

Relatório Técnico Final

SHIFT-MARES (Science4Policy 2024 - S4P-24)

Variações nos serviços de ecossistemas de áreas marinhas nacionais em cenários de alterações climáticas: Impactos no turismo costeiro

Referência: CEXC/5710/2024 - S4P-24

Área de estudo: Ria Formosa (Algarve, Portugal)

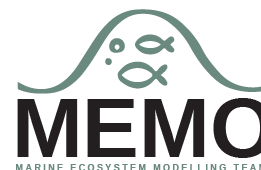
Data: 20/01/2026 | Versão: 1.1

Autores: Irene Martins, Alexandra Guerra, Alexandre Moreira, Sara Barrientos, Martinho Marta-Almeida, Sandra Ramos, Jacinto Cunha, Fátima Alves, Rosário Rosa, Diogo Guedes Vidal & Francisco Leitão



ciimar

U.PORTO



Conteúdo

Ficha técnica.....	5
Lista de imagens	6
Lista de tabelas.....	6
1. Nota de leitura	7
1. Sumário executivo	7
1.1. Elementos centrais do estudo:.....	8
1.2. Principais resultados técnicos (síntese quantitativa):.....	8
1.3. Mensagens para decisão:.....	9
2. Siglas	10
3. Enquadramento	13
4. Objetivos	14
4.1. Objetivo geral:	14
4.2. Objetivos específicos:	15
5. Metodologias	16
5.1. Modelo de teia trófica (Modelo base).....	16
5.1.1. Parametrização e balanceamento do modelo base (Ecopath; 1996–2002).....	17
5.2.1. Projeções de SST e integração no modelo de teia trófica (cenário T)	21
5.2.2. Projeções de perda de Pradarias marinha e integração no modelo de teia trófica (Cenário H)	22
5.3. Serviços de ecossistema e cálculo de SSP.....	23
5.4. Indicadores de estrutura e funcionamento	26
5.5. Workshop participativo como mecanismo de coprodução	26
6. Resultados	27
6.1. Modelo Base: Caracterização do Sistema	27
6.2. Simulações de cenários para 2021-2060: biomassa por grupos relevantes.....	29
6.3. Variação do SSP por serviço de ecossistema.....	32
6.3.1. Serviços Culturais.....	34
6.3.2. Provisão	34
6.3.3. Regulação & Manutenção	35
6.4. Mudança em indicadores ENA no final das simulações	36
6.5. Consensos e discrepâncias em coprodução (Workshop Participativo).....	37

7.	Discussão e implicações para gestão e planeamento	39
7.1.	Pradarias-marinhas como infraestrutura ecológica crítica	39
7.2.	Ganhos em serviços Culturais não removem risco de degradação ambiental	39
7.3.	Redução de reciclagem interna (FCI) e gestão de precaução	40
7.4.	O modelo como ferramenta aplicada	40
8.	Limitações, incerteza e próximos passos	40
8.1.	Limitações principais	40
8.1.1.	Período de dados e validação recente:	40
8.1.2.	SSP corresponde a potencial ecológico, não entrega efetiva observada:.....	41
8.1.3.	Pesos por serviço ($w_{i,k}$, ver ponto 6.3.1.):	41
8.1.4.	Âmbito de cenários limitado:.....	41
8.2.	Próximos passos técnicos recomendados	41
9.	Recomendações para decisão.....	42
9.1.	Linhas de ação de gestão	42
9.2.	Indicadores de monitorização sugeridos	42
10.	Conclusões	43
11.	Resultados e divulgação do projeto.....	43
12.	Referências.....	45
13.	Anexos	51
13.1.	Anexo A — Relatório: Workshop participativo	51
1.	Introdução.....	53
	Data: 9 de outubro de 2025	53
	Local: Universidade do Algarve – Campus de Gambelas.....	53
2.	Metodologia	57
3.	Resultados	59
3.1	Confronto entre projeções ecológicas e conhecimento local	59
a)	Tensões entre modelação e experiência empírica	61
b)	Predominância das pressões humanas face aos fatores climáticos.....	62
c)	Ausência de critérios operacionais de capacidade de carga.....	64
3.2	Pressões socioecológicas: mudanças percebidas.....	65
3.3	Medidas Identificadas pelos Grupos de Trabalho	68
a)	Reforço da fiscalização e combate à pesca ilegal.....	69

b) Ordenamento e regulação da náutica de recreio	69
c) Gestão integrada da aquacultura e definição de limites.....	69
d) Proteção e recuperação de habitats sensíveis.....	70
e) Educação ambiental e envolvimento comunitário.....	70
f) Governança e integração de políticas.....	70
3.4 Priorização das Medidas.....	70
4. Recomendações.....	74
B. Ordenamento rigoroso da náutica de recreio e do turismo marítimo	75
D. Regulação estratégica da aquacultura e reorganização do espaço aquícola	76
E. Proteção reforçada e restauração ecológica de habitats sensíveis.....	76
F. Reforço da governança interinstitucional e da coordenação operacional.....	77
G. Educação ambiental e envolvimento comunitário como pilares transformadores	77
H. Monitorização contínua e integração ciência–gestão	78
6. Notas finais.....	81
13.2. Anexo B — Estrutura e parametrização do modelo EwE.....	82
13.3. Anexo C — Cenários	84
13.4. Anexo D — Resultados das simulações.....	85

Ficha técnica

Sigla do Projeto	SHIFT-MARES
Programa/concurso	Science4Policy 2024 (S4P-24)
Referência	CEXC/5710/2024 - S4P-24
Título (EN)	Shifts in Portuguese Marine Ecosystem Services under Climate Change Scenarios: Impacts on Coastal Tourism
Área temática	Transição climática e sustentabilidade
Área de estudo	Ria Formosa (Algarve, Portugal)
Duração do projeto	12 meses
Entidade proponente	Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR)- Universidade do Porto
Instituição de colaboração	Centro de Ciências do Mar (CCMAR)- Universidade do Algarve; Centro de Ecologia Funcional (CEF) - Universidade de Coimbra, extensão Universidade Aberta
Investigadora responsável	Irene Martins (CIIMAR)
Equipa (membros)	Alexandra Guerra (CIIMAR) Alexandre Moreira (CIIMAR); Fabíola Amorim (CIIMAR); Francisco Leitão (CCMAR); Jacinto Cunha (CIIMAR); Martinho Marta Almeida (CIIMAR); Sandra Ramos (CIIMAR)
Consultoria	Fátima Alves; Diogo G. Vidal e Rosário Rosa (Universidade Aberta; CFE-UC)

Lista de imagens

Figura 1. Área de estudo e locais de amostragem na lagoa costeira da Ria Formosa (Algarve, sul de Portugal; ~37°N, 7–8°W). O contorno verde delimita a área protegida da Ria Formosa. Os pontos coloridos indicam os locais dos registos de dados utilizados para parametrizar os grupos do modelo. As inserções mostram a localização da área de estudo na Península Ibérica e ao longo da costa algarvia.... 17

Figura 2. Variação percentual na biomassa no final da simulação, dos grupos funcionais de 2021 (estado de referência) a 2060 (simulação de cenário: aumento da temperatura mais perda de habitat de pradarias marinhas) no modelo Ecosim. As barras positivas..... 30

Figura 3. Variação relativa no potencial de fornecimento de serviços de ecossistema ($\Delta\%SSP$) entre 2021 (estado de referência) e 2060, por categoria de serviço: (A) Provisão (B) Regulação & Manutenção e (C) Culturais..... 33

Figura 4. Variação relativa (%) das métricas de Análise de Redes Ecológicas (ENA) no final das simulações (2060) face ao estado de referência (2021), ao nível do sistema 36

Lista de tabelas

Tabela 1. Parâmetros de entrada do Ecopath para os Grupos Funcionais (FG) que compõem a teia trófica da Ria Formosa: Área de habitat (proporção da área de habitat, ou seja, a fração da área total do modelo em que o grupo ocorre), B (biomassa no ano base, em $gDW\ m^{-2}$, DW= peso seco), P/B (rácio produção/biomassa, ano^{-1}), Q/B (rácio consumo/biomassa, ano^{-1}), EE (após calibração DC) P/Q (rácio produção/consumo), UC (consumo não assimilado) e Y (capturas). Os valores em itálico foram estimados pelo Ecopath..... 18

Tabela 2. Composições da dieta (DC) balanceada, para cada compartimento do modelo..... 20

Tabela 3. Serviços de Ecossistema (SE) na Ria Formosa diretamente ligados ao turismo, a sua relevância e grupos funcionais (GF) associados..... 23

Tabela 4. Indicadores do estado ecológico da Ria Formosa (modelo base)..... 28

Tabela 5. Biomassa (B) dos grupos funcionais (FG) EwE no modelo base (BL) e no final das simulações (2060) para o cenário combinado (TH: aumento da temperatura + perda de habitat de ervas marinhas), a execução apenas com temperatura (T) e a execução apenas com perda de habitat (H). $\Delta\%$ indica a variação relativa da biomassa de 2021 a 2060 para cada execução ($\Delta\%TH$, $\Delta\%T$, $\Delta\%H$). Os grupos aos quais foi aplicado o efeito mediador estão destacados a cor de laranja. 31

Tabela 6. Disseminação dos resultados do projeto: produtos e atividades de divulgação (SHIFT-MARES) 43

1. Nota de leitura

Este documento sintetiza o enquadramento, o desenho metodológico, o plano de trabalhos e os principais resultados do projeto SHIFT-MARES, num formato orientado para suporte a decisão pública. O conteúdo foi preparado para leitura rápida por decisores e para uso técnico por equipas de planeamento e gestão.

O relatório apresenta resultados de modelação ecológica e indicadores de potencial de fornecimento de serviços de ecossistema (SSP) associados ao turismo. O indicador SSP (EN - *Service Supply Potential*) descreve a capacidade ecológica de fornecimento de SEs, não a entrega efetiva observada, uma vez que não inclui procura turística, acessibilidade, preferências, ou restrições de governação.

Os valores apresentados referem-se, salvo indicação em contrário, à comparação entre o estado de referência (2021; final da execução de referência em Ecosim) e as projeções para o período de 2021 a 2060, sob um cenário combinado de aquecimento global e perda de habitat de pradarias marinhas.

Os resultados foram validados através de um workshop participativo envolvendo investigadores, entidades públicas de gestão ambiental (APA, ICNF, Autoridade Marítima), associações de produtores, operadores turísticos e municípios, e são apresentados, de forma detalhada, no Anexo A. Workshop Participativo SHIFT-MARES - Variações nos serviços de ecossistemas de áreas marinhas nacionais em cenários de alterações climáticas: Impactos no turismo costeiro.

As tabelas e a lista de siglas servem como apoio de leitura. Informação detalhada sobre parametrização, matrizes tróficas e anexos de suporte é apresentada no anexo Material Suplementar.

No caso específico da atividade de observação de cavalos-marinhos, importa salientar que, apesar de ser considerada neste estudo como um potencial produto de ecoturismo, não existe atualmente enquadramento regulamentar que permita a sua prática formal na Ria Formosa.

1. Sumário executivo

O objetivo central do projeto SHIFT-MARES foi avaliar como pressões climáticas e antrópicas afetam a estrutura ecológica e funcional da Ria Formosa e, por essa via, o potencial de fornecimento de serviços de ecossistema ligados ao turismo costeiro. A abordagem integra (i) desenvolvimento de modelos de teia trófica, com recurso ao software *Ecopath with Ecosim* (EwE), (ii) um conjunto de indicadores de potencial

de fornecimento de serviços de ecossistema (SSP), definidos a partir da biomassa e da composição das comunidades ecológicas da Ria Formosa, e (iii) recomendações geradas num *workshop* participativo (em co-produção) com diferentes atores cuja atividade económica e/ou profissional se relaciona com a Ria Formosa.

1.1. Elementos centrais do estudo:

- Modelo base (Ecopath, 1996-2002) de teia trófica, balanceado e avaliado com diagnóstico PREBAL e índice de pedigree.
- Simulações Ecosim para o período de 2021-2060 com a presença de dois fatores de perturbação: (a) aumento de temperatura da superfície do mar de acordo com o cenário SSP5-8.5 do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC); e (b) perda contínua de 44% da área de pradarias-marinhas, tecnicamente forçada como declínio anual de biomassa, combinada com um efeito mediador na vulnerabilidade à predação das espécies utilizadoras do habitat das pradarias marinhas.
- Conversão de variações de biomassa em SSP para um conjunto de classes de serviços de ecossistema ligadas ao turismo, organizadas segundo a classificação do *Common International Classification of Ecosystem Services* (CICES).

1.2. Principais resultados técnicos (síntese quantitativa):

- Modelo base (Ecopath; 1996–2002): Balanceado e adequado para comparação entre cenários (índice de pedigree = 0,55; qualidade intermédia dos dados de entrada, adequada para comparações relativas entre cenários).
- Segundo o Modelo base (Ecopath, 1996-2002): A Ria Formosa funciona como um sistema “bentónico–detrital”, com grande parte da energia a circular via matéria orgânica e bentos. Apresenta alguma capacidade de “amortecimento” de pressões externas, ou seja, o sistema tem alguma redundância, mas pode perder rapidamente estabilidade funcional se houver pressões persistentes sobre componentes-chave (p.ex., produtores primários estruturantes).
- Cenário combinado 2021–2060: mostra uma reorganização da comunidade com perda de habitat estruturante (pradarias-marinhas) e declínios em vários grupos de peixes, gerando *trade-offs* nos Serviços de Ecossistema (SE) (Culturais podem aumentar, enquanto Provisão—sobretudo pesca tradicional—e Regulação & Manutenção tendem a diminuir); além disso, o sistema apresenta sinais de menor capacidade de reciclagem/amortecimento, especialmente, no final das simulações.

- Potencial de fornecimento de serviços de ecossistema (SSP): aumentos no potencial de serviços Culturais (turismo associado a cavalos-marinhos +33,4%; observação de aves +6,8%); declínios ligeiros no potencial de serviços de Regulação & Manutenção (-2,2% a -1,1%); maior redução no potencial de serviços de Provisão ligado à pesca tradicional (-6,40%)

1.3. Mensagens para decisão:

- As pradarias marinhas devem ser tratadas como infraestrutura ecológica crítica, devido ao seu papel como refúgio e berçário para várias espécies marinhas e à sua ligação indireta a serviços valorizados pelo turismo.
- Os potenciais ganhos estimados nos serviços Culturais associados à observação de cavalos-marinhos devem ser interpretados com cautela, uma vez que, do ponto de vista metodológico, o modelo não incorpora o efeito de outras pressões ambientais que afetam estas populações no sistema (p. ex., lixo marinho), nem o efeito de fatores sócio-económicos que também influenciam este serviço. Adicionalmente, esses potenciais ganhos não eliminam os riscos decorrentes de perdas em componentes biológicas, nem compensam eventuais reduções nos serviços de Regulação & Manutenção (ver ponto 8).
- A redução no índice de reciclagem interna do sistema (FCI) suporta uma leitura de precaução, com necessidade de monitorização e resposta adaptativa do sistema como um todo.

2. Siglas

Sigla	Significado	Nota
BA	Biomass Accumulation	Acumulação de biomassa (componente de throughput).
BH	Biomassa final no cenário H	Biomassa em 2060 na simulação apenas com perda de habitat (H).
BL	Baseline	Cenário/modelo de referência (ano base 2021).
BT	Biomassa final no cenário T	Biomassa em 2060 na simulação apenas com aumento de temperatura (T).
BTH	Biomassa final no cenário TH	Biomassa em 2060 na simulação combinada (T+H).
CI	Connectance Index	Índice de conectividade (nº de ligações / ligações possíveis).
CICES	Common International Classification of Ecosystem Services	Classificação internacional de serviços de ecossistema.
CIIMAR	Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental	Instituição parceira.
CIMA	Centro de Investigação Marinha e Ambiental	Instituição (Universidade do Algarve).
CMIP6	Coupled Model Intercomparison Project Phase 6	Ensemble de modelos climáticos globais.
DC	Diet Composition	Composição da dieta (matriz DC).
DW	Dry Weight	Peso seco (unidade/nota: gDW m ⁻²).
Ecopath	Módulo Ecopath (EwE)	Balanceamento estático da teia trófica no ano base.
Ecosim	Módulo Ecosim (EwE)	Simulação dinâmica temporal (2021–2060 e spin-up).
EE	Ecotrophic Efficiency	Eficiência ecotrófica (Ecopath).
ENA	Ecological Network Analysis	Análise de rede ecológica (métricas de sistema).
SE	Ecosystem Services	Serviços de ecossistema (termo em inglês no texto).

Sigla	Significado	Nota
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais	Infraestrutura referida no contexto de pressões/qualidade da água.
EwE	Ecopath with Ecosim	Software de modelação trófica (Ecopath/Ecosim).
FCI	Finn's Cycling Index	Percentagem do throughput reciclado internamente.
FF_hab	Forcing function – habitat	Função de forçamento associada à perda de pradarias marinhas.
FF_temp	Forcing function – temperatura	Função de forçamento associada ao aumento de SST.
FG	Functional Group	Grupo funcional (unidade do modelo).
GF	Grupo funcional	Variante usada pontualmente; recomenda-se uniformizar com FG.
GLORYS	Global Ocean Physics Reanalysis	Produto de reanálise oceânica (Copernicus).
H	Cenário Habitat	Simulação apenas com perda de pradarias marinhas.
INE	Instituto Nacional de Estatística	Fonte de estatísticas nacionais (turismo).
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	Painel intergovernamental para alterações climáticas.
KS	Keystoneness Index	Índice de espécie/grupo chave na rede.
MTI	Mixed Trophic Impact	Matriz de impacto trófico misto.
NPP	Net Primary Production	Produção primária líquida.
NSP	Net System Production	Produção líquida do sistema (total).
ONU	Organização das Nações Unidas	Instituição referida no enquadramento global.
P/B	Production/Biomass	Rácio produção/biomassa (ano ⁻¹).
P/Q	Production/Consumption	Rácio produção/consumo.
PREBAL	Pre-balance diagnostics	Diagnósticos de pré-balanceamento (EwE).
Q/B	Consumption/Biomass	Rácio consumo/biomassa (ano ⁻¹).
RTI	Relative Total Impact	Impacto total relativo (métrica de impacto).
SE	Serviços de Ecossistema	Termo em português usado no texto.

Sigla	Significado	Nota
SOI	System Omnivory Index	Índice de omnivoria do sistema.
SSP	Service Supply Potential	Indicador de potencial de fornecimento de serviços.
SSP5-8.5	Shared Socioeconomic Pathway 5 – 8.5 W m ⁻²	Cenário climático usado para SST.
SST	Sea Surface Temperature	Temperatura da superfície do mar.
T	Cenário Temperatura	Simulação apenas com aumento de SST.
TB/TST	Total Biomass / Total System Throughput	Indicador de estrutura (biomassa/throughput).
TE	Transfer Efficiency	Eficiência de transferência entre níveis tróficos.
TH	Cenário combinado	Simulação com temperatura + perda de habitat.
TL	Trophic Level	Nível trófico (p.ex., TL II).
TPP/TR	Total Primary Production / Total Respiration	Rácio produção primária/respiração total.
TST	Total System Throughput	Soma de todos os fluxos do sistema.
UC	Unassimilated Consumption	Consumo não assimilado (fração).
Y	Yield	Capturas (saídas do sistema).

3. Enquadramento

Em Portugal, o turismo assume um peso estrutural na economia e no emprego nacionais. Em 2024, manteve níveis historicamente elevados de procura e despesa turística, com o consumo turístico equivalente a 16,6% do PIB e um desempenho ligeiramente superior ao crescimento global da economia. No conjunto, estes indicadores confirmam o turismo como um dos principais motores da produção e do emprego no país (INE, 2024a).

No contexto nacional, o Algarve destaca-se como a principal região turística em termos de intensidade de procura, concentrando a maior quota de dormidas em alojamento turístico (INE, 2024b). Esta forte concentração reforça a necessidade de avaliar fatores ambientais que possam afetar a atratividade e a “qualidade” do destino.

Na região do Algarve, a Ria Formosa constitui um ativo central para o turismo de natureza, suportando experiências fortemente associadas à paisagem lagunar e aos seus valores naturais (Costa et al., 2018).

Do ponto de vista conceptual, a relação entre sistemas naturais e turismo pode ser enquadrada através dos serviços de ecossistema (SE), entendidos como os contributos materiais e não materiais dos ecossistemas para o bem-estar humano, incluindo recreio e experiências na natureza (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Em termos operacionais, classificações como a do CICES organizam estes serviços em três grandes categorias — Provisão, Regulação & Manutenção e Culturais — permitindo ligar atributos ecológicos a usos turísticos de forma sistemática e comparável (Haines-Young & Potschin, 2018). No setor do turismo, esta dependência é reconhecida em documentos de referência, que sublinham que a atratividade e a oferta turística dependem, em parte, da biodiversidade e do bom funcionamento dos ecossistemas (Pueyo-Ros, 2018).

