklist GAVAM* adaptada para os sistemas dunares da Costa da Caparica. Fonte: Adaptado de da Silva (2014)

Índice geomorfológico-sedimentar

Variáveis	Pontuações				
	0	1	2	3	4
1. Comprimento do Sistema de dunas ativas (km)	>20	>10	>5	>1	>0,1
2. Largura do sistema dunar dinâmico (km)	>2	>1	>0,5	>0,1	<0,1
3. Largura da duna primária (% em relação ao sistema dunar dinâmico)	<5 %	<25 %	<50 %	<75 %	>75 %
4. Altura modal das dunas secundárias (m)	>25	>10	>5	>1	<1
5. Altura modal das dunas primárias (m)	>25	>10	>5	>1	<1
5.a) Se existem cordões dunares paralelos, nº cristas principais nas dunas primárias	>10	5 a 9	3 ou 4	2	1
5.b) Se duna frontal formada com declive em rampa, qual inclinação	Média		Suave		Íngreme
5.c) Se duna frontal talhada com frente escarpada, qual a altura da escarpa	<2		2 a 5		>5

5.d) Se for talhada com frente escarpada, qual % da altura que apresenta essa conformação	<25%		25 a 50%		>50%
5.e) Se for talhada com frente escarpada, qual % do comprimento que apresenta essa escarpa	0		<50%		>50%
6. Grau de fragmentação do sistema ativo	Baixo		Médio		Elevado
7. Granulometria da areia na duna frontal (mm)	>2	1	0,5	0,25	0,0125

Índice de Incidência marinha

1. Fetch ortogonal das ondas (km)	<25	<100	<250	>500	>1000
2. Inclinação da berma (perfil modal da praia)	Suave ou sem berma (perfil dissipativo)		Moderada (perfil intermédio)		Abrupta (perfil refletivo)
3. Largura da zona intertidal (m)	>500	>200	>100	>50	<50
4. Amplitude marés (m)	>2		2 a 4		>4
5. Exposição costeira	10 a 45°		0 a 10°		0°
6. Nº barras arenosas submersas ou emersas	>1		1		0
7. Largura da praia seca (m)	>75	<75	<25	<10	0
8. % de superfície da duna frontal com brechas resultantes da ação direta das ondas	0	<5	<25	<50	>50

9. % do comprimento da duna primária erodida pelo mar	0	<25	>25	>50	>75
10. Granulometria dos sedimentos da praia seca (mm)	> 1		0,25 a 1 mm		<0,25
11. Energia das ondas	Baixa		Média		Alta

Índice de Incidência eólica

1. Entrada de suprimento arenoso	Elevada		Média		Baixa
2. % da cobertura de dunas embrionárias face à área da praia seca	>50	>25	>5	<5	0
3. % <i>blowouts</i> no sistema ativo	<5	<10	<25	<50	>50
4. % <i>blowouts</i> na duna primária	<5	<10	<25	<50	>50
4.a) Profundidade (% da altura da duna primária que tem os <i>blowouts</i>)	<5	<10	<25	<50	>50
5. % da frente virada ao mar que se encontra vegetada	>90	>60	>30	>10	<10
6. % do sistema ativo não vegetado	<10	>10	>20	>40	>75
7. Velocidade e intensidade do vento (se conhecido o regime modal anual)	Alta		Média		Abaixo do limite de início do movimento de saltação
8. Direção dominante do vento	<i>Onshore</i> -para duna		<i>Alongshore</i>		<i>Offshore</i> -para o mar

Índice de características da vegetação

1. % da superfície da praia seca com espécies do tipo III (face ao total de cobertura vegetal)	>50	>25	>15	>5	<5
2. % da superfície da parte virada ao mar da primária	>90	>60	>30	>15	<15

com espécies do tipo III (face ao total de cobertura vegetal)					
3. % da superfície da parte virada ao mar da primária com espécies do tipo II (face ao total de cobertura vegetal)	<5	<15	<30	<60	>60
4. % da superfície da vertente virada ao mar da duna primária com espécies do tipo I (face ao total de cobertura vegetal)	<1	>1	>5	>10	>30
5. % da superfície da frente marinha da primária com espécies exóticas (face ao total de cobertura vegetal)	0	<1	<5	<15	>15
6. % de cobertura das espécies de tipo II e III até 100 m para dentro da frente dunar (face ao total de cobertura vegetal)	>75	>50	>25	>10	<10
7. % de cobertura de plantas vigorosas na vertente virada ao mar da duna primária (face ao total de cobertura vegetal)	>75	>50	>25	>10	<10
8. % de cobertura de plantas danificadas, removidas ou com raízes expostas (face ao total de cobertura vegetal)	<25		25-75		>75
9. % de colmatção de brechas, galgamentos e <i>blowouts</i> com plantas de dunas embrionárias	>50		>25		0

Índice de pressão de uso

1. Pressão visitantes	Baixa		Média		Alta
2. Frequencia visitantes	Baixa		Média		Alta
3. Dificuldade de acesso rodoviário às dunas (p.ex. ausência de estradas)	Alta		Média		Baixa
4. Condução sobre as dunas móveis	Nenhuma		Alguma		Muita
5. Condução na praia seca	Nenhuma		Alguma		Muita
6. % de rede de caminhos na duna primária (corredores de deflação por pisoteio)	0	<5	>5	>25	>50
6.1. Largura dos caminhos (m)	<1	<2	<3	<5	>5
6.2. % profundidade dos caminhos face à altura da duna primária	<5	<25	<50	>50	>75
7. % cobertura de lixo (de origem humana)	0	<5	>5	>25	>50
8. Frequência diária de limpeza da praia no verão	Baixa (0)		Média (1)		Alta (2)
9. % da praia seca que é limpa	0	<25	<50	<75	>75
10. % de estruturas permanentes sobre o sistema ativo (p.ex. estradas, casas)	0	<25	<50	<75	>75
11. % de estruturas temporárias sobre o sistema ativo (p.ex. campismo, tendas de apoio)	0	<25	<50	<75	>75
12. % de superfície florestada até 200 m para o interior da duna primária	0	<25	<50	<75	>75
13. % de superfície agrícola até 200 m para o interior da duna primária	0	<25	<50	<75	>75
14. Pastoreio no sistema ativo	Nenhum	Baixo	Médio	Alto	Intensivo
15. Nº proprietários/gestores	Um		Alguns		Muitos
16. Principal regime propriedade	Agencias de proteção		Público		Privado
17. Atividades ligadas à pesca	Nenhuma (a resiliência do		Pouca (impactes médios sobre as		Muita (causando a rutura

	sistema não é afetada)		dunas frontais)		do cordão dunar)
Instalações desportivas (campos de futebol, golfe, entre outros)	Não existem		Existentes, afetando moderadamente a resiliência do sistema, sem, contudo, causar degradação permanente		Existentes, causando a ruptura do sistema dunar

Observações:

Pontuação atribuída a cada variável

Parâmetros não aplicáveis (não entraram no cálculo do índice)



2025

CATARINA CANDEIAS

MONITORIZAÇÃO DE RESILIÊNCIA E VULNERABILIDADE A PRESSÕES NATU-
RAIS E ANTRÓPICAS DE SISTEMAS PRAIA-DUNA



2025

CATARINA CANDEIAS

MONITORIZAÇÃO DE RESILIÊNCIA E VULNERABILIDADE A PRESSÕES
NATURAIS E ANTRÓPICAS DE SISTEMAS PRAIA-DUNA