No caso específico da Ria Formosa, os serviços de ecossistema mais diretamente ligados ao turismo incluem: (i) serviços Culturais, como a observação de aves e a fruição da paisagem lagunar (Costa et al., 2018); (ii) serviços de Provisão, associados a recursos biológicos que sustentam produtos e atividades com expressão turística, como a pesca e a aquicultura; e (iii) serviços de Regulação & Manutenção, em particular os relacionados com a qualidade da água, a estabilidade dos sedimentos e o funcionamento de habitats vegetados (Aníbal et al., 2019). Entre estes, destacam-se as pradarias marinhas, que desempenham funções de berçário e, por essa via, suportam o potencial de fornecimento de peixe em contexto local (Erzini et al., 2022).

O fornecimento destes serviços encontra-se, contudo, sujeita a múltiplas pressões de origem climática e local. O aquecimento observado e projetado, a subida do nível médio do mar e a intensificação de alguns extremos climáticos — incluindo eventos de nível do mar extremo e precipitação intensa — criam condições de risco acrescido para zonas costeiras e húmidas, com efeitos esperados sobre a hidrodinâmica, a salinidade e a qualidade da água (IPCC, 2021). Em paralelo, a literatura dedicada à Ria Formosa identifica pressões locais associadas a contaminação e poluição, descargas, alterações físicas e usos múltiplos do espaço lagunar, com implicações diretas na condição ecológica do sistema e nos serviços prestados (Aníbal et al., 2019; Newton et al., 2020). Quando habitats estruturantes, como as Pradarias marinhas, se degradam, tende a diminuir o suporte a serviços de regulação e a funções ecológicas críticas, com repercussões nas cadeias tróficas e nos serviços associados (Waycott et al., 2009; Fourqurean et al., 2012).

Para as atividades turísticas, estes efeitos podem traduzir-se em alterações na “qualidade” do destino. Por exemplo, a observação de aves depende da integridade dos habitats e da presença de comunidades de aves aquáticas que motivam deslocações específicas ao Parque Natural (Costa et al., 2018). Atividades dependentes de recursos biológicos, como a pesca artesanal e a aquicultura, são particularmente sensíveis ao estado dos habitats de suporte e à qualidade da água (Newton et al., 2022; Erzini et al., 2022). De forma semelhante, produtos turísticos centrados em espécies emblemáticas, como a observação de cavalos-marinhos, estão diretamente ligados à conservação destas populações e dos seus habitats (CCMAR, s.d.; Universidade do Algarve, s.d.).

4. Objetivos

4.1. Objetivo geral:

- Disponibilizar a decisores públicos e a atores do turismo regional uma base técnico-científica para antecipar e gerir efeitos de pressões climáticas e antrópicas na Ria Formosa, traduzindo projeções de um modelo ecológico dinâmico e indicadores de Service Supply Potential (SSP) em informação útil para a gestão e planeamento.

4.2. Objetivos específicos:

- Desenvolver e balancear um modelo de teia trófica com recurso ao software *Ecopath with Ecosim* (EwE) para a Ria Formosa, com grupos funcionais representativos das comunidades biológicas e com relevância para usos turísticos (incluindo produtores primários, invertebrados, peixes, aves, espécies em aquicultura e detritos), garantindo coerência ecológica (parâmetros B - Biomassa, P/B – Produção, Q/B – Consumo e dietas – Matriz Trófica) e documentação clara da origem de cada parâmetro e das opções assumidas aquando da falta de dados.
- Estabelecer o estado de referência (2021) no módulo dinâmico (Ecosim) através de uma simulação de *spin-up* do modelo base (Ecopath; 1996–2002) até convergência para um regime estacionário (equilíbrio interno), obtendo uma execução de referência (base-run; sistema em equilíbrio) consistente para comparação com os cenários no período 2021–2060.
- Identificar e selecionar, com base na classificação CICES (Haines-Young and Potschin, 2018), os serviços de ecossistema mais relevantes para o turismo costeiro na Ria Formosa e traduzi-los para o modelo EwE, definindo: (i) quais as classes de serviços que serão avaliadas e (ii) quais os grupos funcionais do modelo que contribuem para cada serviço (grupos “prestadores”).
- Definir e implementar um conjunto de cenários para 2021–2060, incluindo: (i) aquecimento da superfície do mar sob o cenário SSP5-8.5 do IPCC (Riahi et al., 2017) operacionalizado no Ecosim através de séries temporais de temperatura e de funções de resposta térmica específicas por grupo funcional; (ii) perda de pradarias marinhas, implementada no Ecosim como uma série temporal de declínio do grupo “Pradarias-marinhas” e como uma função mediadora aplicada às interações predador–presa, em que as pradarias marinhas atuam como refúgio/berçário, aumentando a vulnerabilidade (v) das presas à medida que este habitat diminui.
- Quantificar, para cada serviço, o SSP (Burkhard et al., 2014; Culhane et al., 2019; Piet et al., 2024) como um indicador do potencial de fornecimento, agregando a biomassa dos grupos funcionais identificados como “prestadores” de cada serviço (*proxy* da capacidade ecológica em fornecer os serviços) e estimando a sua variação temporal e entre cenários definidos, face ao estado de referência (2021).
- Complementar a avaliação das variações ao nível dos SE, com a análise das trajetórias de biomassa dos grupos funcionais (identificando espécies/grupos mais sensíveis aos cenários testados) e com métricas de funcionamento do ecossistema (indicadores de Rede Ecologia/ENA – *Ecological Network*

Analysis), de modo a avaliar o impacto dos cenários no sistema como um todo, para além das variações por serviço individual.

- Realizar um workshop participativo para interpretação conjunta dos resultados entre a equipa científica e stakeholders regionais, seguindo princípios de modelação participativa (Voinov and Bousquet, 2010). O workshop visa recolher contributos estruturados para refinamento do modelo, identificando pressupostos críticos e fontes de incerteza, bem como discutir medidas de gestão plausíveis e processos ecológicos relevantes que não estejam ainda representados.
- Produzir um documento orientado para decisores políticos (*policy brief*), sintetizando mensagens-chave, comparação entre cenários, implicações para o turismo regional e recomendações executáveis para gestão e planeamento.

5. Metodologias

5.1. Modelo de teia trófica (Modelo base)

O modelo foi desenvolvido no software Ecopath with Ecosim (EwE, version 6.7.0.18858; <http://www.ecopath.org>), que permite quantificar fluxos tróficos por balanço de massa (Ecopath) e simular dinâmicas sob pressões ambientais e de uso (Ecosim) (Christensen & Pauly, 1992; Walters et al., 1997; Christensen & Walters, 2004).

A estrutura do modelo inclui 29 compartimentos ou grupos funcionais: 11 grupos de peixes, 7 de macroinvertebrados, 3 de aves, 2 de bivalves produzidos em aquicultura, 5 produtores primários e 1 compartimento de detritos, representando a diversidade e interações tróficas da Ria Formosa, incluindo grupos de espécies com interesse turístico e económico (Anexo B, Tabela B1).

O módulo Ecopath foi parametrizado com dados para os diferentes grupos, recolhidos na Ria Formosa (Fig. 1) relativos à janela temporal de 1996–2002. Para iniciar as simulações de cenários, o modelo correu em Ecosim para um período ~25 anos, sem forçamentos externos até atingir um equilíbrio dinâmico interno ((Heymans et al., 2016; Christensen et al., 2005; Whitehouse and Aydin, 2020); esse equilíbrio foi adotado como estado de referência (2021), fixado no ano de 2021. (Anexo B, Figura B1).

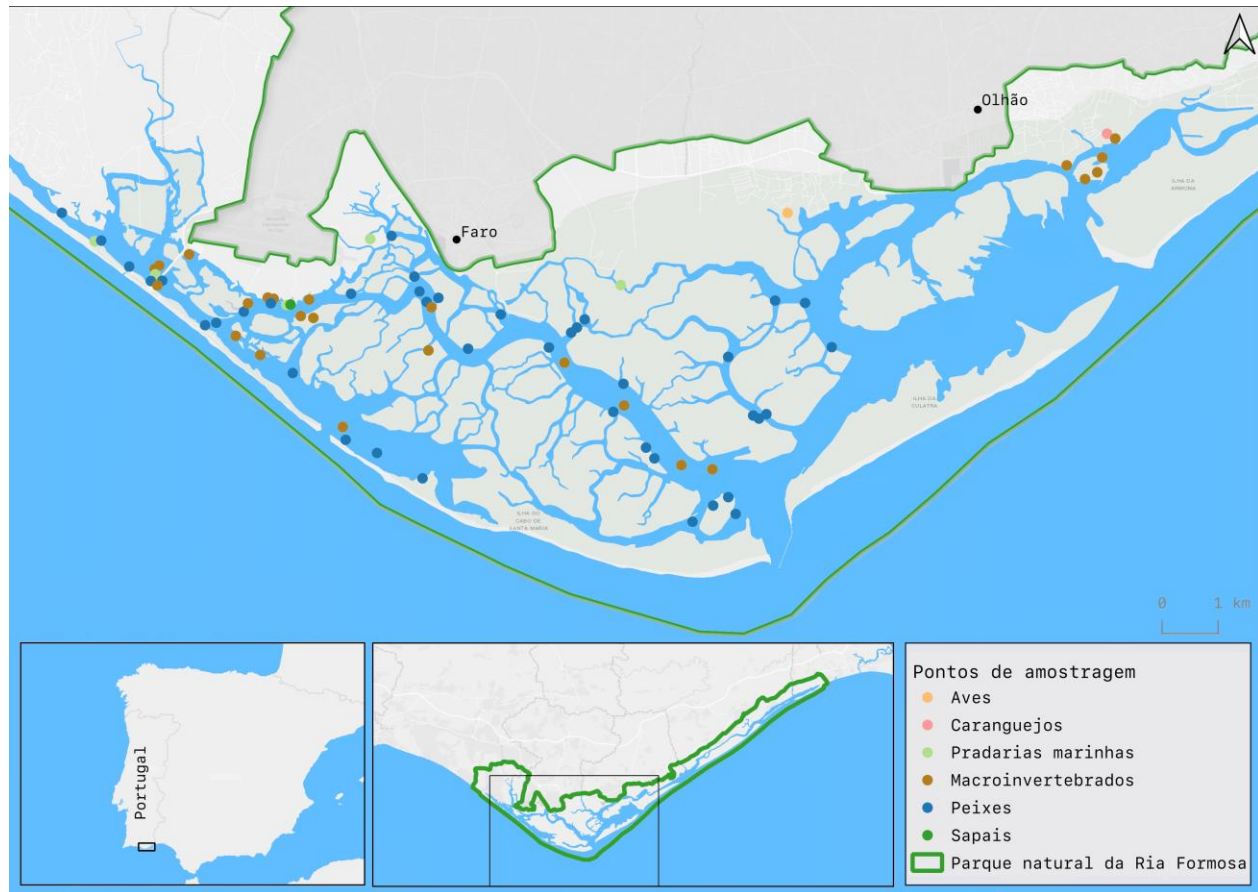


Figura 1. Área de estudo e locais de amostragem na lagoa costeira da Ria Formosa (Algarve, sul de Portugal; ~37°N, 7–8°W). O contorno verde delimita a área protegida da Ria Formosa. Os pontos coloridos indicam os locais dos registos de dados utilizados para parametrizar os grupos do modelo. As inserções mostram a localização da área de estudo na Península Ibérica e ao longo da costa algarvia.

5.1.1. Parametrização e balanceamento do modelo base (Ecopath; 1996–2002)

A parametrização seguiu práticas do EwE (Christensen et al., 2005; Heymans et al., 2016): para cada grupo foram introduzidos os valores de biomassa (B), rácios de produção por biomassa (P/B) e consumo por biomassa (Q/B), composição de dietas (DC) e parâmetros auxiliares (p.ex., fração não assimilada-UC, captura- Y; e em alguns casos a produção por consumo P/Q.). Quando necessário, dados de diferentes fontes foram normalizados por conversões de unidade e agregação por grupo funcional (Christensen and Walters, 2004; Colléter et al., 2015). (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros de entrada do Ecopath para os Grupos Funcionais (FG) que compõem a teia trófica da Ria Formosa: Área de habitat (proporção da área de habitat, ou seja, a fração da área total do modelo em que o grupo ocorre), B (biomassa no ano base, em gDW m⁻², DW= peso seco), P/B (rácio produção/biomassa, ano⁻¹), Q/B (rácio consumo/biomassa, ano⁻¹), EE (após calibração DC) P/Q (rácio produção/consumo), UC (consumo não assimilado) e Y (capturas). Os valores em itálico foram estimados pelo Ecopath.

#	FG	Hab area	B	P/B	Q/B	EE	P/Q	UC	Y
1	Aves filtradoras	1	0,044	0,250	106,400	0,00	0,00	0,2	
2	Aves limícolas	1	0,014	0,400	80,370	0,00	0,00	0,2	
3	Aves piscívoras	1	0,003	0,090	67,375	0,00	0,00	0,2	
4	Sardinha	1	0,014	1,199	10,300	0,81	0,12	0,2	
5	Atherina	1	0,157	1,320	11,700	0,07	0,11	0,2	
6	D. labrax	1	0,016	0,273	5,46	0,97	0,050	0,2	0,0016
7	Cavalo-marinho	1	0,004	1,070	13,200	0,04	0,08	0,2	
8	S. aurata	1	0,006	0,272	4,660	0,95	0,06	0,2	0,0006
9	M. surmuletus	1	0,004	0,781	6,200	0,62	0,13	0,2	0,0004
10	D. sargus	1	0,004	0,411	8,220	0,89	0,05	0,2	0,0004
11	Peixes zoobentívoros	1	0,008	1,090	11,616	0,53	0,09	0,2	
12	Peixes omnívoros	1	0,025	0,700	14,433	0,75	0,05	0,2	0,0025
13	Peixes detritívoros	1	0,021	0,470	9,400	0,64	0,05	0,2	0,0021
14	Peixes herbívoros	1	0,003	0,440	8,800	0,69	0,05	0,2	0,0003
15	Crustáceos	1	1,21	8,32	166,350	0,95	0,05	0,2	
16	Decapoda	1	1,819	5,292	55,060	0,34	0,10	0,2	
17	Bivalvia	1	23,218	3,450	42,730	0,20	0,08	0,2	5,8045
18	Cephalopoda	1	0,0200	2,000	25,500	0,38	0,08	0,2	0,0003
19	Annelida	1	1,772	3,760	46,00	0,85	0,050	0,2	
20	Gastropoda	1	2,960	1,670	33,40	0,84	0,050	0,2	
21	Zooplâncton	1	0,075	150,000	500,00	0,79	0,300	0,4	
22	Aquicultura de Ostras	0,0047	1,692	1,000	20,00	0,35	0,050	0,2	0,5900
23	Aquicultura de Amêijoas	0,047	4,935	0,500	10,00	0,52	0,050	0,2	1,2900
24	Pradarias marinhas	0,082	30,438	0,714		0,92			
25	Sapais	0,41	232,920	0,690		0,01			
26	Macroalgas	0,025	0,479	3,339		0,82			

#	FG	Hab area	B	P/B	Q/B	EE	P/Q	UC	Y
27	Microfitobentos	1	26,900	109,500		0,09			
28	Fitoplâncton	1	1,99	475,000		0,65			
29	Detritos	1				0,27			

A matriz das dietas (Tabela 2) foi compilada dando preferência a dados proveniente de estudos aplicados a zonas costeiras portuguesas, incluindo a Ria Formosa e sistemas comparáveis (p.ex., Vinagre and Gastón, 2024; Bueno-Pardo et al., 2018; Gamito and Erzini, 2005) complementando com bases de dados globais (FishBase, <https://fishbase.org/>; Birds of the World, <https://birdsoftheworld.org/bow/home>).

O balanceamento (requisito do software) foi alcançado assegurando que as Eficiências Ecotróficas (EE) são inferiores a 1 para todos os grupos e ajustando, quando necessário e dentro de intervalos plausíveis, parâmetros de input, nomeadamente os valores definidos na matriz das dietas, dada a maior incerteza típica dessas componentes (Christensen et al., 2005).

A qualidade e plausibilidade ecológica dos parâmetros foram avaliadas por diagnóstico PREBAL, seguindo recomendações de modelação trófica para EwE (Darwall, 2010; Link, 2010; Heymans et al., 2016).

A rastreabilidade e qualidade do modelo, com base nos dados de entrada, foram sintetizadas pelo índice de pedigree (IPdgr = 0,55), segundo a origem e robustez da informação (Christensen et al., 2008).

Tabela 2. Composições da dieta (DC) balanceada, para cada compartimento do modelo.

	Presa \ predador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Aves filtradoras																							
2	Aves pernaltas																							
3	Aves piscívoras																							
4	Sardinha		0,0001	0,03			0,01		0,0008	0,0010	0,0107	0,001	0,0001						0,0001					
5	Atherina		0,0001	0,31			0,01		0,0008	0,0010	0,0107	0,001	0,0001						0,0001					
6	D. labrax		0,0001	0,01					0,0008	0,0010	0,0001	0,001	0,0001						0,0001					
7	Cavalo-marinho		0,0001	0,01			0,01		0,0008	0,0010	0,0107	0,001	0,0001						0,0001					
8	S. aurata		0,0001	0,002			0,001			0,0010	0,0001	0,001	0,0001						0,0001					
9	M. surmuletus		0,0001	0,01			0,001		0,0008		0,0001	0,001	0,0001						0,0001					
10	D. sargus		0,0001	0,003			0,001		0,0008	0,0010		0,001	0,0001						0,0001					
11	Peixes zoobentívoros		0,0001	0,01			0,01		0,0009	0,001	0,001		0,01						0,0001					
12	Peixes omnívoros		0,0001	0,01			0,001		0,0008	0,001	0,0001	0,001							0,0001					
13	Peixes detritívoros		0,0001	0,01			0,001		0,0008	0,001	0,0001	0,001	0,0001						0,0001					
14	Peixes herbívoros		0,0001	0,001			0,001		0,0008	0,001	0,0001	0,001	0,0001						0,0001					
15	Crustáceos		0,14	0,35		0,05	0,10	0,37	0,16	0,02	0,05	0,07	0,23	0,09	0,03	0,0001	0,07		0,02	0,02				
16	Decapoda	0,40		0,11	0,01	0,01	0,29	0,01	0,08	0,49	0,11	0,21	0,23				0,02		0,39					
17	Bivalvia	0,19	0,51	0,11		0,45	0,24	0,18	0,25	0,08	0,47	0,13	0,10				0,09		0,36					
18	Cephalopoda										0,01		0,00						0,02					
19	Annelida		0,07	0,001		0,001	0,22	0,01	0,09	0,16	0,05	0,27	0,17				0,03		0,13	0,01				
20	Gastropoda		0,28	0,01		0,001		0,09	0,33		0,05	0,16	0,23				0,03		0,05					
21	Zooplâncton	0,40		0,001	0,99	0,27	0,10	0,31	0,07			0,09			0,08	0,01	0,01	0,001	0,01			0,003	0,01	0,01
22	Aquicul. Ostras																							
23	Aquicul. Amêijoas																							
24	Pradarias marinhas									0,001	0,05				0,59	0,01	0,03							
25	Spais														0,08	0,06	0,11							
26	Macroalgas					0,01		0,01	0,001		0,05		0,001	0,01	0,13	0,00	0,01		0,01	0,001	0,001	0,001		
27	Microfitobentos					0,09		0,01	0,01	0,09	0,10	0,06	0,03	0,16	0,08	0,15	0,01		0,01	0,10	0,05	0,001		
28	Fitoplâncton	0,01			0,003	0,01		0,01			0,01	0,00		0,06		0,56	0,01	0,43			0,12	0,75	0,42	0,42
29	Detritos					0,11	0,01			0,13				0,68		0,20	0,59	0,57		0,87	0,83	0,25	0,56	0,56

5.2. Definição de cenários e simulações em Ecosim

As simulações dinâmicas foram realizadas em Ecosim a partir do estado de referência (2021), obtido por spin-up do modelo base (Ecopath; 1996–2002), para o período de 2021–2060. Foram considerados três tipos de cenários: aumento da temperatura da superfície da água do mar (T), perda de pradarias-marinhas (H) e cenário combinado (TH), i.e., aumento da temperatura da superfície da água do mar e perda de pradarias-marinhas, permitindo separar efeitos e avaliar a interação entre fatores de perturbação ambiental.

5.2.1. Projeções de SST e integração no modelo de teia trófica (cenário T)

As projeções de temperatura da superfície do mar (SST) foram obtidas a partir de um conjunto (ensemble) de 10 modelos climáticos globais do *Coupled Model Intercomparison Project Phase 6* (CMIP6), sob o cenário SSP5-8.5 do IPCC (Eyring et al., 2016). As séries mensais foram corrigidas com base na reanálise do *Global Ocean Physics Reanalysis* (GLORYS), gerando séries consistentes para: histórico (1996–2015), futuro próximo (2021–2040) e meio do século (2041–2060). A seleção do cenário SSP5-8.5 baseou-se em dois critérios: (i) representa uma opção severa, mas plausível, em linha com tendências recentes de emissões de gases com efeito de estufa; e (ii) é compatível com o horizonte de análise até ~2060, relevante para o planeamento e a gestão do turismo à escala regional.

Para incorporar o aquecimento oceânico no Ecosim, definiu-se para cada grupo funcional uma curva térmica trapezoidal que traduz a temperatura num fator multiplicativo do consumo (Serpetti et al., 2017). A curva é parametrizada com quatro limiares disponíveis no AquaMaps (Kaschner et al., 2019; <https://www.aquamaps.org/>); MinA (temperatura mínima absoluta), MinP (temperatura mínima preferencial), MaxP (temperatura máxima preferencial) e MaxA (temperatura máxima absoluta). Assim, o fator térmico assume o valor de 1 entre MinP–MaxP (consumo no máximo definido, ou seja, multiplicador do consumo = 1), varia linearmente entre MinA–MinP e MaxP–MaxA (consumo reduz-se progressivamente à medida que a temperatura se afasta do intervalo preferencial, ou seja, multiplicador do consumo < 1) e é 0 fora de [MinA, MaxA] (assumindo assim, ausência de alimentação, multiplicador do consumo = 0). Ao mesmo tempo, as séries mensais de SST projetadas para 2021–2060 sob o cenário SSP5-8.5 foram introduzidas como Função Forçadora (FF_temp). Desta forma, a cada passo de simulação, o Ecosim lê a temperatura $T(t)=FF_temp(t)$ e esta determina o respetivo multiplicador de consumo (entre 0 e 1) correspondente. Esse multiplicador é então usado para escalar a taxa de

consumo, com efeitos posteriores na dinâmica das interações tróficas, resultando em variações de biomassa.

Este efeito foi aplicado aos grupos de consumidores: peixes e macroinvertebrados, excluindo aves marinhas, para as quais se assumiu um efeito sobretudo indireto, via alterações nas presas e nas interações tróficas.

5.2.2. Projeções de perda de Pradarias marinhas e integração no modelo de teia trófica (Cenário H)

A redução de pradarias marinhas na Ria Formosa foi incorporada no Ecosim através de uma Função Forçadora (FF_hab) aplicada ao grupo “pradarias marinhas”. Assumiu-se que a diminuição da área ocupada por pradarias se traduz numa redução proporcional da biomassa média do grupo no sistema (Cabaço et al., 2007). Assim, em cada passo de simulação, o valor de FF_hab(t) escala diretamente a biomassa do grupo “Pradarias marinhas”.

A parametrização de FF_hab baseou-se nas séries históricas de cartografia compiladas em Ito et al. (2025). A partir das estimativas de perda para pradarias intertidais e subtidais na Ria Formosa, obteve-se uma taxa média ponderada de declínio de $-1,47\%$ ano⁻¹. Esta taxa foi implementada como um declínio anual constante em FF_hab ao longo do período de simulação (2021–2060), assumindo que a tendência observada por Ito et al. (2025) se mantém e constitui uma projeção conservadora da perda em curso.

O efeito desta perda de habitat de pradarias marinhas nas restantes espécies da comunidade que representa a Ria Formosa, foi implementado via função de mediação associada ao habitat que atua na vulnerabilidade (“v”) de presas que dependem das pradarias como refúgio ou berçário (Harvey, 2014; Plummer et al., 2013). Nesta abordagem, em cada passo, a biomassa do grupo, que está a ser forçada pela FF_hab a diminuir ao longo do tempo, determina um multiplicador de mediação, que ajusta o parâmetro “v” nas equações de consumo. À medida que a biomassa de Pradarias marinhas diminui, o multiplicador aumenta “v”, elevando a fração de biomassa vulnerável e, por consequência, a mortalidade por predação das presas associadas (Harvey, 2014; Heck and Orth, 2006).

A mediação foi aplicada apenas às interações presa–predador em que existe base científica da dependência explícita do habitat e co-ocorrência espacial entre presa e predador no sistema em estudo, Ria Formosa. (Anexo C, Tabela C1)

5.3. Serviços de ecossistema e cálculo de SSP

Os serviços de ecossistemas fornecidos pela componente biótica dos ecossistemas e ligados ao turismo foram identificados com base na classificação CICES v5.2 (Haines-Young, 2023 - <https://cices.eu/>) e selecionados por dois critérios: (i) relevância direta para turismo na Ria Formosa e (ii) ligação direta a grupos funcionais do modelo. O processo combinou revisão dirigida de literatura e julgamento de peritos (*expert judgment*), que integram a equipa científica do projeto.

Foram identificadas 12 classes de ES (4 de Provisão, 6 de Regulação & Manutenção e 2 Culturais) (Tabela 3).

Tabela 3. Serviços de Ecossistema (SE) na Ria Formosa diretamente ligados ao turismo, a sua relevância e grupos funcionais (GF) associados.

Secção	Grupo/classe de SE	Serviço na Ria Formosa	Relevância para o turismo na Ria Formosa	Grupos funcionais associados (FG)
Provisão	Plantas cultivadas <i>in situ</i> para fins alimentares	Salicórnia para venda e produção de gin	Gastronomia local; experiência de prova de bebidas	Sapais
	Animais produzidos por aquicultura <i>in situ</i> para fins alimentares	Aquicultura: amêijoas e ostras	Gastronomia local	Aquicultura de ostras; Aquicultura de amêijoas
	Animais selvagens usados para fins alimentares	Pesca tradicional	Abastecimento de restaurantes locais; gastronomia local	Cefalópode; S. aurata; D. sargus; D. labrax; Bivalves
	Materiais de animais selvagens para uso direto/transformação (excluindo materiais genéticos)	Captura de caranguejo e poliquetas para isco de pesca	Experiências de pesca recreativa	Anelídeos; Decápode
Regulação & Manutenção	Bio-remediação por microrganismos, algas, plantas e animais	Remoção de poluentes (por bio-remediação)	Qualidade ambiental; água limpa para atividades recreativas	Sapais; Pradarias marinhas; Macroalgas; Microfitotobentos; Fitoplâncton; Zooplâncton; Crustácea

Secção	Grupo/classe de SE	Serviço na Ria Formosa	Relevância para o turismo na Ria Formosa	Grupos funcionais associados (FG)
	Filtração/sequestro/armazenamento/acumulação por microrganismos, algas, plantas e animais	Remoção de poluentes (por filtração)		Sapais; Macroalgas Microfitobentos ; Fitoplâncton; Zooplâncton; Bivalves; Aquicultura de ostras; Aquicultura de amêijoas
	Regulação da condição química das águas salgadas por processos biológicos	Regulação química da água (por filtração)		Sapais; Pradarias marinhas; Bivalves; Aquicultura de ostras; Aquicultura de amêijoas
	Controlo das taxas de erosão	Redução da erosão pelos habitats naturais	Praias protegidas e infraestruturas costeiras mais seguras para turismo	Salt marsh; Seagrass; Macroalgas; Microfitobentos
	Manutenção do ciclo de vida, habitat e proteção do património genético	Habitats importantes de berçário e refúgio	Conservação de espécies de peixe relevantes para a gastronomia	Sapais; Pradarias marinhas
	Manutenção do ciclo de vida, habitat e proteção do património genético	Habitats e espécies importantes de alimentação	Biodiversidade (suporte a serviços do ecossistema)	Aterina; Cavalomarinho; M. surmuletus; D. sargus; Peixes zoobentívoros; Peixes omnívoros; Peixes detritívoros; Peixes herbívoros; Crustáceos; Decápodes; Bivalves; Cefalópodes; Anelídeos; Gastrópodes;

Secção	Grupo/classe de SE	Serviço na Ria Formosa	Relevância para o turismo na Ria Formosa	Grupos funcionais associados (FG)
				Zooplâncton; Aquicultura de Ostras; Aquicultura de Amêijoas; Pradarias marinhas; Sapais; Macroalgas; Microfitobentos; Fitoplâncton
Culturais	Características dos sistemas vivos que permitem atividades promotoras de saúde, recuperação ou prazer, por interações passivas/observacionais	Observação de aves	Passeios de <i>birdwatching</i> ; ecoturismo	Aves filtradoras; Aves piscívoras; Aves limícolas
	Características dos sistemas vivos que permitem atividades promotoras de saúde, recuperação ou prazer, por interações passivas/observacionais	Observação de cavalos-marinhos (espécie icónica)	Observação de espécie icónica; ecoturismo	Cavalo-marinho

Para cada serviço foi definido um conjunto de grupos funcionais como indicadores (FG associados), permitindo traduzir mudanças na sua biomassa em mudanças no potencial de fornecimento de SE (Culhane et al., 2019; Piet et al., 2024).

5.3.1. Cálculo do SSP:

$$SSP_{k,C} = \sum_i (w_{i,k} \cdot B_{i,C}) \tag{1}$$

onde $B_{i,C}$ é a biomassa do grupo i no fim da simulação (condição c : base ou cenário) e $w_{i,k}$ é um peso de contribuição do grupo i para o serviço k . Na ausência de evidência para pesos diferenciados, assumiu-se contribuição igual ($w_{i,k} = 1$), devendo esta escolha ser interpretada como aproximação conservadora (Culhane et al., 2019).

As mudanças no potencial fornecimento dos ES, correspondem à variação percentual relativa, definida como:

$$\Delta\%SSP_k = ((SSP_{k,cenário} / SSP_{k,base}) - 1) \times 100 \tag{2}$$

É importante salientar que, as simulações feitas consideraram apenas o potencial biológico do ecossistema para o fornecimento do serviço, não tendo sido considerado o efeito dos fatores abióticos e sociais no fornecimento dos serviços de ecossistemas.

5.4. Indicadores de estrutura e funcionamento

Para complementar a leitura das simulações, foram analisadas métricas ENA no estado de referência (2021; sistema em equilíbrio interno, sem pressões/forçamentos externos) e no final das simulações, incluindo TST e decomposição (consumo, respiração, exportações, via detrital), Finn's Cycling Index (FCI), Ascendência e *Overhead* relativos, e métricas de complexidade (conectividade e omnivoria) (Christensen & Walters, 2004; de Jonge and Schückel, 2021)

5.5. Workshop participativo como mecanismo de coprodução

Os resultados preliminares do modelo foram submetidos a um processo de validação social através de workshop participativo realizado na Universidade do Algarve. O evento reuniu investigadores (CCMAR, CIIMAR, CinTurs), entidades públicas de gestão ambiental (APA/ARH Algarve, ICNF), representantes municipais (Município de Olhão), associações de produtores aquícolas e operadores turísticos locais.

A metodologia adotada foi fundamentada nos princípios de coprodução de conhecimento – processo colaborativo que integra diferentes formas de saber para responder a problemas complexos. Reconheceu-se que os fenómenos socio-ecológicos em sistemas altamente dinâmicos como a Ria Formosa não podem ser plenamente compreendidos apenas a partir de abordagens disciplinares isoladas. Desta forma, a arquitetura metodológica articulou de forma explícita ciência ecológica (modelação e projeções), experiência institucional (gestão ambiental e territorial), práticas setoriais (aquicultura, turismo, pescas), e perceções locais dos utilizadores do território. Esta matriz metodológica permitiu discutir os resultados preliminares do projeto e contextualizá-los à luz das vivências e responsabilidades dos diferentes atores envolvidos na gestão da Ria.

O processo desenvolveu-se em quatro momentos sequenciais, concebidos para criar um percurso progressivo entre informação, crítica, deliberação e síntese coletiva: (i) estabelecimento de linguagem comum, de forma a clarificar a natureza e alcance do exercício de modelação; (ii) confronto crítico entre modelação e conhecimento empírico, para identificar lacunas e divergências; (iii) trabalho em grupos heterógenos para permitir revelar convergências e divergências internas a cada setor; (iv) priorização coletiva para identificar linhas de ação consideradas prioritárias.

Os contributos do workshop foram registados e sistematizados (Ver relatório detalhado no Anexo A Workshop Participativo SHIFT-MARES - Variações nos serviços de ecossistemas de áreas marinhas nacionais em cenários de alterações climáticas: Impactos no turismo costeiro.). Tudo o que foi tecnicamente viável e compatível com os dados disponíveis foi integrado no modelo atual (ajustes de pressupostos, ligações e parametrizações). Os aspetos que não puderam ser implementados no tempo útil do projeto ficaram documentados como recomendações de refinamento, incluindo necessidades de levantamento de dados e de séries temporais que permitam, numa fase seguinte, quantificar de forma mais realista as tendências e mecanismos identificados pelos participantes.

6. Resultados

6.1. Modelo Base: Caracterização do Sistema

O modelo base (Ecopath; 1996–2002) apresentou um índice de pedigree = 0,55, indicando qualidade intermédia dos dados de entrada e por isso, adequado para análises comparativas de cenários (Colléter et al., 2015). Simultaneamente, as métricas ENA, como o rendimento total do sistema (TST) = 7.287,87, dominado por fluxos para detritos (~52%), seguidos de consumo (~22%), respiração (~16%) e exportações (~10%), também estão de acordo com o padrão típico de lagoas pouco profundas com forte processamento bentónico (Ulanowicz, 2004; Heymans et al., 2014) (Tabela 4). A produção primária líquida (NPP) estimada foi 4.075,76 g peso seco $m^{-2} \text{ ano}^{-1}$, coerente com valores prévios registado para a Ria Formosa (Sprung, 1994; Brey, 2012) (Tabela 4).

A teia trófica é sustentada sobretudo pela via detrítica (D:H = 1,52), indicando maior transferência de energia por detritos do que por herbivoria direta. O sistema é globalmente autotrófico (TPP/TR = 3,53; NSP = 2.921,57) e apresenta reciclagem moderada (FCI = 6,95%) com baixa eficiência de transferência (TE = 3,07%) (Tabela 4). Em termos de organização (no sentido de métricas informacionais em redes de fluxos; Ulanowicz & Norden, 1990), a Ascendência (organização) = 35,73% e o *Overhead* (redundância) = 63,76% sugerem organização intermédia, ou seja, um sistema com grande redundância e capacidade de resposta a variação/perturbação (Ulanowicz & Norden, 1990; Fath et al., 2019). Por fim, CI = 0,30 e SOI = 0,05 indicam baixa omnívora média, devendo estes indicadores ser usados sobretudo em comparações internas, dado o efeito da agregação (Gauzens et al., 2013; Christensen & Walters, 2004).

Indicadores complementares reforçam esta leitura. O rácio entre a biomassa total e o rendimento total do sistema (TB/TST = 0,05) aponta para elevado turnover (muita circulação de fluxos face ao “stock” de

biomassa). A análise das métricas de *Keystoneness* (KS) e Impacto total relativo (RTI), que identificam grupos com influência sistêmica desproporcional (i.e., efeito elevado e baixa biomassa): aves piscívoras, bivalves e crustáceos apresentam RTI elevado e KS positivo, sugerindo potencial para efeitos em cascata apesar de biomassa relativamente reduzida. (Tabela 4)

Em suma, o modelo descreve um sistema detrítico, autotrófico, moderadamente reciclador e com organização intermédia, onde alguns grupos (“Aves piscívoras”, “Bivalves” e “Crustáceos”) podem funcionar como pontos-chave para a dinâmica da rede.

Tabela 4. Indicadores do estado ecológico da Ria Formosa (modelo base)

Indicador	Valor	Leitura funcional / ecológica
Rendimento total do sistema (TST)	7 287,87	Atividade global do sistema (soma dos fluxos).
Detrito (% relativa a TST)	3 789,62 (~52,0%)	Predomínio da via detrítica no processamento de energia/matéria.
Consumo (% relativa a TST)	1 607,90 (~22,1%)	Intensidade das interações tróficas (fluxos entre níveis).
Respiração (% relativa a TST)	1 154,19 (~15,8%)	Custos metabólicos/dissipação de energia.
Exportações (% relativa a TST)	736,17 (~10,1%)	Perdas/saídas do sistema modelado.
Produção primária líquida (NPP)	4 075,76 (g peso seco m ⁻² ano ⁻¹)	Base produtiva do sistema.
D:H	1,52	Transferência por detritos superior à herbivoria direta. Detritos→TL II > Produtores→TL II
Produção primária total/Respiração total (TPP/TR)	3,53	Sistema autotrófico (produção > respiração).
Produção líquida do sistema (NSP)	2 921,57	Produção líquida positiva do sistema.
Finn's Cycling Index (FCI)	6,95%	Reciclagem interna moderada.
Eficiência de transferência (TE)	3,07%	Baixa eficiência média de transferência entre níveis tróficos.
Ascendência	35,73%	Fração da capacidade do sistema que está efetivamente organizada em vias de fluxo previsíveis/estruturadas (mais “eficiência informacional” dos fluxos), neste caso, temos uma organização intermédia dos fluxos (atividade + informação).

Indicador	Valor	Leitura funcional / ecológica
Overhead	63,76%	Fração da capacidade que sobra como redundância (rotas alternativas e “folga” na rede), associada a flexibilidade e resposta a variação/perturbação, neste caso temos uma redundância/flexibilidade relativamente alta (rotas alternativas).
Índice de conectividade (CI)	0,30	Densidade de ligações na rede (complexidade estrutural).
Índice de omnívora do sistema (SOI)	0,05	Omnívora média baixa (sensível à agregação).
Biomassa total/ Rendimento total do sistema (TB/TST)	0,05	Turnover elevado: muito fluxo face ao “stock” de biomassa.
Keystoneness (KS)	“Aves Piscívoras”: 0,0920 “Bivalves”: 0,0619 “Crustáceos”: 0,0368	Grupos com impacto elevado face à sua biomassa.
Impacto total relativo (RTI)	“Aves Piscívoras”: 0,997 “Bivalves”: 1,000 “Crustáceos”: 0,881	Grupos com forte potencial de efeitos indiretos/cascata no sistema

6.2. Simulações de cenários para 2021-2060: biomassa por grupos relevantes

No cenário combinado TH (aumento de SST + perda de pradarias marinhas), a resposta da variação da biomassa não é uniforme entre grupos. O padrão de variação é consistente com dois níveis de efeito: (i) efeitos diretos de cada fator e (ii) efeitos indiretos transmitidos pela teia trófica, que podem mudar a intensidade e até o sinal da resposta em alguns grupos.

Observam-se declínios fortes em vários grupos de peixes e no grupo das pradarias marinhas (Figura 2)

Em paralelo, surgem aumentos noutros grupos, sugerindo redistribuição interna de fluxos (parte do “espaço trófico” libertado por grupos em queda é ocupado por outros).

Em termos funcionais, isto é compatível com menor proteção/berçário quando o habitat se reduz, maior exposição a predação em fases juvenis e reajustes na pressão trófica (predação e competição) que se propagam ao longo da cadeia trófica.

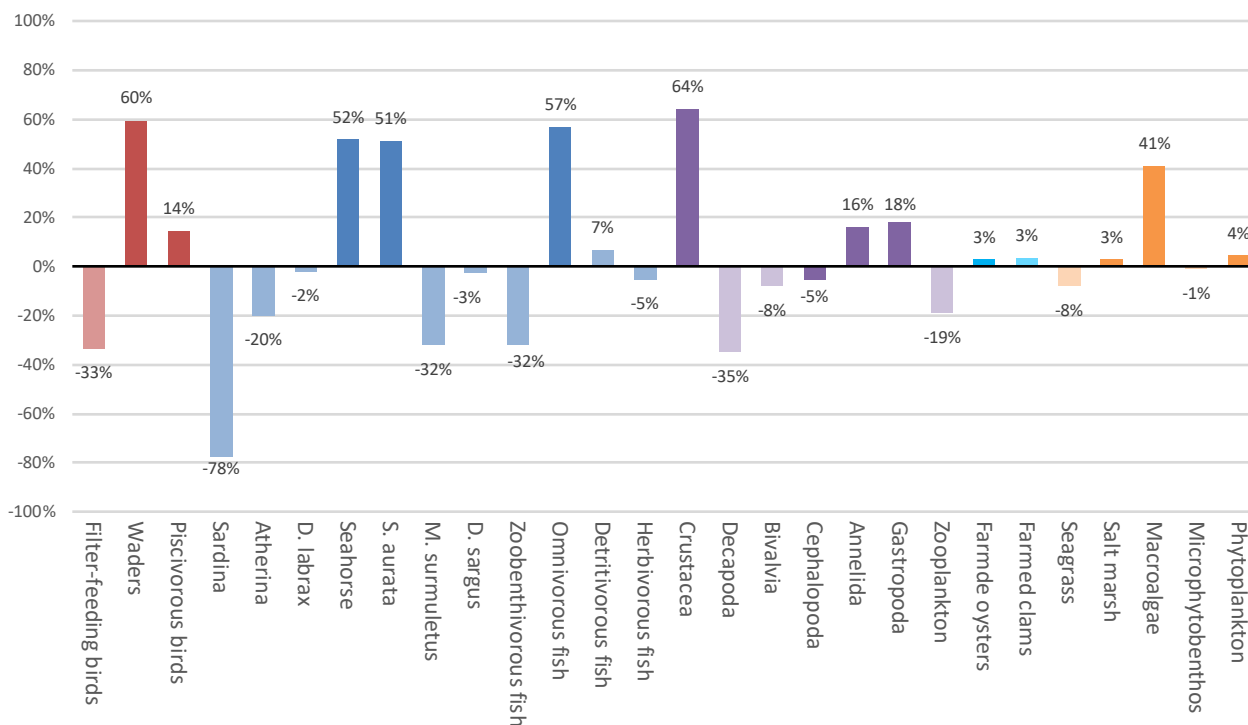


Figura 2. Variação percentual na biomassa no final da simulação, dos grupos funcionais de 2021 (estado de referência) a 2060 (simulação de cenário: aumento da temperatura mais perda de habitat de pradarias marinhas) no modelo Ecosim. As barras positivas

As simulações com as duas pressões isoladas (Tabela 5) indicam que, em vários grupos, o efeito do cenário combinado (TH) não coincide com a soma simples dos efeitos de T (aumento de SST) e H (perda de habitat de Pradarias marinhas). Isto revela não-aditividade, ou seja, existe um termo de interação entre os fatores. Quando a interação é negativa, TH agrava perdas ou reduz ganhos face a T+H; quando é positiva, TH amortece perdas ou reforça ganhos. Este padrão observa-se, por exemplo, nos “Crustáceos” (TH abaixo de T+H) e nos “Decápodes” (TH menos negativo do que T), entre outros.

Este comportamento sugere que a resposta do sistema não resulta apenas de efeitos diretos da temperatura e da perda de habitat, mas também de efeitos indiretos transmitidos ao longo da teia trófica (p. ex. mudanças na disponibilidade de presas, na pressão de predadores e na vulnerabilidade associada à perda de refúgio).

Um bom marcador destes efeitos indiretos são as aves, porque não lhes foi aplicado nenhuma pressão diretamente no modelo: a sua resposta reflete alterações nas presas e nos fluxos. Por exemplo, no cenário TH, as “Aves limícolas” aumentam +94%, em paralelo com aumentos de invertebrados bentônicos que constituem recursos importantes nas suas dietas (p.ex., “Crustáceos” +71% e “Anelídeos” +16%). Em contraste, as “Aves filtradoras” descem -26% e, ao mesmo tempo, “Bivalves”

também diminuam (-6%), coerente com menor disponibilidade de alimento por filtração. Já as aves piscívoras sobem +32% apesar da redução de vários peixes, o que é compatível com compensações tróficas e alteração do conjunto de presas acessíveis (p.ex., maior contribuição de presas não piscívoras, como crustáceos, que aumentam no cenário combinado).

Em suma, o ponto central não é só “quem aumenta e quem diminui”, mas constatar que o sistema responde via reorganização interna de fluxos, gerando respostas que dependem das interações entre grupos, e não de uma mudança homogênea em todo o ecossistema.

Tabela 5. Biomassa (B) dos grupos funcionais (FG) EwE no modelo base (BL) e no final das simulações (2060) para o cenário combinado (TH: aumento da temperatura + perda de habitat de ervas marinhas), a execução apenas com temperatura (T) e a execução apenas com perda de habitat (H). $\Delta\%$ indica a variação relativa da biomassa de 2021 a 2060 para cada execução ($\Delta\%_{TH}$, $\Delta\%_T$, $\Delta\%_H$). Os grupos aos quais foi aplicado o efeito mediador estão destacados a cor de laranja.

FG	B _{BL}	B _{TH}	$\Delta\%_{TH}$	B _T	B _H	$\Delta\%_T$	$\Delta\%_H$
Aves filtradoras	0,101	0,075	-26,5%	0,057	0,109	-43,4%	7,2%
Aves limícolas	0,037	0,072	93,6%	0,056	0,038	51,2%	2,2%
Aves piscívoras	0,006	0,007	32,0%	0,008	0,006	33,3%	1,2%
Sardinha	0,011	0,001	-92,9%	0,003	0,014	-77,9%	18,4%
Aterina	0,319	0,217	-31,9%	0,277	0,331	-13,1%	3,6%
D. labrax	0,039	0,035	-10,1%	0,044	0,040	12,4%	3,2%
Cavalo-marinho	0,004	0,006	33,4%	0,008	0,004	76,9%	-16,6%
S. aurata	0,013	0,022	66,8%	0,023	0,013	73,1%	-4,9%
M. surmuletus	0,011	0,004	-65,0%	0,008	0,012	-23,6%	5,8%
D. sargus	0,008	0,004	-46,4%	0,009	0,007	10,6%	-9,4%
Peixes zoobentívoros	0,019	0,010	-46,2%	0,022	0,019	16,0%	-2,2%
Peixes omnívoros	0,059	0,114	93,6%	0,091	0,060	54,9%	0,9%
Peixes detritívoros	0,050	0,045	-10,9%	0,054	0,051	7,9%	1,5%
Peixes herbívoros	0,002	0,001	-39,5%	0,002	0,001	15,4%	-57,0%
Crustáceos	0,995	1,697	70,6%	2,077	0,806	108,8%	-19,0%
Decápodes	4,547	2,808	-38,3%	2,242	4,399	-50,7%	-3,3%
Bivalves	48,958	45,796	-6,5%	46,712	49,835	-4,6%	1,8%
Cefalópodes	0,058	0,064	10,1%	0,055	0,062	-5,7%	5,9%
Anelídeos	4,810	5,563	15,7%	6,361	4,897	32,2%	1,8%
Gastrópodes	7,715	8,603	11,5%	9,698	7,408	25,7%	-4,0%
Zooplâncton	0,074	0,071	-3,7%	0,061	0,080	-16,8%	8,5%
Aquicultura Ostras	3,653	3,699	1,3%	3,659	3,711	0,2%	1,6%
Aquicultura Amêijoas	10,655	10,473	-1,7%	10,312	10,819	-3,2%	1,5%

FG	B _{BL}	B _{TH}	Δ% _{TH}	B _T	B _H	Δ% _T	Δ% _H
pradarias marinhas	29,141	17,659	-39,4%	32,579	15,856	11,8%	-45,6%
Sapais	231,391	238,876	3,2%	236,864	237,537	2,4%	2,7%
Macroalgas	0,365	0,546	49,5%	0,539	0,391	47,6%	7,1%
Microfitobentos	26,954	26,719	-0,9%	26,610	27,037	-1,3%	0,3%
Fitoplâncton	1,516	1,675	10,5%	1,458	1,555	-3,8%	2,6%

6.3. Variação do SSP por serviço de ecossistema

A variação do SSP traduz, para cada serviço de ecossistema ligado ao turismo, como componente biológica (expressa pela alteração da biomassa dos indicadores grupos funcionais) responsável pelo fornecimento do serviço no fim das simulações (2060) no cenário combinado TH, face ao estado de referência (2021). Os resultados mostraram uma tendência para o decréscimo no fornecimento dos ES, nomeadamente nos serviços de Regulação & Manutenção, e na maioria dos serviços de Provisão (Figura 3). No entanto, as simulações mostram uma tendência para o aumento do fornecimento dos ES Culturais considerados. (Anexo D, Tabela D1)

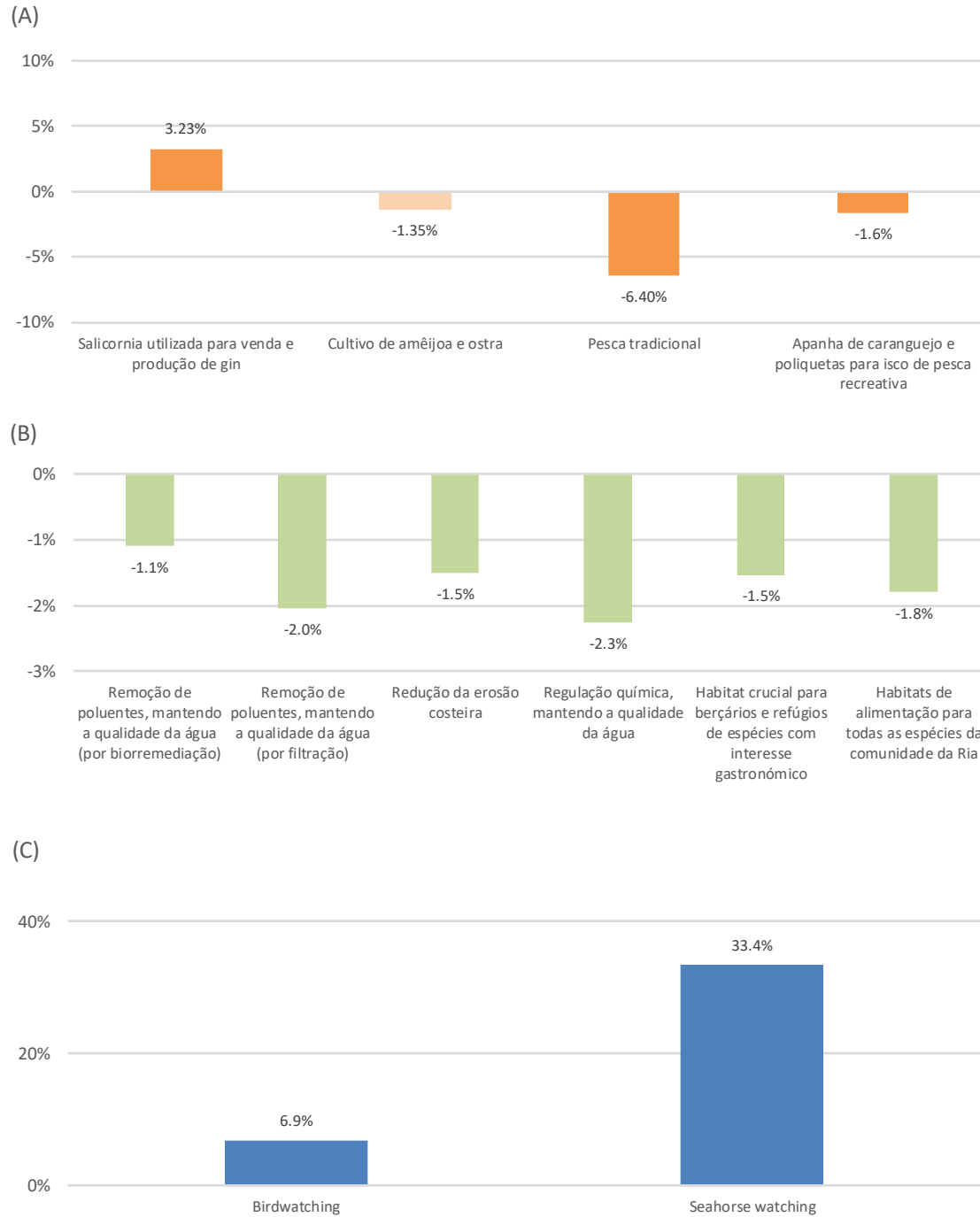


Figura 3. Variação relativa no potencial de fornecimento de serviços de ecossistema ($\Delta\%SSP$) entre 2021 (estado de referência) e 2060, por categoria de serviço: (A) Provisão (B) Regulação & Manutenção e (C) Culturais.

Em detalhe e analisando por categoria, verifica-se:

6.3.1. Serviços Culturais

A observação de cavalos-marinhos (+33,4%) no cenário TH, deve ser interpretada como potencial ecológico para encontros/observação de cavalos-marinhos, não como garantia de experiência turística estável, uma vez que este aumento do serviço apenas reflete no aumento da biomassa de cavalos marinhos, sem considerar todos os outros fatores implicados no fornecimento do serviço. Por outro lado, a previsão do aumento geral da biomassa dos cavalos marinhos, deve ser interpretado com cautela, uma vez que a espécie é sensível à estrutura do habitat, e a perda de pradarias pode afetar micro-habitats, acessibilidade e perturbação local, mesmo que a biomassa agregada suba (Harvey, 2014; Ito et al., 2025).

A observação de aves (+6,9%) resulta de um aumento agregado dos grupos de aves considerados no modelo. Ou seja, a biomassa de aves limícolas e de aves piscívoras aumentam o suficiente para compensar a descida da biomassa das aves filtradoras. Por isso, o SSP global do grupo “Aves” sobe levando a um aumento do potencial fornecimento do serviço. Aqui é também importante salientar que o SSP é um indicador agregado, ou seja, soma contribuições de vários grupos e devolve um único valor final. Assim, o SSP pode melhorar apenas porque a biomassa total das aves aumenta, mesmo que a composição mude de forma desfavorável para o turismo. Um exemplo é o flamingo, uma espécie que atrai *birdwatchers*, e que está incluído nas aves filtradoras; como este grupo diminui, a biomassa do flamingo pode também diminuir e conseqüentemente levar a uma diminuição da procura do serviço, apesar do SSP global de *birdwatching* aumentar. Este exemplo ilustra uma limitação típica de métricas agregadas: podem esconder mudanças internas relevantes, levando a que o indicador “melhore” mesmo quando uma espécie-alvo altamente valorizada pelos visitantes piora. Nesses casos, o SSP continua útil como síntese do potencial biológico do ecossistema, mas sem conseguir traduzir alteração na qualidade e na composição da comunidade fornecedora do serviço (Culhane et al., 2019; Piet et al., 2024).

6.3.2. Provisão

A pesca tradicional (-6,4%) é a queda mais acentuada. No SSP, este serviço agrega grupos com relevância gastronómica e/ou sujeitos a exploração, como peixes costeiros, cefalópodes e bivalves. O resultado é consistente com declínios marcados de vários peixes no cenário TH, mesmo quando alguns componentes aumentam. Isto sugere uma redução líquida do potencial biológico que sustenta o serviço da pesca local.

Na aquicultura (-1,35%) surge uma alteração pequena no SSP porque as biomassas cultivadas variam pouco no cenário TH, pois os efetivos das populações são artificialmente mantidos pela atividade. Ainda assim, o resultado deve ser interpretado com cautela, pois o SSP não incorporou alterações drásticas de biomassa das espécies cultivadas decorrentes por exemplo de fechos sanitários, mortalidade por extremos, doença, contaminação, nem da alteração da qualidade da água como condicionante regulatória deste serviço de Provisão (Burkhard et al., 2014; Culhane et al., 2019).

A apanha de iscos (-1,65%) reflete um SSP composto, calculado por soma ponderada da biomassa de grupos usados como isco (p.ex., “Anelídeos”, poliquetas e “Decápodes”, caranguejos). Por ser agregado, o SSP pode ocultar alterações de composição: uma mudança pequena no total pode corresponder a uma troca relevante entre tipos de isco, com efeitos diferentes por modalidade. Isto é consistente com evidência empírica de que (i) na pesca recreativa do Algarve há preferências por espécies de poliquetas específicas e também uso de pequenos crustáceos como isco, e (ii) na pesca artesanal do polvo no Algarve, o caranguejo é um isco central e a escolha do isco tem implicações operacionais e ecológicas (Araújo, 2020; Leitão et al., 2021). Assim, um declínio relativo de “Decápodes” pode penalizar mais as pescas dependentes de caranguejo, mesmo quando a variação agregada do SSP sugere um efeito moderado.

6.3.3. Regulação & Manutenção

Segundo os resultados, as descidas desta classe de serviços são moderadas ($\approx -1,1\%$ a $-2,3\%$), mas consistentes em todos os serviços desta categoria, indicando um sinal de degradação da componente biológica que sustenta o funcionamento do ecossistema da Ria Formosa.

A descida do ES filtração e regulação química da água ($\approx -2\%$ a $-2,25\%$) são coerentes com a pressão sobre habitats e grupos filtradores/estruturantes, em particular a perda de pradarias um dos indicadores deste serviço.

Berçário/refúgio (-1,53%) é diretamente sensível à redução de habitat, nomeadamente as pradarias, que funcionam como refúgio e zona de alimentação para estados iniciais de desenvolvimento de espécies marinhas, reduzindo a vulnerabilidade à predação e maximizando a sobrevivência dos juvenis até ao estado adulto (Harvey, 2014; Erzini et al., 2022).

Redução de erosão (-1,50%) acompanha a perda de habitats que estabilizam sedimentos, como as pradarias. Aqui também existe um ponto metodológico: diferentes produtores primários (pradarias vs

macroalgas) podem ter funções físicas diferentes, e a biomassa, por si só, pode não captar totalmente essa diferença funcional (Burkhard et al., 2014; Piet et al., 2024).

6.4. Mudança em indicadores ENA no final das simulações

Ao nível do sistema, as métricas ENA variam pouco (Figura 4, Anexo D, Tabela D2), mas a sua variação é coerente: Ascendência $-0,6\%$, *Overhead* $+0,5\%$ e FCI $-3,3\%$ (Tabela 7). Em termos práticos, o sistema mantém uma estrutura global semelhante, mas revela ligeira perda de organização dos fluxos e menor reciclagem interna, embora conserve (ou aumente marginalmente) rotas alternativas.

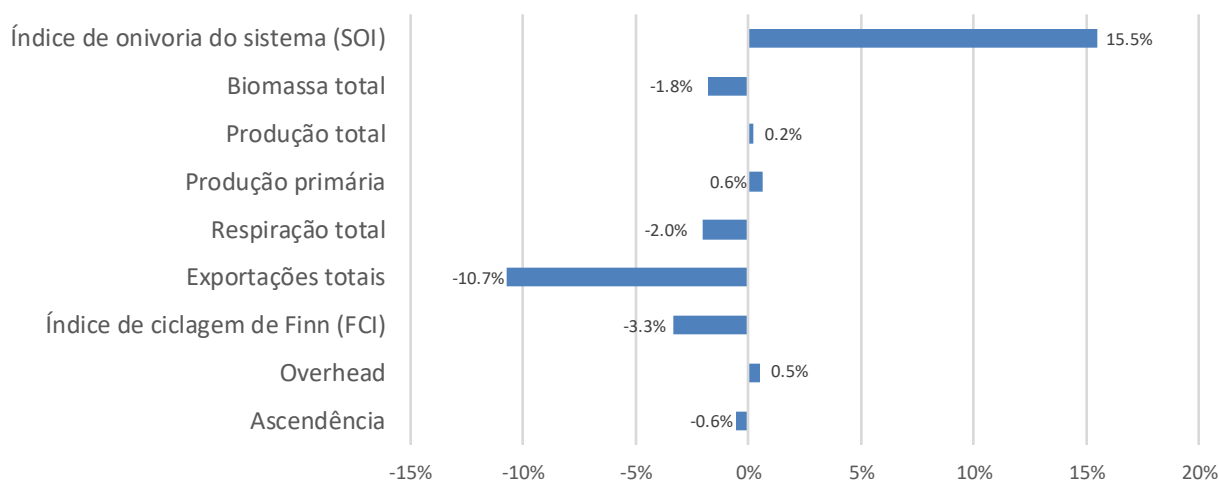


Figura 4. Variação relativa (%) das métricas de Análise de Redes Ecológicas (ENA) no final das simulações (2060) face ao estado de referência (2021), ao nível do sistema

Relativamente à Ascendência, que integra a dimensão dos fluxos e o grau em que estes se organizam em padrões regulares, a sua pequena redução sugere ligeiro enfraquecimento da estrutura interna (Odum, 1969; Ulanowicz, 2004). O *Overhead*, componente complementar associada a redundância e flexibilidade, aumenta ligeiramente; este sinal pode representar maior margem de redistribuição, mas não implica necessariamente melhor estado ecológico, podendo também refletir maior dispersão/dissipação e maior dependência de fluxos externos (Ulanowicz & Norden, 1990; Fath et al., 2019).

O FCI (Finn's Cycling Index) mede a fração de matéria/energia que circula e é reutilizada dentro da rede. A sua descida indica menor retenção e auto-manutenção, o que pode aumentar a sensibilidade a pressões crónicas, sobretudo em lagoas costeiras rasas onde o acoplamento água-sedimento é determinante (Heymans et al., 2014). Assim, embora o cenário TH não represente uma reorganização

radical da teia trófica, a redução do FCI é um alerta: menos reciclagem interna pode significar menor capacidade de amortecer impactos cumulativos, especialmente se existirem pressões locais não parametrizados (p.ex., nutrientes, perturbação física, tráfego de embarcações).

6.5. Consensos e discrepâncias em coprodução (Workshop Participativo)

O workshop participativo foi realizado seguindo metodologias participativas de coprodução de conhecimento [6,7], tendo revelado um conjunto de consensos e divergências entre os resultados projetados pelo modelo ecológico do projeto e o conhecimento acumulado pelos participantes sobre a dinâmica real da Ria Formosa (Ver Anexo A), o que permitiu identificar os aspetos que o modelo prevê com maior robustez e aqueles em que o conhecimento local aponta divergências importantes.

Destaca-se que o conhecimento situado revelou tendências mais rápidas de degradação ecológica do que as previstas pelo modelo. Várias espécies e serviços de ecossistema emergiram como pontos críticos de discrepância. Estas discrepâncias demonstram a importância de calibrar modelos com séries temporais extensas, dados locais atualizados e o conhecimento prático, profundamente sedimentado nos diferentes setores que operam na Ria.

Outra conclusão consensual prende-se com o peso das pressões antropogénicas na deterioração ecológica da Ria Formosa. A perceção dos participantes converge na identificação de múltiplos processos de degradação, muitos dos quais se intensificaram no período recente, e cuja aceleração supera largamente a capacidade de resposta institucional. Entre as mudanças mais significativas destaca-se a degradação contínua e acelerada das pradarias marinhas, considerada um dos elementos estruturantes da resiliência ecológica da laguna. A perda deste habitat tem impacto direto em serviços de ecossistema cruciais, como berçários, abrigo de espécies comerciais, sequestro de carbono e proteção contra erosão. As causas apontadas são sobretudo antrópicas: fundeadores, tráfego marítimo, artes de pesca ilegais e deposição de resíduos.

Embora as alterações climáticas sejam reconhecidas como uma força estruturante de longo prazo, a quase totalidade dos participantes enfatizou que o declínio ecológico observado resulta sobretudo de processos humanos intensivos e cumulativos.

O workshop participativo permitiu ainda alargar a discussão das pressões e tensões identificadas na Ria Formosa para um plano propositivo, centrado na definição de medidas concretas de mitigação e gestão.

As propostas apresentadas pelos diferentes grupos revelam padrões comuns, mas também distintas ênfases consoante a experiência profissional e a visão setorial dos participantes. No conjunto, emergiu uma arquitetura coerente de medidas estruturantes, cuja convergência sinaliza prioridades amplamente reconhecidas para a salvaguarda ecológica e socioeconómica da Ria Formosa.

- Prioridades principais: educação turística, fiscalização eficaz e proteção das pradarias marinhas, com foco, sobretudo, na prevenção, na mudança de comportamento e na proteção dos ecossistemas mais vulneráveis e estruturantes da Ria.
- Prioridades intermédias: conhecimento da capacidade de carga e preservação da biodiversidade, destacando-se a necessidade de reforçar o planeamento baseado em evidência e de aprofundar o entendimento científico dos limites ecológicos.
- Prioridades residuais: adaptação ao nível do mar e sensibilização legal que, apesar de reconhecidas, surgem como menos urgentes, refletindo uma focalização nos problemas de maior impacto imediato.

Para além das prioridades, a reflexão final identificou um conjunto de recomendações de natureza estrutural:

- Criação de um quadro normativo claro de capacidade de carga, aplicável a todos os setores;
- Reforço da cooperação institucional através de plataformas intersectoriais permanentes;
- Monitorização contínua de habitats, embarcações e qualidade da água, com sistemas de recolha e partilha de dados acessíveis;
- Articulação entre ciência e gestão, garantindo que modelos ecológicos integram conhecimento local e séries temporais consistentes;
- Políticas de sensibilização e educação ambiental, especialmente dirigidas ao turismo e às comunidades locais;
- Valorização de práticas económicas sustentáveis, com incentivo ao turismo organizado e melhoria das ETAR.

A priorização indica, assim, uma agenda de intervenção assente na urgência, na integração entre setores e na necessidade de alinhar práticas económicas com a capacidade ecológica da laguna.

7. Discussão e implicações para gestão e planeamento

Os resultados do modelo e respetivas simulações reforçam a ideia que pressões combinadas podem gerar respostas não lineares e heterogéneas, mesmo entre grupos associados ao mesmo habitat. Este tipo de resposta é esperada no comportamento de um modelo dinâmico com interações tróficas, uma vez que alterações num componente da rede ou nó (p. ex., pradarias marinhas) propagam-se por várias ligações de consumo e competição, criando efeitos indiretos e respostas “em cadeia” (Christensen and Walters, 2004; Walter and Christensen, 2007).

7.1. Pradarias-marinhas como infraestrutura ecológica crítica

A perda de pradarias tem dois efeitos acoplados: 1) Efeito direto de habitat: Menos área/biomassa significa menos refúgio, menos berçário e menos suporte para grupos que dependem de fundos vegetados; 2) Efeito indireto via predação e teia trófica: No Ecosim, isto pode ser representado por um efeito mediador sobre a vulnerabilidade (v): com menos estrutura, a presa fica mais exposta e a predação tende a aumentar, alterando a direção e a intensidade das respostas (*lógica foraging-arena sensu* Walters et al., 1997; Christensen & Walters, 2004).

Este mecanismo ajuda a explicar porque é que, dentro de grupos “ligados às pradarias”, há respostas divergentes. O ponto de gestão é direto: proteger pradarias não é só “conservar habitat”. É também estabilizar relações presa–predador que suportam serviços de Provisão e Culturais (Ito et al., 2025; Newton et al., 2020). Neste sentido, a implicação prática de medidas de proteção/restauro das pradarias tendem a ter efeitos “multiplicadores” porque atuam num componente estruturante.

7.2. Ganhos em serviços Culturais não removem risco de degradação ambiental

O aumento do SSP em serviços Culturais (p. ex., observação de aves, de cavalos-marinhas) pode coexistir com declínios em peixes relevantes para pesca tradicional e quedas consistentes em serviços de Regulação & Manutenção. Isto não é uma contradição, mas antes um *trade-off*, ou seja, um serviço pode “aumentar” enquanto a base ecológica que sustenta outros serviços “desce” (Rodríguez et al., 2006). Por outro lado, o aumento de um serviço cultural associado a uma atividade turística pode ainda ter um efeito negativo no próprio ecossistema, pois uma maior procura pode aumentar pressão local sobre o ecossistema. Sem regras de uso, a própria procura pode degradar o recurso que a motiva. Daí a necessidade de gestão integrada e eficiente, com zonamento, limites e boas práticas (Jordan et al., 2018; Ruckelshaus et al., 2015). Uma gestão integrada e antecipada pode, além de reduzir riscos, criar condições para diversificar a oferta turística e implementar medidas preventivas antes de a procura

aumentar e gerar impactos no ecossistema. Sem uma gestão eficiente, pode haver sobrecarga em áreas sensíveis e a perda de qualidade do serviço, mesmo que o SSP agregado suba (ver também a limitação dos “pesos” em 8.1.3).

7.3. Redução de reciclagem interna (FCI) e gestão de precaução

A descida do FCI sugere menor reciclagem interna. Em sistemas costeiros de baixa profundidade, isto pode significar menor “amortecimento” ecológico (Allesina and Ulanowicz 2004), pelo que perturbações e erros de gestão podem propagar-se mais depressa. Apesar dos resultados simulados não apontarem para um colapso do sistema, os mesmos sustentam uma postura de precaução, com monitorização regular e contínua de grupos-chave e cálculo de métricas de funcionamento do ecossistema em paralelo (Heymans et al., 2014).

7.4. O modelo como ferramenta aplicada

Para além de descrever cenários, o modelo pode apoiar na seleção de medidas (direção provável das respostas) e identificação de componentes biológicas mais influentes por serviço, permitindo o desenho de alternativas de ordenamento (zonas, densidades, regras de uso).

Esta ferramenta fica ainda mais forte quando é articulado com coprodução (como foi o caso do Workshop Participativo realizado a 09/10/2025), porque o conhecimento local ajuda a testar pressupostos e a escolher cenários relevantes (Jordan et al., 2018).

8. Limitações, incerteza e próximos passos

As limitações abaixo elencadas podem condicionar a leitura quantitativa dos resultados e a sua tradução para decisão. Por isso, os resultados devem ser interpretados com cautela, em articulação com o que foi discutido anteriormente, nos Resultados (ponto 7) e na Discussão (ponto 8).

8.1. Limitações principais

8.1.1. Período de dados e validação recente:

O modelo base (Ecopath) foi parametrizado com dados relativos ao período 1996–2002; já o estado de referência (2021) usado para comparação de cenários resulta de *spin-up* para equilíbrio interno. Apesar da metodologia ser sólida para comparação relativa entre cenários, ela é limitada na validação recente para alguns grupos (Christensen and Walters, 2004; Walters et al., 1997; Heymans et al., 2016).

8.1.2. SSP corresponde a potencial ecológico, não entrega efetiva observada:

O SSP não inclui fatores abióticos nem socio-econômicos que influenciam o fornecimento dos ES, nomeadamente: procura turística; acessibilidade; preferências e percepção de qualidade; restrições de governação/regulação. Assim, o SSP reflete o potencial da componente biológica para o fornecimento dos ES e, não, o “benefício realizado” (Burkhard et al., 2014; Culhane et al., 2020).

8.1.3. Pesos por serviço ($w_{i,k}$, ver ponto 6.3.1.):

Quando não há evidência, assumir pesos iguais para grupos diferentes, simplifica. Mas pode distorcer ranking e “qualidade” do serviço.

Um exemplo típico é o *birdwatching*: o SSP agregado pode aumentar porque a biomassa total das aves sobe, mas, se a composição mudar e uma espécie-chave para os visitantes (p. ex., o flamingo) diminuir, a qualidade da experiência pode degradar-se apesar do aumento do indicador. O mesmo raciocínio aplica-se à disponibilidade de isco: o SSP pode manter-se estável (ou até subir) por aumento do total, mas se esse ganho vier sobretudo de poliquetas e houver perda de decápodes, certas pescas que dependem mais de decápodes (ou para as quais são menos substituíveis) podem ser mais afetadas do que o valor agregado sugere.

8.1.4. Âmbito de cenários limitado:

Só dois tipos de pressões foram parametrizados e considerando os efeitos diretos nos grupos chave, não considerando os efeitos indiretos e/ou cumulativos das pressões. Pressões locais referidas por *stakeholders* podem alterar as tendências dos resultados, como por exemplo a pesca ilegal, tráfego/ancoragem, intensificação de um tipo de aquicultura em detrimento de outra, erosão, resíduos, eutrofização, intensidade de fiscalização, eventos extremos.

8.2. Próximos passos técnicos recomendados

Recomenda-se integrar gradualmente pressões adicionais no desenho de cenários e testar explicitamente as suas interações, reforçando em paralelo as séries temporais disponíveis para calibração e validação de grupos-chave. Em complemento, deve ser refinado o mapeamento entre serviços e grupos que fornecem os serviços, introduzindo, sempre que possível, pesos ($w_{i,k}$) suportados por evidência científica. Por fim, importa consolidar e publicar a síntese do workshop, de modo a incorporar de forma estruturada os contributos recolhidos e a orientar novas iterações do modelo e a definição de prioridades de cenário

Este avanço por etapas, reduz o risco de sobre parametrização e permite concentrar o esforço analítico nos elementos que efetivamente alteram decisões. Em contrapartida, implica mais ciclos de recolha de

dados e validação e exige coordenação institucional para garantir uma monitorização contínua e partilha consistente de informação. Concluindo, recomenda-se integrar gradualmente pressões adicionais e testar interações.

9. Recomendações para decisão

As recomendações abaixo traduzem o sentido dos resultados em opções de gestão. São propostas como linhas de ação a discutir com entidades competentes e utilizadores finais, incluindo operadores turísticos e setores produtivos, e em particular no contexto dos produtos de síntese (*Policy brief*).

9.1. Linhas de ação de gestão

- Proteção e recuperação das pradarias-marinhas: reduzir pressões físicas e de qualidade da água que acelerem perda de habitat das pradarias marinhas, dado o papel estrutural e o efeito mediador em predação.
- Gestão de usos náuticos: avaliar medidas para reduzir perturbação direta em fundos vegetados (p.ex., ancoragem e rotas fora das áreas com pradarias), alinhadas com conservação e turismo.
- Acompanhamento de pesca artesanal: monitorizar grupos de peixe com declínios fortes no cenário TH e discutir medidas de adaptação compatíveis com objetivos locais.
- Gestão adaptativa de produtos turísticos: reforçar boas práticas e educação ambiental para atividades associadas a aves e espécies emblemáticas, garantindo que aumento de procura não cria pressão adicional no sistema. Reforça-se que a atividade de observação de cavalos marinhos na Ria Formosa carece de regulamentação urgente e adequada à manutenção dos SE fornecidos pela Ria Formosa.

9.2. Indicadores de monitorização sugeridos

- Monitorização contínua da biomassa/área de pradarias (intertidal e subtidal) e cálculo de métricas de condição do habitat.
- Monitorizar indicadores de grupos-chave: peixes pelágicos e demersais; aves limícolas e piscívoras; macroinvertebrados bentónicos.
- Monitorizar indicadores de funcionamento do ecossistema: p. ex. *proxies* de reciclagem e de qualidade ambiental (p.ex., cargas de nutrientes e variáveis de oxigénio) para leitura conjunta com métricas de modelo.
- Registo de esforço e pressão turística por tipologia (observação de aves, passeios, etc.), para permitir avaliações locais dos ES efetivamente fornecidos pela Ria Formosa.

10. Conclusões

- O modelo descreve um sistema com forte via detritívora e reciclagem moderada no estado de referência (2021), compatível com lagoas costeiras rasas.
- No cenário 2021-2060, a resposta dos grupos funcionais em biomassa é desigual: perdas muito fortes em alguns peixes e redução de pradarias-marinhas, com aumentos noutros grupos e em alguns produtores primários.
- O SSP indica *trade-offs*: ganhos em alguns serviços Culturais e declínios ligeiros em serviços de Regulação & Manutenção, com redução mais marcada em serviços de Provisão ligados à pesca tradicional.
- As métricas ENA mudam pouco, mas consistentemente, sugerindo ligeira redução de organização e menor reciclagem interna do sistema, reforçando a necessidade de gestão de precaução e monitorização.
- A coprodução com *stakeholders* é central para ajustar cenários, validar tendências e traduzir resultados em medidas exequíveis.

11. Resultados e divulgação do projeto

Tabela 6. Disseminação dos resultados do projeto: produtos e atividades de divulgação (SHIFT-MARES)

Data	Atividade	Tipo	Referência / Detalhes
09 de outubro 2025	Realização de workshop participativo (Ria Formosa)	Workshop Participativo	Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, Edifício 7, Sala 1.39 (09h30–16h30). https://www.ciimar.up.pt/pt-pt/events/participatory-workshop-ria-formosa-shift-mares-project/
19 - 23 outubro 2025	Apresentação de resultados em encontro científico internacional	Comunicação oral em simpósio/conferência científica internacional	Martins, I., Guerra, A., Barrientos, S., Moreira, A., Cunha, J., Ramos, S., Marta-Almeida, M. & Leitão, F. (2025). <i>Identifying coastal tourism-related ecosystem services most vulnerable to climate change using food web modelling</i> . The International Society for Ecological Modelling (ISEM) – Global Conference 2025, Kashiwa-No-Ha (Japão).
19 - 23 outubro 2025	Apresentação de resultados em encontro	Poster em simpósio/conferência	Oliveira, G., Martins, I., Gouveia, C. & Sousa Pinto. (2025). <i>Ecological Modelling and the Digital Twin of the Ocean: Integrating</i>

Data	Atividade	Tipo	Referência / Detalhes
	científico internacional	científica internacional	<i>production, predation and habitat suitability for sustainable kelp mariculture</i> . ISEM – Global Conference 2025, Kashiwa-No-Ha (Japão).
20 – 21 novembro 2025	Apresentação de resultados em encontro científico nacional	Comunicação oral em conferência científica nacional	Martins, I., Guerra, A., Moreira, A., Ramos, S., Cunha, J., Marta-Almeida, M. & Leitão, F. (2025). <i>SHIFT-MARES: Variações nos serviços de ecossistemas da Ria Formosa em cenários de alterações climáticas – impactos no turismo costeiro</i> . 24.º Encontro Nacional de Ecologia SPECO.
16 dezembro 2025	Publicação científica internacional	Artigo científico em revista indexada	Martins, I. et al. (2025). <i>Sharpening resilience concepts to catalyze advances in marine social-ecological systems research</i> . ICES Journal of Marine Science , 82(12), fsaf208. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaf208
20 Dezembro 2025	Publicação Científica internacional	Artigo científico (em revisão)	Moreira, A., Santos, M.M., Caetano, M., Raimundo, J., Martins, I. <i>Rare earth elements and the effects they elicit in bivalves: relating different levels of biological organisation</i> . Environmental Pollution and Management .
06 janeiro 2026	Submissão de artigo científico internacional	Artigo científico (submetido)	Marta-Almeida, M., Martins, I., Guerra, A., Santos, M., Iglesias, I., Amorim, F. (2026). <i>Dispersion and potential impacts of a white wave of pellets after an accident off NW Iberian Peninsula</i> . Ocean & Coastal Management . Manuscrito: OCMA-D-26-00052.
20 janeiro 2026	Entrega do relatório técnico-científico final	Relatório técnico-científico	Martins, I., Guerra, A., Moreira, A., Barrientos, S., Marta-Almeida, M., Ramos, S., Cunha, J., Alves, F., Rosa, R., Guedes Vidal, D. & Leitão, F. (2026). <i>Relatório Técnico Final</i> . SHIFT-MARES (Science4Policy 2024 – S4P-24).
20 janeiro 2026	Produção do policy brief	Policy brief	Martins, I., Guerra, A., Moreira, A., Alves, F., Rosa, R., Guedes Vidal, D., Marta-Almeida, M., Ramos, S., Cunha, J. & Leitão, F. (2026). <i>Travar a perda de pradarias marinhas para proteger o turismo na Ria Formosa</i> .
janeiro 2026	Preparação de artigo científico internacional (caso de estudo Ria Formosa)	Artigo científico (em preparação)	Guerra, A., Moreira, A., Cunha, J., Ramos, S., Alves, F., Leitão, F., Martins, I. (2026). <i>Assessing the Impacts of Climate Change and Seagrass Habitat Loss on Ecosystem Services and Coastal Tourism in Ria Formosa (Algarve, Portugal)</i> .

Data	Atividade	Tipo	Referência / Detalhes
janeiro 2026	Artigo científico em revista nacional	Artigo (em preparação)	Artigo científico para a revista <i>Wilder</i> . https://wilder.pt/
janeiro 2026	Trabalho académico associado	Investigação académica (em desenvolvimento)	Débora Carrer. Doutoramento sanduíche (Universidade de São Paulo – CIIMAR): <i>Valoração dos serviços de ecossistema ligados ao turismo na Ria Formosa</i> .
janeiro 2026	Produto audiovisual de divulgação	Vídeo/filme (em preparação)	Filme de divulgação do projeto (YouTube): explicação do projeto e principais resultados.

12. Referências

- Allesina, S., & Ulanowicz, R. E. (2004). Cycling in ecological networks: Finn's index revisited. *Computational biology and chemistry*, 28(3), 227-233. DOI: 10.1016/j.compbiolchem.2004.04.002
- Aníbal, J., Ferreira, J. G., & Rocha, C. (Eds.). (2019). *Ria Formosa: Challenges of a coastal lagoon in a changing environment*. CIMA – Centro de Investigação Marinha e Ambiental. https://www.cima.ualg.pt/media/attachments/2021/09/23/ria_formosa_ebook_2019_v2.pdf
- Araújo, D. M. (2020). Recreational anglers' preferences and expenditures on live bait in Algarve [Mestrado em Biologia Marinha, Universidade do Algarve]. Repositório Sapiientia – Universidade do Algarve. <https://sapiientia.ualg.pt/bitstreams/07a2317e-32ee-4945-810e-46dd5c56b5cc/download>
- Brey, T. (2012). A multi-parameter artificial neural network model to estimate macrobenthic invertebrate productivity and production. *Limnology and Oceanography: Methods*, 10(8), 581-589. DOI: 10.4319/lom.2012.10.581
- Bueno-Pardo, J., García-Seoane, E., Sousa, A. I., Coelho, J. P., Morgado, M., Frankenbach, S., ... & Queiroga, H. (2018). Trophic web structure and ecosystem attributes of a temperate coastal lagoon (Ria de Aveiro, Portugal). *Ecological Modelling*, 378, 13-25. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2018.03.009
- Burkhard, B., Kandziora, M., Hou, Y., & Müller, F. (2014). Ecosystem service potentials, flows and demands—concepts for spatial localisation, indication and quantification. *Landscape online*, 34-34. DOI: 10.3097/LO.201434
- Cabaço, S., Machás, R., & Santos, R. (2007). Biomass–density relationships of the seagrass *Zostera noltii*: a tool for monitoring anthropogenic nutrient disturbance. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 74(3), 557-564. DOI: 10.1016/j.ecss.2007.05.029

Centre of Marine Sciences (CCMAR). (s.d.). Seahorse conservation. Universidade do Algarve. Recuperado a 10-11-2025, de <https://ccmar.ualg.pt/en/seahorse-conservation>

Christensen, V., & Pauly, D. (1992). ECOPATH II—a software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecological modelling*, 61(3-4), 169-185. DOI: 10.1016/0304-3800(92)90016-8

Christensen, V., & Walters, C. J. (2004). Ecopath with Ecosim: methods, capabilities and limitations. *Ecological modelling*, 172(2-4), 109-139. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2003.09.003

Christensen, V., Walters, C. J., & Pauly, D. (2005). *Ecopath with Ecosim: a user's guide*. Fisheries Centre, University of British Columbia, Vancouver, 154, 31.

Christensen, V., Walters, C. J., Pauly, D., & Forrest, R. (2008). *Ecopath with Ecosim version 6 user guide*. Lenfest Ocean Futures Project, 235.

Colléter, M., Valls, A., Guitton, J., Gascuel, D., Pauly, D., & Christensen, V. (2015). Global overview of the applications of the Ecopath with Ecosim modeling approach using the EcoBase models repository. *Ecological Modelling*, 302, 42-53. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2015.01.025

da Costa, A. S. C. (2015). *Birdwatcher profile in the Ria Formosa Natural Park (Master's thesis, Universidade do Algarve (Portugal))*. DOI: 10.18089/tms.2018.14106

Culhane, F., Teixeira, H., Nogueira, A. J., Borgwardt, F., Trauner, D., Lillebø, A., ... & Robinson, L. A. (2019). Risk to the supply of ecosystem services across aquatic ecosystems. *Science of the Total Environment*, 660, 611-621. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.346

Culhane, F. E., Robinson, L. A., & Lillebø, A. I. (2020). Approaches for estimating the supply of ecosystem services: Concepts for ecosystem-based management in coastal and marine environments. *Ecosystem-based management, ecosystem services and aquatic biodiversity: Theory, tools and applications*, 105-126.

Darwall, W. R., Allison, E. H., Turner, G. F., & Irvine, K. (2010). Lake of flies, or lake of fish? A trophic model of Lake Malawi. *Ecological Modelling*, 221(4), 713-727. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2009.11.001

de Jonge, V. N., & Schückel, U. (2021). A comprehensible short list of ecological network analysis indices to boost real ecosystem-based management and policy making. *Ocean & Coastal Management*, 208, 105582. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2021.105582

Erzini, K., Parreira, F., Sadat, Z., Castro, M., Bentes, L., Coelho, R., ... & Santos, R. (2022). Influence of seagrass meadows on nursery and fish provisioning ecosystem services delivered by Ria Formosa, a coastal lagoon in Portugal. *Ecosystem Services*, 58, 101490. DOI: 10.1016/j.ecoser.2022.101490

Eyring, V., Bony, S., Meehl, G. A., Senior, C. A., Stevens, B., Stouffer, R. J., & Taylor, K. E. (2016). Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. *Geoscientific Model Development*, 9(5), 1937-1958. DOI: 10.5194/gmd-9-1937-2016

- Fath, B. D., Asmus, H., Asmus, R., Baird, D., Borrett, S. R., de Jonge, V. N., ... & Wolff, M. (2019). Ecological network analysis metrics: the need for an entire ecosystem approach in management and policy. *Ocean & Coastal Management*, 174, 1-14. DOI:10.1016/j.ocecoaman.2019.03.007
- Fourqurean, J. W., Duarte, C. M., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M. A., ... & Serrano, O. (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature geoscience*, 5(7), 505-509. DOI: 10.1038/ngeo1477
- Fourqurean, J. W., Duarte, C. M., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M. A., ... & Serrano, O. (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature geoscience*, 5(7), 505-509. DOI: 10.1038/ngeo1477
- Gamito, S., & Erzini, K. (2005). Trophic food web and ecosystem attributes of a water reservoir of the Ria Formosa (south Portugal). *Ecological Modelling*, 181(4), 509-520. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2004.02.024
- Gauzens, B., Legendre, S., Lazzaro, X., & Lacroix, G. (2013). Food-web aggregation, methodological and functional issues. *Oikos*, 122(11), 1606-1615. DOI: 10.1111/j.1600-0706.2013.00266.x
- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2018). Guidance on the application of the revised CICES framework (Version 5.1). <https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2018/01/Guidance-V51-01012018.pdf>
- Haines-Young, R., & Potschin-Young, M. B. (2018). Revision of the common international classification for ecosystem services (CICES V5. 1): a policy brief. *One Ecosystem*, 3, e27108. DOI: 10.3897/oneeco.3.e27108
- Haines-Young, R. (2023). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) v5.2. European Environment Agency. Recuperado a 10-11-2025, de <https://cices.eu/>
- Harvey, C. J. (2014). Mediation functions in Ecopath with Ecosim: handle with care. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 71(7), 1020-1029. DOI: 10.1139/cjfas-2013-0594
- Heck Jr, K. L., & Orth, R. J. (2006). Predation in seagrass beds. In *Seagrasses: biology, Ecology and conservation* (pp. 537-550). Dordrecht: Springer Netherlands. DOI: 10.1007/978-1-4020-2983-7_22
- Heymans, J. J., Coll, M., Libralato, S., Morissette, L., & Christensen, V. (2014). Global patterns in ecological indicators of marine food webs: a modelling approach. *PloS one*, 9(4), e95845. DOI: 10.1371/journal.pone.0095845
- Heymans, J. J., Coll, M., Link, J. S., Mackinson, S., Steenbeek, J., Walters, C., & Christensen, V. (2016). Best practice in Ecopath with Ecosim food-web models for ecosystem-based management. *Ecological modelling*, 331, 173-184. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2015.12.007
- INE, Instituto Nacional de Estatística. (2024). Conta Satélite do Turismo – principais resultados. https://cse.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?att_display=n&att_download=y&look_parentBoui=758443767

- INE, Instituto Nacional de Estatística. (2024). Estatísticas do turismo 2023. https://www.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=675610086&att_display=n&att_download=y
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). Climate change 2021: The physical science basis. Summary for policymakers. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf
- Ito, P., Martins, M., und Gotha, S. V. S. C., Santos, R., & de los Santos, C. B. (2025). Seagrasses in coastal wetlands of the Algarve region (southern Portugal): Past and present distribution and extent. *Journal of Sea Research*, 205, 102580. DOI: 10.1016/j.seares.2025.102580
- Jordan, R., Gray, S., Zellner, M., Glynn, P. D., Voinov, A., Hedelin, B., ... & National Socio-Environmental Synthesis Center Participatory Modeling Pursuit Working Group. (2018). Twelve questions for the participatory modeling community. *Earth's Future*, 6(8), 1046-1057. DOI: 10.1029/2018EF000841 Digital Object Identifier (DOI)
- Kaschner, K., Kesner-Reyes, K., Garilao, C., Rius-Barile, J., Rees, T., & Froese, R. (2019). AquaMaps: Predicted range maps for aquatic species, version 08/2016.
- Leitão, F., Bueno-Pardo, J., Ovelheiro, A., Monteiro, J. N., Nobre, D., & Teodósio, A. M. (2021). Effect of bait type on the octopus fishery in Algarve, Southern Portugal. *Ocean & Coastal Management*, 207, 105587. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2021.105587
- Link, J. S. (2010). Adding rigor to ecological network models by evaluating a set of pre-balance diagnostics: a plea for PREBAL. *Ecological modelling*, 221(12), 1580-1591. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2010.03.012
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and human well-being: Synthesis. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Newton, A., Icely, J., Cristina, S., Perillo, G. M., Turner, R. E., Ashan, D., ... & Kuenzer, C. (2020). Anthropogenic, direct pressures on coastal wetlands. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, 144. DOI: 10.3389/fevo.2020.00144
- Odum, E. P. (1969). The Strategy of Ecosystem Development: An understanding of ecological succession provides a basis for resolving man's conflict with nature. *science*, 164(3877), 262-270. DOI: 10.1126/science.164.3877.262
- Piet, G., Bentley, J., Jongbloed, R., Grundlehner, A., Tamis, J., & de Vries, P. (2024). A cumulative impact assessment on the marine capacity to supply ecosystem services. *Science of the Total Environment*, 948, 174149. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.174149
- Plummer, M. L., Harvey, C. J., Anderson, L. E., Guerry, A. D., & Ruckelshaus, M. H. (2013). The role of eelgrass in marine community interactions and ecosystem services: results from ecosystem-scale food web models. *Ecosystems*, 16(2), 237-251. DOI: 10.1007/s10021-012-9609-0

- Pueyo-Ros, J. (2018). The role of tourism in the ecosystem services framework. *Land*, 7(3), 111. DOI: 10.3390/land7030111
- Riahi, K., Van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O’neill, B. C., Fujimori, S., ... & Tavoni, M. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global environmental change*, 42, 153-168. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009
- Rodríguez, J. P., Beard Jr, T. D., Bennett, E. M., Cumming, G. S., Cork, S. J., Agard, J., ... & Peterson, G. D. (2006). Trade-offs across space, time, and ecosystem services. *Ecology and society*, 11(1). DOI: 10.5751/ES-01667-110128
- Ruckelshaus, M., McKenzie, E., Tallis, H., Guerry, A., Daily, G., Kareiva, P., ... & Bernhardt, J. (2015). Notes from the field: Lessons learned from using ecosystem service approaches to inform real-world decisions. *Ecological Economics*, 115, 11-21. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2013.07.009
- Serpetti, N., Baudron, A. R., Burrows, M. T., Payne, B. L., Helaouet, P., Fernandes, P. G., & Heymans, J. J. (2017). Impact of ocean warming on sustainable fisheries management informs the Ecosystem Approach to Fisheries. *Scientific reports*, 7(1), 13438.
- Sprung, M. (1994). Macrobenthic secondary production in the intertidal zone of the Ria Formosa—a lagoon in southern Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 38(6), 539-558. DOI: 10.1006/ecss.1994.1037
- Ulanowicz, R. E., & Norden, J. S. (1990). Symmetrical overhead in flow networks. *International Journal of Systems Science*, 21(2), 429–437. DOI: 10.1080/00207729008910372
- Ulanowicz, R. E. (2004). Quantitative methods for ecological network analysis. *Computational biology and chemistry*, 28(5-6), 321-339. DOI: 10.1016/j.compbiolchem.2004.09.001
- Universidade do Algarve. (s.d.). UAlg Hippocampus – Os cavalos-marinhos e as pradarias da Ria Formosa. Recuperado a 10-11-2025, de <https://www.ualg.pt/ualg-hippocampus-os-cavalos-marinhos-e-pradarias-da-ria-formosa> (
- Vinagre, C., & Gastón, C. L. (2024). Short food chains, highly diverse and complex food web networks in coastal lagoons. *Food Webs*, 38, e00341. DOI: 10.1016/j.fooweb.2024.e00341
- Voinov, A., & Bousquet, F. (2010). Modelling with stakeholders. *Environmental modelling & software*, 25(11), 1268-1281. DOI: 10.1016/j.envsoft.2010.03.007
- Walters, C., & Christensen, V. (2007). Adding realism to foraging arena predictions of trophic flow rates in Ecosim ecosystem models: shared foraging arenas and bout feeding. *Ecological Modelling*, 209(2-4), 342-350. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2007.06.025

Walters, C., Christensen, V., & Pauly, D. (1997). Structuring dynamic models of exploited ecosystems from trophic mass-balance assessments. *Reviews in fish biology and fisheries*, 7(2), 139-172. DOI: 10.1023/A:1018479526149

Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J., Orth, R. J., Dennison, W. C., Olyarnik, S., ... & Williams, S. L. (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the national academy of sciences*, 106(30), 12377-12381. DOI: 10.1073/pnas.0905620106

Whitehouse, G. A., & Aydin, K. Y. (2020). Assessing the sensitivity of three Alaska marine food webs to perturbations: an example of Ecosim simulations using Rpath. *Ecological Modelling*, 429, 109074. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2020.109074

13. Anexos

13.1. Anexo A — Relatório: Workshop participativo

Workshop Participativo SHIFT-MARES

Variações nos serviços de ecossistemas de áreas marinhas nacionais em cenários de alterações climáticas: Impactos no turismo costeiro



2025

RELATÓRIO Síntese

Fátima Alves (CFE-UC & UAb)

Rosário Rosa (CFE-UC & UAb)

Diogo Guedes Vidal (CFE-UC & UAb)

Índice



1. Introdução.....	53
2. Metodologia	57
3. Resultados	59
3.1 Confronto entre projeções ecológicas e conhecimento local.....	59
3.2 Pressões socioecológicas: mudanças percebidas	65
3.3 Medidas Identificadas pelos Grupos de Trabalho.....	68
3.4 Priorização das Medidas.....	70
4. Recomendações	74
6. Notas finais.....	81

1. Introdução

Data: 9 de outubro de 2025

Local: Universidade do Algarve – Campus de Gambelas

O workshop participativo do projeto **SHIFT-MARES** “Variações nos serviços de ecossistemas de áreas marinhas nacionais em cenários de alterações climáticas: Impactos no turismo costeiro”, financiado no âmbito do Capacitação da Administração Pública – PlanAPP, de Plano de Recuperação e Resiliência (PRR), constituiu um momento central de diálogo interdisciplinar sobre os impactos das alterações climáticas na Ria Formosa e, em particular, sobre a forma como tais impactos afetam os serviços de ecossistema e o turismo costeiro. Ao reunir investigadores, entidades públicas de gestão ambiental, associações de produtores, operadores turísticos e representantes municipais, o evento criou condições para uma leitura plural e crítica dos resultados preliminares do modelo ecológico desenvolvido no âmbito do projeto. Este relatório situa-se num momento intermédio do projeto: corresponde à fase de validação social dos primeiros resultados do modelo ecológico e à recolha de contributos para a construção das recomendações de política pública e de gestão territorial.

Num contexto de crescente incerteza climática, de intensificação do uso humano e de múltiplos conflitos de interesse sobre recursos e território, a produção de conhecimento torna-se um exercício simultaneamente técnico, político e social. O workshop teve, por isso, três objetivos estruturantes: (i) discutir as projeções ecológicas à luz da experiência acumulada pelos diversos atores; (ii) identificar pressões socioecológicas emergentes e desafios de governança; e (iii) construir coletivamente um conjunto de medidas priorizadas que possam orientar estratégias de gestão e políticas públicas. A articulação entre a modelação científica e conhecimento situado permitiu evidenciar tanto convergências quanto tensões, revelando a necessidade de abordagens adaptativas e participadas de gestão.

Assim, identificaram-se as seguintes tendências gerais:

- a) **Perda massiva de habitats críticos, surgindo as pradarias marinhas como o elemento mais crítico;**
- b) **Declínio de espécies com interesse económico, tais como** berbigão, amêijoia-boia, holotúrias e cavalos-marinhos, associado, sobretudo, à pesca ilegal, destruição de habitat e pressões humanas, mais do que propriamente ao clima;
- c) **Aumento de pressões difusas, como** macroalgas invasoras, impactos de fundeadores, erosão costeira e resíduos associados à aquacultura intensiva.

- d) **Aumento do número de embarcações e da atividade náutica, sobretudo sazonal**, com efeitos cumulativos na erosão, perturbação de fauna e destruição de pradarias;
- e) **Pesca ilegal generalizada sendo a falta de fiscalização** apontada como o principal fator de perpetuação do problema;
- f) **Expansão e densificação da aquacultura, maioritariamente da ostra, existindo um** risco de ultrapassagem de limites ecológicos devido à alta densidade de viveiros;
- g) **Falta de coordenação entre entidades:** APA, ICNF, capitánias, municípios e entidades de turismo têm responsabilidades sobrepostas, mas falham em produzir respostas coordenadas;
- h) **Desajustes entre instrumentos de planeamento, com** sobreposição entre POOC, planos do Parque Natural e instrumentos municipais, resultando na dificuldade em operacionalizar critérios de ordenamento territorial;
- i) **Ausência de critérios claros de capacidade de carga**, não existindo métricas consolidadas para limite de embarcações, densidade de aquacultura ou carga turística.

Identificação dos participantes

Jorge Ramos – Investigador integrado do CinTurs. Trabalha com aspetos relacionados com o turismo, sustentabilidade e bem-estar. Formação em biologia e pescas, mestrado e doutoramento em economia de pescas e parte socioeconómica. Trabalhou com resíduos em Portugal e com serviços de turismo na Ria Formosa (setor privado); atualmente, retornou à academia.

Nuno Grade – Biólogo marinho ICNF; Trabalha no Parque Natural da Ria Formosa, com avaliação de impactos ambientais, licenciamento de aquacultura, e “law enforcement”.

Ricardo Loureiro – Tasca do Ricky. Ligado ao turismo desde os 16 anos. Coordena projeto ligado à produção de salicórnia e ervas naturais da Ria Formosa.

Marta Rocha – Trabalha desde 2009 com o sistema da Ria Formosa. Associação de aquacultura e produtores de bivalves.

Inês Silva – Trabalha no Município de Olhão, no gabinete de sustentabilidade e ambiente. Licenciada em biologia molecular e celular, e mestre em Ecologia. Trabalhou em conservação no ICNF.

Pedro Coelho – Diretor regional (ARH Algarve) da APA. Presença no workshop de forma a perceber os objetivos do projeto e avaliar a possibilidade de a ARH Algarve potenciar os resultados do mesmo. Pretende analisar as várias chaves para políticas públicas. Prevê comunicação com academia para aprendizagem de planeamento, modelação e riscos.

Alexandre Furtado – Trabalha na ARH Algarve em planeamento e informação. Formação em biologia marinha, com conhecimento da Ria Formosa desde jovem. Está ligado à avaliação do impacto ambiental e à amostragem. De acordo com a lei da água tem obrigação de fazer amostragem na Ria (feito há 15 anos).

Carlos Martins – Chefe de divisão da ARH Algarve. Formação base em arquitetura. Trabalha com administração e ordenamento do território, com prática nos processos globais de ordenamento. Tem responsabilidade de coordenar estudos de impacto ambiental, na Ria Formosa.

Paula Noronha – Chefe de divisão da parte litoral da ARH algarve. Formação em arquitetura paisagista. Não é do algarve, mas já trabalha há muitos anos na Ria Formosa. Interesse na erosão costeira.

João Neiva – Investigador no CCMAR, com formação em biologia. Trabalha com bastante componente laboratorial, mas avançou com um projeto de conservação de ervas marinhas. Tem interesse em saber como funciona o ecossistema, que pessoas estão envolvidas com conhecimento e conservação, e quais as atividades praticadas na Ria Formosa.

Diogo Paulo – Investigador CCMAR. Doutorado em ecologia e conservação, com especialização em plantas marinhas, com foco na Ria Formosa e estuário do Sado. Trabalha com restauro de habitat litorais, corais e algas castanhas. Já esteve em empresas relacionado com o turismo, mergulho (em Sagres e costa algarvia) e mergulho científico. No CCMAR dirige unidade que faz estudos de impacto ambientais, e impacto nas pradarias marinhas. Pretende perceber qual é a visão dos outros utilizadores da ria e áreas afetadas pelo uso e degradação dos recursos (sobretudo, dos recursos naturais, mais do que os de turismo, porém, reconhece a importância da sintonia entre áreas.)

Miguel Pinto – Aluno de doutoramento no CCMAR, orientado pelo Francisco. Formação em biologia e ecologia. Foca-se em impacto das alterações climáticas nas pescas portuguesas, quer impactos no meio físico, quer no meio social.

Conceição Gago – ARH Algarve.

Jorge Palma – Investigador no CCMAR. Trabalha com cavalos-marinhos.

Gabriela Oliveira – Investigadora CIIMAR.

Da equipa, estiveram presentes no workshop:

Irene Martins

Fátima Alves

Rosário Rosa

Francisco Leitão

Jacinto Cunha

Alexandre (Relator)

2. Metodologia

A metodologia adotada no workshop foi concebida a partir dos princípios da **coprodução de conhecimento**, entendida como um processo colaborativo que integra diferentes formas de saber para responder a problemas complexos. Reconhecendo que os fenômenos socioecológicos - especialmente em sistemas altamente dinâmicos como a Ria Formosa - não podem ser plenamente compreendidos apenas a partir de abordagens disciplinares isoladas, o workshop procurou articular de forma explícita a **ciência ecológica**, a **experiência institucional**, as **práticas setoriais** e as **percepções locais dos utilizadores do território**. Esta matriz metodológica permitiu discutir os resultados preliminares do projeto e contextualizá-los à luz das vivências e responsabilidades dos diferentes atores envolvidos na gestão da Ria.

O processo desenvolveu-se, assim, em **quatro grandes momentos sequenciais**, concebidos para criar um percurso progressivo entre informação, crítica, deliberação e síntese coletiva.

- 1) O workshop iniciou-se com um conjunto de apresentações destinadas a estabelecer uma linguagem comum entre os participantes. Nesta fase, foram explicitados os objetivos do projeto SHIFT-MARES, a lógica conceptual subjacente ao modelo ecológico e as premissas utilizadas para simular cenários de alterações climáticas. Este momento foi essencial para clarificar a natureza e os limites do exercício de modelação, destacando tanto as suas potencialidades analíticas quanto as incertezas inerentes à projeção de tendências ecológicas. Criou-se assim uma base cognitiva partilhada que permitiu ancorar as discussões subsequentes.
- 2) Seguiu-se um debate orientado, no qual os resultados da modelação foram confrontados com o conhecimento empírico e a experiência de campo dos participantes. O exercício teve um carácter abertamente crítico e interpretativo, procurando ir além da confirmação dos resultados apresentados, abrindo espaço para a identificação das **lacunas, divergências e tensões** entre o modelo e a realidade observada. Este confronto desempenhou um papel fundamental na validação social do modelo, permitindo detetar eventuais insuficiências nos dados utilizados, discrepâncias entre projeções e tendências percebidas, e dimensões que necessitariam de afinação futura.
- 3) Num terceiro momento, os participantes foram distribuídos em três grupos heterogéneos, de modo a garantir diversidade institucional, profissional e disciplinar. Cada grupo foi convidado a discutir pressões ecológicas e sociais, a identificar mudanças percebidas ao longo das últimas décadas e a formular medidas de mitigação que respondessem aos desafios identificados. A heterogeneidade dos grupos e a natureza deliberativa dos exercícios permitiram revelar convergências e divergências internas a cada setor, promover a argumentação fundamentada e fomentar o compromisso entre perspectivas potencialmente dissonantes.

4) Na fase final, as medidas produzidas pelos grupos foram partilhadas em plenário, discutidas e submetidas a um processo de priorização através de votação. Este exercício permitiu identificar **linhas de ação consideradas prioritárias** pelos participantes, revelando tanto consensos estruturantes quanto áreas onde persistem visões diferenciadas. A priorização das propostas funcionou como mecanismo de síntese e consolidação das aprendizagens coletivas, servindo de ponte direta para a formulação de recomendações dirigidas às políticas públicas, à gestão territorial e à investigação futura no âmbito da Ria Formosa.

Importa referir que, ao nível das limitações metodológicas, é de notar a ausência parcial de pescadores artesanais e capitania o que pode limitar perspetivas mais operacionais, acrescida da composição altamente técnica que pode, por seu turno, enviesar para soluções institucionalizadas.

3. Resultados

3.1 Confronto entre projeções ecológicas e conhecimento local

A primeira fase do workshop revelou um conjunto de tensões significativas entre os resultados projetados pelo modelo ecológico do projeto e o conhecimento acumulado pelos participantes sobre a dinâmica real da Ria Formosa (Figura 1; Quadro 1). Esta fase permitiu identificar os aspetos que o modelo prevê com maior robustez e aqueles em que o conhecimento local aponta divergências importantes. Desde logo, destaca-se que o conhecimento situado revelou tendências mais rápidas de degradação ecológica do que as previstas pelo modelo.

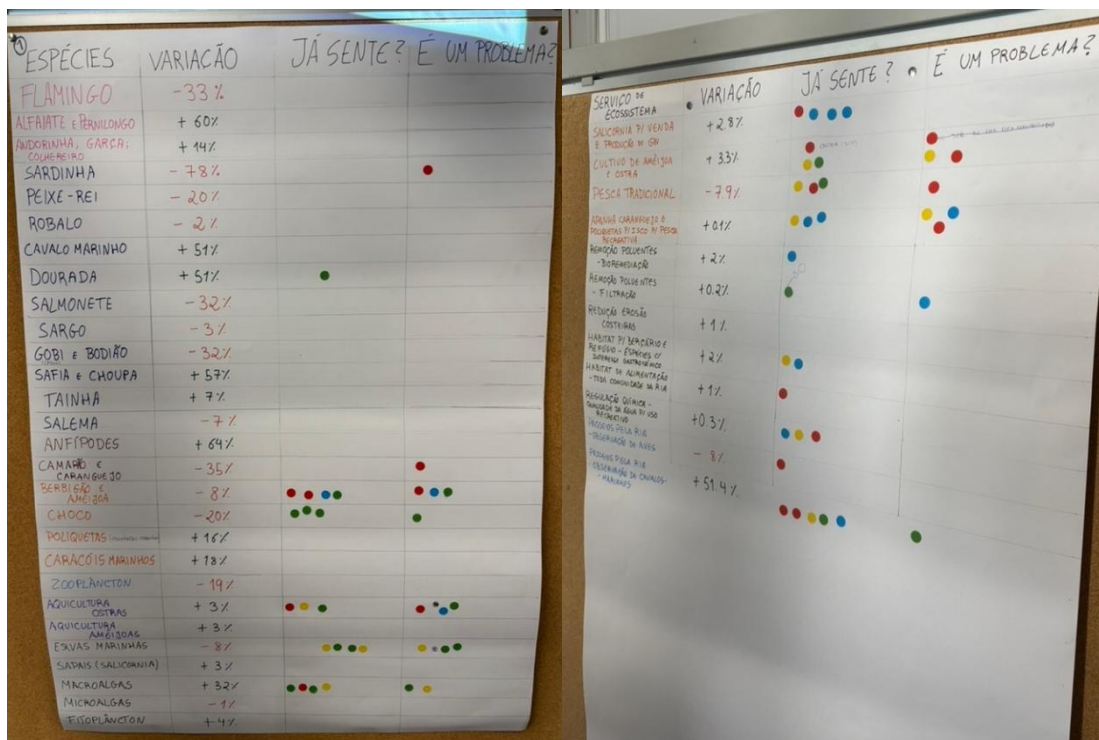


Figura 5 - Confrontação dos resultados da modelação com o conhecimento empírico e a experiência de campo dos participantes (Exercício 1)

Quadro 1 – Transcrição do Exercício 1 para as Espécies

Espécie	Varição	Já sente?	Isso é um problema?
Flamingo	-33%		
Alfaiate e Pernilongo	+60%		
Andorinha, Garça e Colhereiro	+14%		
Sardinha	-78%		º (1)
Peixe-rei	-20%		
Robalo	-2%		
Cavalo-Marinho	+51%		
Dourada	+51%	º (1)	
Salmonete	-32%		
Sargo	-3%		
Gobi (Caboz) e Bodião	-32%		
Safia e Choupa	+57%		
Tainha	+7%		
Salema	-7%		
Anfípodes	+64%		
Camarão e Caranguejo	-35%		º (1)
Berbigão e Amêijoas	-8%	ºººº (4)	ººº (3)
Choco	-20%	ººº (3)	º (1)
Poliquetas (minhocas marinhas)	+16%		
Caracóis Marinhos	+18%		
Zooplâncton	-19%		
Aquicultura Ostras	+3%	ººº (3)	ºººº (4)
Aquicultura Amêijoas	+3%		
Ervas Marinhas	-8%	ºººº (4)	ºººº (4)
Sapais (Salicornia)	+3%		
Macroalgas	+32%	ºººº (4)	ºº (2)
Microalgas	-1%		
Fitoplâncton	+4%		

Quadro 2 - Transcrição do Exercício 1 para os Serviços de Ecossistemas

Serviço de Ecossistema	Varição	Já sente?	Isso é um problema?
Salicornia para venda e produção de gin	+2.8%	ºººº (4)	
Cultivo de amêijoas e ostra	+3.3%	ººº (3)	ººº (3)
Pesca tradicional	-7.9%	ººº (3)	º (1)
Apanha de caranguejo e poliquetas para isco para pesca recreativa	+0.1%	ººº (3)	ººº (3)
Remoção de poluentes – biorremediação	+2%	ºº (2)	
Remoção de poluentes – filtração	+0.2%		º (1)
Redução da erosão costeira	+1%		
Habitat para berçário e refúgio – espécies com interesse gastronómico	+2%	ºº (2)	
Habitat de alimentação – toda a comunidade da Ria	+1%	º (1)	
Regulação química – qualidade da água para uso recreativo	+0.3%	ººº (3)	

Passeios pela Ria – observação de aves	-8%	º (1)	
Passeios pela Ria – observação de cavalos-marinhos	+51.4%	º º º º º (5)	º (1)

a) Tensões entre modelação e experiência empírica

Várias espécies e serviços de ecossistema emergiram como pontos críticos de discrepância. A **amêijoia-boia**, por exemplo, é projetada pelo modelo como apresentando um ligeiro aumento, mas os participantes, especialmente representantes da aquacultura e da gestão territorial, relataram um declínio severo da espécie nos últimos anos, associado não apenas à extração excessiva, mas também à perda de áreas potencialmente produtivas e à incapacidade de recuperar zonas previstas no PAqAT. Em alguns casos, foram referidos valores concretos: *60 hectares de áreas previstas para produção já foram perdidos*, o que reforça a percepção de diminuição real da produtividade.

Também as **ervas marinhas** constituíram uma divergência marcante. O modelo estima um declínio moderado (-8%), mas investigadores do CCMAR, com mais de 20 anos de acompanhamento da Ria, descrevem perdas muito superiores: mais de **50% da área em 13 anos**, com reduções anuais que, segundo testemunhos, chegam a valores próximos do que o modelo prevê para várias décadas. A substituição de pradarias por areia, mesmo quando alguma biomassa subsiste, é vista como particularmente crítica porque compromete funções ecológicas essenciais, como abrigo de juvenis e estabilização sedimentar.

No caso de **aves limícolas**, o modelo projetava aumentos que contrastam com tendências europeias de declínio, e vários participantes manifestaram estranheza perante valores negativos atribuídos a espécies emblemáticas como o flamingo, cuja presença na Ria Formosa é descrita como relativamente estável ou mesmo crescente, especialmente em salinas ativas.

Finalmente, o tema da **erosão costeira** gerou discussão: enquanto o modelo sugeria algum grau de redução da velocidade de erosão, os participantes enfatizaram não apenas a intensificação do fenómeno, mas também a ausência de consideração, no modelo, de eventos críticos como o colapso parcial da barra de Cacela, eventos que reconfiguram o sistema e desafiam cenários estáticos.

Estas discrepâncias demonstram a importância de calibrar modelos com séries temporais extensas, dados locais atualizados e o conhecimento prático-profundamente sedimentado nos diferentes setores que operam na laguna.

b) Predominância das pressões humanas face aos fatores climáticos

Outra conclusão consensual prende-se com o peso das pressões antropogénicas na deterioração ecológica da Ria Formosa (Figura 2/Quadro 3). Embora as alterações climáticas sejam reconhecidas como uma força estruturante de longo prazo, influenciando temperatura da água, acidificação e padrões de espécies, a quase totalidade dos participantes enfatizou que o declínio ecológico observado resulta sobretudo de **processos humanos intensivos e cumulativos**.

Entre estes processos foram destacados:

- **a destruição de pradarias marinhas** devido a fundeadores legais e ilegais, tráfego marítimo, navegação em períodos de baixa-mar e artes de pesca;
- **a pesca ilegal**, considerada por alguns participantes como o “maior cancro atual da ria”, com apanha noturna de bivalves, juvenis e espécies valiosas como holotúrias;
- **o aumento desregulado de embarcações recreativas e turísticas**, muitas sem registo atualizado, acelerando erosão e perturbação de fauna;
- **a expansão da aquacultura**, especialmente de ostra, cuja densidade crescente levanta preocupações sobre capacidade de carga e impactos no ciclo de nutrientes;
- **a sobrecarga turística**, com 12 milhões de visitantes anuais para uma população residente de cerca de 500 mil, criando pressões diretas e difusas, desde pisoteio a produção de resíduos.

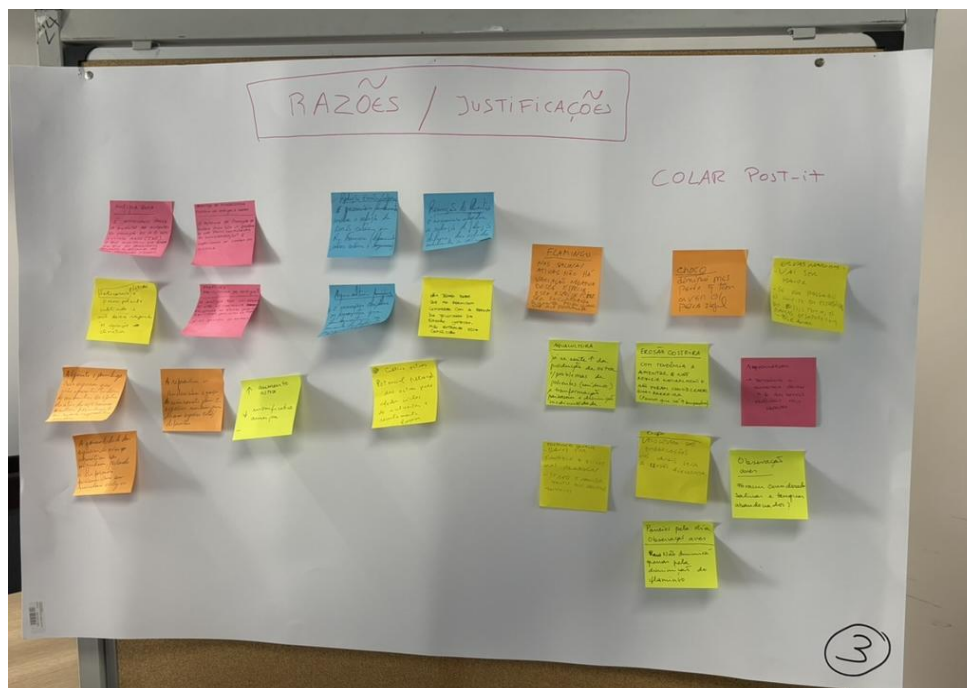


Figura 6 – Identificação das razões e justificação para a variação das espécies pelos participantes (Exercício 2)

Quadro 3 - Matriz de Impacto: Razões e justificações identificadas pelos participantes para a variação das espécies e condições ecológicas (Exercício 2)

Tema	Pressão identificada	Efeito percebido	Evidência (frases originais dos participantes)
Aquicultura	Aumento da produção de ostra / diminuição da amêijoia	Desequilíbrios entre espécies cultivadas	"Aumento da ostra / Diminuição significativa da amêijoia"
	Perda de áreas previstas no PAqAT	Declínio da amêijoia-boa	"A amêijoia boa vai diminuir se não se conseguir recuperar as áreas potenciais aquícolas previstas no PAqAT. Já se perderam 60 hectares."
	Declarações múltiplas de produção	Aumento artificial da produção estatística de amêijoia	"Os produtores passaram a declarar as duas produções à DGRN."
	Densidades elevadas de ostra	Risco de ultrapassar capacidade de carga	"O aumento de produção de ostra pode ser um problema se não forem controladas as densidades/m ² e capacidade de carga do sistema."
	Filtração intensa das ostras	Alteração de ciclos de nutrientes e recrutamento larvar	"O potencial de filtração das ostras pode afetar ciclos de nutrientes e recrutamento larvar."
	Expansão da produção de ostra	Poluentes, transformação da paisagem e diminuição da biodiversidade	"Já se sente aumento da produção de ostra com problemas de poluentes (resíduos) e transformação da paisagem e diminuição da biodiversidade."
	Redução dos bancos naturais	Aumento da aquicultura	"Tendência a aumentar devido à redução dos bancos naturais das espécies."
Pesca	Pesca ilegal generalizada	Forte pressão sobre os recursos	"Toda a gente apanha bivalves, enguias pequenas e minhocas. É muita pressão."
	Pesca ilegal do choco	Declínio da espécie	"Choco – diminui, penso que tem a ver com a pesca ilegal."
	Pesca ilegal noturna	Pressão em canais sensíveis	"Pesca ilegal à noite em pequenos canais."
Habitats	Fundeadores e hélices	Danos nas pradarias, stress e ferimentos	"Danos por fundeadores e hélices nas pradarias; stress e manuseamento dos cavalos-marinhos."
	Redução das ervas marinhas	Risco de colapso do habitat	"Se for passado o limite de estabilidade do ecossistema, as plantas desaparecem; -8% é anual."
	Infestação de Caulerpa	Competição com ervas marinhas	"Infestações de alga Caulerpa em competição com as ervas marinhas."
Aves	Movimentos migratórios sob pressão	Risco de a Ria Formosa funcionar como sumidouro ecológico	"A generalidade das espécies de aves aquáticas são migradoras, podendo a Ria Formosa funcionar como um sumidouro ecológico."
	Ação humana direta	Sucessos reprodutores nulos em alfaiate e pernilongo	"Os efeitos diretos da ação humana resultam frequentemente em sucessos reprodutores nulos."
	Alterações nas salinas	Estabilidade relativa dos flamingos	"Nas salinas ativas não há variação negativa desta espécie. Esta espécie pode ser encontrada durante todo o ano."
	Redução do flamingo não afeta observação	Passeios de observação mantêm-se	"Não diminuirá apenas pela diminuição do flamingo."
	Inclusão de salinas/ tanques abandonados	Influência na observação de aves	"Foram consideradas salinas e tanques abandonados."
Erosão	Vulnerabilidade das ilhas-barreira	Risco de eventos tipo Cacela	"Pode acontecer em grande parte da RF o que aconteceu em Cacela?"
	Ignorar ilhas-barreira no modelo	Aumento da erosão costeira	"Erosão costeira – com tendência a aumentar... não foram consideradas ilhas barreira."
	Velocidade das embarcações	Erosão acelerada das margens	"A velocidade das embarcações nos canais leva a erosão acelerada."
	Assoreamento	Obstrução natural dos canais	"Eventual assoreamento da barra e canais."

Tema	Pressão identificada	Efeito percebido	Evidência (frases originais dos participantes)
	Falta de dados	Dúvidas sobre redução da erosão no modelo	“Não tenho dados que me permitam concordar com a redução da velocidade da erosão costeira, mas estranho essa conclusão.”
	Gestão inadequada	Necessidade de diferenciar zonas costeiras e lagunares	“É necessário fundamentalmente melhorar a redução da erosão costeira... diferenciando setores costeiros e lagunares.”
Qualidade ambiental	Poluição urbana difusa	Contaminação da laguna	“É necessário abordar a redução de poluição difusa das cidades envolventes à Ria.”
	Falta de inputs de água doce	Patologias em bivalves e peixes	“Falta de inputs de água doce – aumento de patologias em bivalves e peixes.”
Uso do território	Salinas/pisciculturas abandonadas	Perda de oportunidades	“Falta de aproveitamento de áreas artificiais abandonadas (salinas e pisciculturas).”
	Falta de aproveitamento de património ambiental	Perda de serviços de ecossistema e valor económico	“Gigantescos ‘fascínios’ ambientais que poderiam ser aproveitados para fornecimento de serviços de ecossistema e aproveitamento económico.”
	Cultivo de salicornia	Baixa sensibilidade climática	“Salicornia para venda é principalmente cultivada e não deverá responder às variações climáticas.”

c) Ausência de critérios operacionais de capacidade de carga

A discussão revelou ainda que a noção de **capacidade de carga**, recorrente em discursos científicos e institucionais, permanece pouco operacionalizada. Apesar de ser reconhecida como ferramenta indispensável para orientar políticas e regular atividades, o conceito carece de métricas partilhadas e aplicáveis aos diferentes usos da laguna. Como relataram vários participantes:

- não existe consenso entre entidades sobre métodos para calcular limites de embarcações, densidades de viveiros ou número de visitantes;
- aproximações à capacidade de carga já realizadas por entidades como o ICNF não foram integradas em planos de gestão ou licenciamento;
- decisões continuam a ser tomadas caso a caso, frequentemente por pressão económica ou interesse setorial;
- setores críticos, como turismo náutico, aquacultura e recreio, operam sem limites claros ou monitorização efetiva.

Esta ausência, de acordo com os participantes, fragiliza o planeamento ecológico, perpetua conflitos e impede a gestão adaptativa num ecossistema particularmente sensível e vulnerável à intensificação de usos.

3.2 Pressões socioecológicas: mudanças percebidas

A análise das transformações ao longo das últimas décadas revelou um conjunto de tendências persistentes que ajudam a compreender o estado atual da Ria Formosa (Figura 3/Quadro 4). A percepção dos participantes converge na identificação de múltiplos processos de degradação, muitos dos quais se intensificaram no período recente, e cuja aceleração supera largamente a capacidade de resposta institucional. Entre as mudanças mais significativas destaca-se a **degradação contínua e acelerada das pradarias marinhas**, considerada um dos elementos estruturantes da resiliência ecológica da laguna. A perda deste habitat tem impacto direto em serviços de ecossistema cruciais, como berçários, abrigo de espécies comerciais, sequestro de carbono e proteção contra erosão. As causas apontadas são sobretudo antrópicas: fundeadores, tráfego marítimo, artes de pesca ilegais e deposição de resíduos.

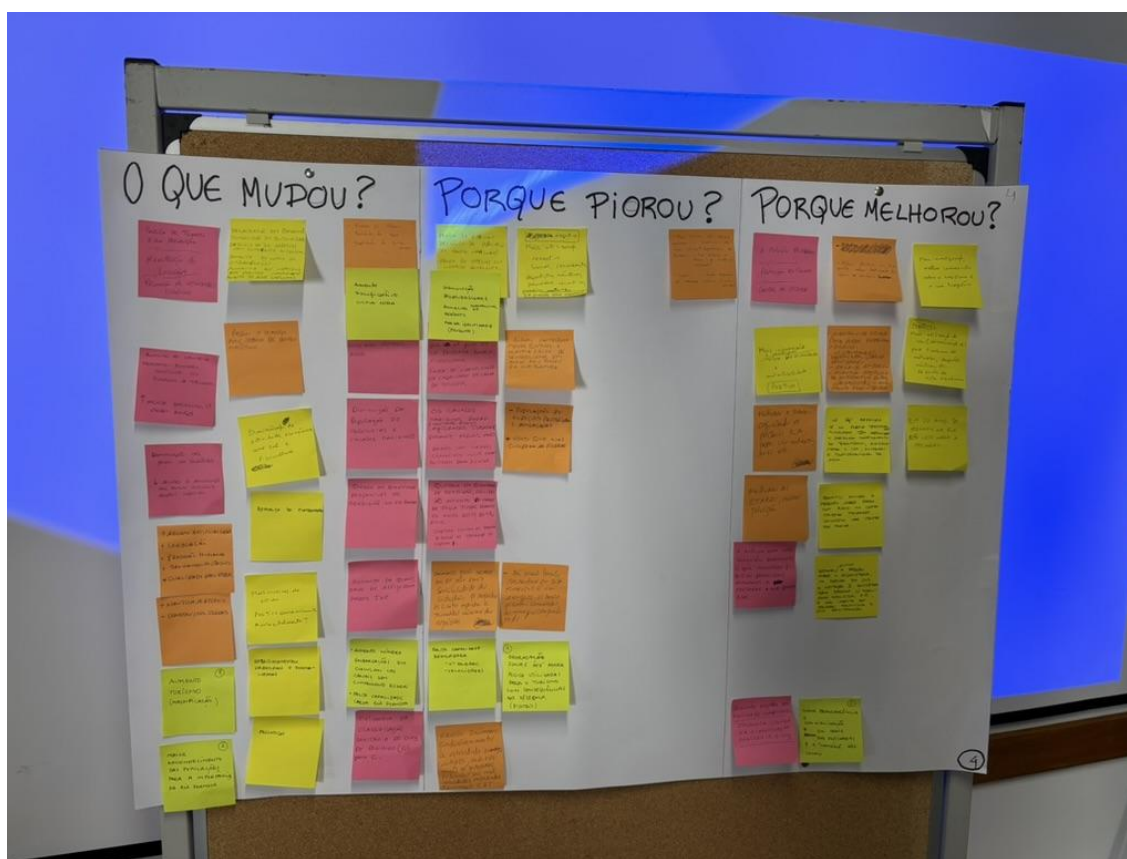


Figura 7 – Exercício sobre o que mudou, porque piorou ou porque melhorou na região (Exercício 3)

Por outro lado, registou-se o **crescimento desordenado da náutica de recreio e das atividades marítimo-turísticas**, que contribuem para erosão das margens, perturbação de espécies sensíveis, aumento de ruído subaquático e ocupação intensiva de canais. Esta pressão é agravada

pela falta de registo atualizado de embarcações e pela normalização de práticas de transgressão, facilitada pela escassez de fiscalização.

Quadro 4 - Transcrição do Exercício 3

O que mudou?	Porque piorou?	Porque melhorou?
Perigo de tsunamis; Manutenção da paisagem; Promoção de atividades ecológicas		A poluição melhorou; proteção da fauna; gestão de resíduos
Aumento da atividade marinha – turística, dedicada ao turismo da natureza; maior procura destes serviços		
Diminuição da pesca de bivalves; diminuição devido a diminuição dos bancos naturais destas espécies		
+ áreas artificializadas + legislação + pressão humana + saneamento básico + qualidade das ETAR + náutica de recreio - construções ilegais	- populações de espécies protegidas e ameaçadas + usos que não cumprem as regras	Melhorou o turismo organizado com passeios pela ria, para ver natureza, aves, etc; melhorou as ETARS, menos poluição
Aumento turismo (massificação)	Degradação de zonas até agora pouco utilizadas para o turismo com consequências no sistema (pisoteio)	
Maior reconhecimento das populações para a importância da Ria Formosa		Maior transparência e sensibilização da parte das entidades e a “memória” dos locais
Degradação das pradarias, diminuição de biodiversidade, diminuição de espécies com interesse comercial, aumento de número de embarcações, aumento dos aumentos nas plantas marinhas, aumento de algas invasoras	Mais utilização recreativa – barcos, veraneantes, desportistas náuticos, pescadores recreativos, passeios na natureza (+ pressões sobre sistema)	Mais informação e sensibilização sobre biodiversidade e sustentabilidade; Mais investigação, melhor conhecimento sobre o ecossistema e a sua trajetória; Em 20 anos de mergulho na ria não vejo nada a melhorar
Passou a haver maior oferta de serviços turísticos	Algum congestionamento pontual e alguma falta de sensibilidade em áreas mais frágeis da ria formosa; Aumento pesca recreio na RF; não existe sensibilidade dos cidadãos para respeitar os limites de apanha e tamanhos mínimos das espécies; há mais barcos recreativos na ria formosa – é um exagero, os barcos ficam amarrados às margens ocupando tudo; existem inúmeros condicionamentos à atividade científica – cada vez mais os pareceres para licenças são mal analisadas impedindo desenvolvimento C&T	Ganhou-se escala para poder sustentar negócios; Os operadores dinamizam várias atividades; Gera-se emprego; Alguma partilha de informação entre operadores, o que abona todo o sector; Maior utilização da ria (diversificação, etc) para turismo da natureza, desportos náuticos, etc... do ponto de vista económico
Diminuição de atividade económica como sal e piscicultura		

O que mudou?	Porque piorou?	Porque melhorou?
Reforço de planeamento		As IGT especiais e os planos territoriais municipais têm reforçado e adequado ordenamento de território, disciplinando o uso, ocupação e transformação do solo
Mais viveiros de ostras, positivos economicamente, mas ? ambientalmente	Perda de habitat; declínio de populações (ex. cavalo-marinho); perda de espécies com interesse comercial	
Estacionamentos ordenados e formalizados		Permitiu aliviar a pressão sobre áreas com risco na costa, criando melhores condições aos visitantes das praias
Passadiços		Removeu/aliviou pressão sobre o ecossistema, na medida em que a visita é facilitada para pessoas com mobilidade reduzida, p.e., e não impacta nos valores, permitindo a sua recuperação
Viveiros de ostras, qualidade de água, quantidade de barcos de recreio	Mais barcos de recreio continua a incentivar um ciclo vicioso de dependência do turismo – traz dinheiro em troca da saúde do ambiente?; continua a haver expansão de marinas de recreios (+ ciclo vicioso)	Melhor eficiência nas ETARS permite melhor tratamento de águas residuais
Aumento significativo do cultivo da ostra	Diminuição da biodiversidade e aumento substancial de resíduos; perda identidade (produto)	
Ostra aumentou muito nos últimos anos	Este aumento ser controlo das densidades por M ² pode ser um problema para o ecossistema; falta de conhecimento da capacidade de carga do sistema	
Diminuição da população de holotúrias e cavalos-marinhos	Os cavalos-marinhos e holotúrias foram capturados ilegalmente durante alguns anos; ambos com valores comerciais muito elevados, enviados para a China	
Quebra da quantidade disponível de berbigão na ria formosa	Queda da quantidade de berbigão, devido ao aumento do esforço de pesca ilegal durante os anos 2011, 2012 e 2013; captura elevada de berbigão abaixo do tamanho de captura	
Aumento da quantidade de amêijoia boa (INE)		Amêijoia boa não aumento realmente, o que aconteceu foi que os produtores passaram a declarar a sua produção real
Aumento número de embarcações que circulam nos canais sem cumprimento das regras; falta de capacidade carga Ria Formosa	Falta de capacidade reguladora (nº embarcações, velocidade);	
Melhoria da classificação sanitária do OIH3 de proibido (D) para C		Algumas ações de entidades competentes; melhoria ligeira na classificação sanitária OIH3

A **expansão da aquacultura**, sobretudo de ostra, foi igualmente identificada como uma mudança relevante. Embora reconhecida como economicamente importante, levanta preocupações quanto à densidade excessiva, resíduos associados à produção e efeitos cumulativos sobre nutrientes e ciclos ecológicos. Existem também tensões entre o crescimento do setor e a proteção de habitats sensíveis, nomeadamente pradarias e zonas de alimentação de cavalos-marinhos. Outra tendência marcante é a **perda de espécies estruturantes**, como cavalos-marinhos, holotúrias e berbigão, fruto de pesca ilegal intensiva e prolongada. Em particular, os cavalos-marinhos, outrora uma das maiores populações da Europa, sofreram reduções superiores a 60%, sinalizando uma mudança profunda e rápida na estrutura ecológica da laguna.

Os participantes destacaram igualmente o **assoreamento de canais**, a vulnerabilidade crescente das ilhas-barreira e a falta de articulação entre planos de ordenamento costeiro e políticas de conservação. Estes processos alteram a circulação da água, a dinâmica sedimentar e a acessibilidade, com impactos diretos sobre atividades económicas e funcionamento ecológico.

Apesar deste cenário complexo, foram mencionados alguns **pontos positivos**, como a melhoria da eficiência das ETAR, maior sensibilização ambiental entre operadores e populações, e o crescimento de um turismo organizado mais atento às condições ecológicas.

A leitura global destas mudanças aponta para uma **dinâmica cumulativa de intensificação humana sem correspondente reforço institucional**. A capacidade de gestão, tanto em recursos humanos como em instrumentos de regulação, não acompanha o ritmo de transformação do ecossistema, criando um desfasamento crescente entre o que o sistema suporta e o que as atividades humanas exigem dele.

3.3 Medidas Identificadas pelos Grupos de Trabalho

A fase de trabalho em pequenos grupos permitiu alargar a discussão das pressões e tensões identificadas na Ria Formosa para um plano propositivo, centrado na definição de medidas concretas de mitigação e gestão. As propostas apresentadas pelos diferentes grupos revelam padrões comuns, mas também distintas ênfases consoante a composição, experiência profissional e visão setorial dos participantes. No conjunto, emergiu uma arquitetura coerente de medidas estruturantes, cuja convergência sinaliza prioridades amplamente reconhecidas para a salvaguarda ecológica e socioeconómica da Ria Formosa.

a) Reforço da fiscalização e combate à pesca ilegal

Em todos os grupos, a pesca ilegal, especialmente de bivalves, holotúrias e cavalos-marinhos, foi descrita como uma das ameaças mais graves ao equilíbrio ecológico e à sustentabilidade económica. As medidas propostas incluem:

- aumento efetivo de meios humanos e de vigilância;
- reforço da presença das autoridades em períodos de maior incidência (noturno ou ao amanhecer);
- articulação interinstitucional entre Polícia Marítima, ICNF, APA e municípios;
- criação de mecanismos de denúncia mais eficazes e de campanhas de sensibilização dirigidas a turistas e residentes.

b) Ordenamento e regulação da náutica de recreio

O crescimento exponencial das embarcações recreativas e do turismo náutico surge como uma das principais pressões contemporâneas. Os grupos apresentaram um conjunto robusto de propostas:

- definição de **zonas de circulação**, áreas interditas e corredores ecológicos;
- limitação de fundeadores;
- cadastro atualizado de embarcações e controlo do registo;
- definição de limites diários para operadores turísticos;
- monitorização por sensores ou vigilância integrada nos meses de pico.

c) Gestão integrada da aquacultura e definição de limites

A expansão da produção de ostra foi reconhecida como atividade económica chave, mas simultaneamente como setor que necessita de limites ecológicos e melhor ordenamento espacial. As propostas incluem:

- avaliação da capacidade de carga dos viveiros existentes;
- definição de densidades máximas e reorganização do espaço aquícola;
- monitorização de resíduos e impactos sedimentares;
- maior coordenação entre APA, DGRM, produtores e ICNF;
- clarificação de responsabilidades quanto à limpeza de resíduos e estruturas abandonadas.

d) Proteção e recuperação de habitats sensíveis

Uma das áreas de maior convergência entre grupos é a necessidade de recuperar a base ecológica da Ria Formosa, centrada em:

- programas de restauração de **pradarias marinhas**;
- delimitação de áreas críticas para berçários e alimentação de aves;
- contenção de atividades em zonas vulneráveis;
- ações de remoção de espécies invasoras e macroalgas problemáticas;
- proteção reforçada das ilhas-barreira e zonas intertidais.

e) Educação ambiental e envolvimento comunitário

Os grupos destacaram a necessidade de alterar práticas quotidianas e aumentar o conhecimento sobre impactos. As medidas incluem:

- programas educativos orientados para pescadores, operadores turísticos e escolas;
- campanhas de informação sobre espécies protegidas e boas práticas;
- envolvimento dos utilizadores em ações de monitorização e ciência cidadã;
- produção de materiais acessíveis a turistas (placas, códigos QR, vídeos).

f) Governança e integração de políticas

Os participantes enfatizaram sistematicamente a necessidade de uma abordagem integrada da gestão da Ria Formosa. Foram sugeridas:

- plataformas interinstitucionais permanentes;
- harmonização de planos (POOC, Parque Natural, instrumentos municipais);
- definição de critérios operacionais de capacidade de carga;
- melhoria da transparência e comunicação entre entidades e utilizadores.

Em síntese, as medidas propostas revelam uma visão amplamente partilhada de que a sustentabilidade da Ria Formosa depende da conjugação entre limites claros, monitorização eficaz, fiscalização, educação e governança colaborativa.

3.4 Priorização das Medidas

A sessão plenária final, dedicada à votação e hierarquização das medidas, permitiu destacar os consensos emergentes e identificar aquelas consideradas mais urgentes pelos participantes. A priorização não se limitou a um exercício de classificação: funcionou como mecanismo de síntese

coletiva e de tradução das percepções dos diferentes setores presentes no workshop (Figura 4/Quadro).

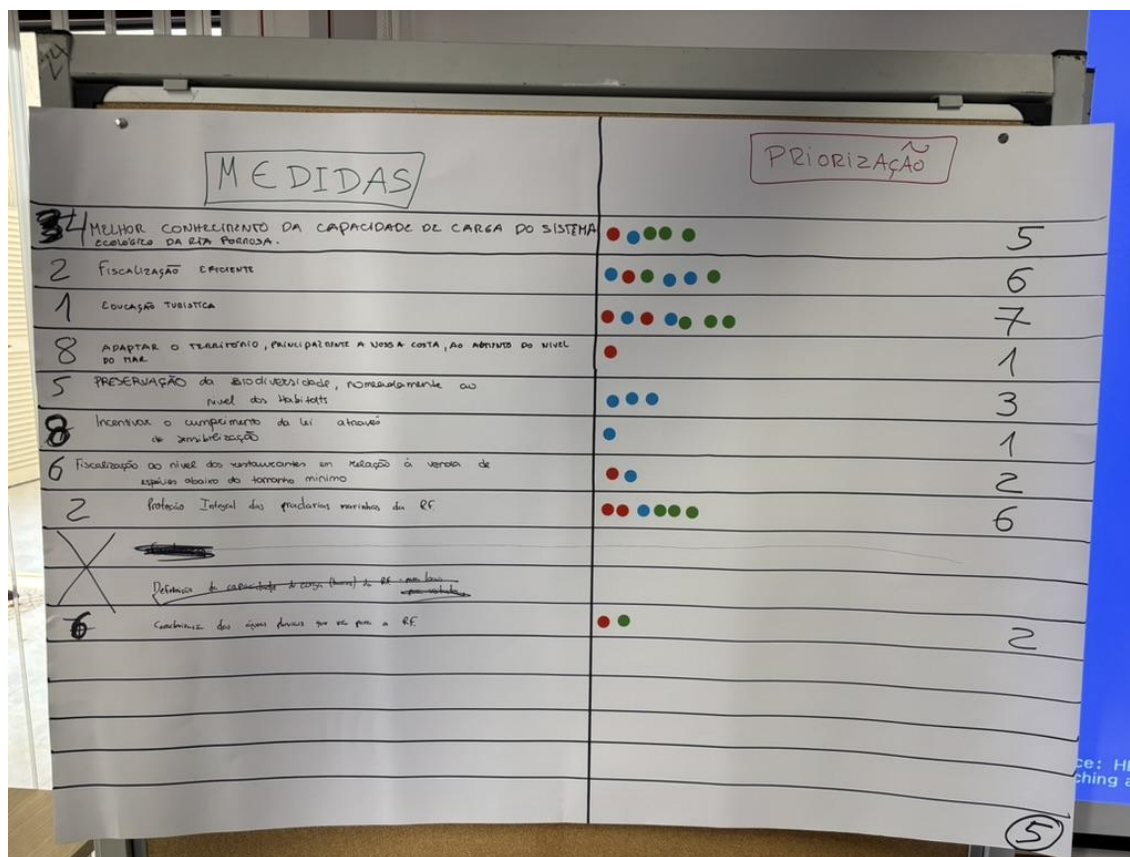


Figura 4 – Priorização coletiva das medidas identificadas no exercício anterior (Exercício 5)

As medidas têm uma pontuação associada, indicada por “o”, e um valor numérico final. O ranking vai de 1 a 7 (onde 7 é a maior prioridade).

Quadro 5 - Transcrição do Exercício 5

Nº	Medida	Pontos	Interpretação
1	Educação turística	7	Maior prioridade; foca na sensibilização e no comportamento dos visitantes, crucial para a gestão sustentável da Ria Formosa.
2	Fiscalização eficiente	6	Muito relevante; garante que leis e regulamentos são cumpridos.
2	Proteção integral das pradarias marinhas	6	Alta prioridade ecológica; habitats críticos para biodiversidade e estabilidade do ecossistema.
3	Melhor conhecimento da capacidade de carga do sistema ecológico	5	Essencial para planeamento sustentável; base científica para decisões de uso e visitas.
4	Preservação da biodiversidade (habitats)	3	Importante, mas menos prioritário que medidas ligadas a fiscalização e educação, possivelmente por depender de ações mais estruturais.
5	Fiscalização nos restaurantes sobre espécies abaixo do tamanho mínimo	2	Medida específica, focada em comércio e consumo sustentável.
5	Caracterização das águas pluviais que vão para a R.F.	2	Monitorização de poluição e qualidade da água; importante para saúde ecológica.

6	Adaptar o território à subida do nível do mar	1	Baixa prioridade aparente, talvez por ser percebida como um impacto futuro ou de longo prazo.
6	Incentivar o cumprimento da lei através de sensibilização	1	Complementar à fiscalização; foco em educação/convencimento em vez de coerção.
–	Fiscalização (não especificada)	–	Não avaliada; provavelmente redundante com outras medidas de fiscalização.
–	Definição da capacidade de carga de barcos	–	Não avaliada; ligada à gestão de visitantes, poderia ser integrada na medida 3.

A análise da priorização realizada pelos participantes revela um conjunto de orientações estratégicas claras para a gestão da Ria Formosa, evidenciando uma visão pragmática e centrada nos problemas mais imediatos. A hierarquia construída reflete a leitura coletiva das pressões socioecológicas que atualmente moldam o sistema.

A “educação turística” surge destacada como a principal prioridade, posicionando-se acima de medidas de adaptação física ou de ações de fiscalização isoladas. Esta escolha indica uma aposta consistente em estratégias preventivas, capazes de induzir mudanças de comportamento e reduzir pressões antes que estas se materializem em danos ecológicos. Num território protegido, sujeito a forte pressão turística e recreativa, os participantes reconhecem que a gestão sustentável depende, em grande medida, da capacidade de transformar práticas quotidianas, que vão desde a navegação às atividades de lazer através da informação, da pedagogia ambiental e do envolvimento ativo dos utilizadores.

Logo após a educação, surgem medidas centradas na fiscalização e na proteção de habitats críticos, com destaque para as pradarias marinhas. Este posicionamento revela a consciência de que a conservação efetiva exige o cumprimento sistemático das normas e uma vigilância ativa sobre atividades ilegais, usos indevidos ou pressões excessivas. Por contraste, medidas de fiscalização mais sectoriais, como as relacionadas com restaurantes ou águas pluviais, foram classificadas com prioridade inferior. Tal distingue as ações de impacto localizado das intervenções estruturais, sugerindo que os participantes valorizam medidas com alcance mais amplo e efeito transversal sobre o ecossistema.

A importância atribuída ao conhecimento da capacidade de carga ecológica surge numa posição intermédia. Embora reconhecida como relevante para o planeamento, esta dimensão não é vista como prioridade imediata quando comparada com a necessidade de educar, fiscalizar e proteger habitats. A leitura destas prioridades sugere uma visão orientada para o curto prazo, centrada em respostas operacionais urgentes, enquanto o desenvolvimento de instrumentos técnicos de suporte à decisão é remetido para uma fase subsequente. Ainda assim, a sua presença na lista confirma a perceção de que a sustentabilidade dependerá de uma melhor compreensão dos limites ecológicos da laguna.

As medidas relacionadas com adaptação ao aumento do nível do mar e com a sensibilização para o cumprimento das leis surgem no final da tabela. Esta posição pode, a título de exercício interpretativo, refletir dois aspetos:

- uma perceção de que os impactos associados à subida do nível do mar pertencem a um horizonte temporal mais distante, sendo ultrapassados, em urgência, por problemas atuais como a sobrepesca, a pressão turística ou a degradação dos habitats;
- a noção de que a mera sensibilização legal, quando não acompanhada de fiscalização consequente, tem impacto limitado.

De forma a sintetizar a priorização efetuada pelos participantes, é possível identificar três níveis de orientação estratégica:

- **Prioridades principais:** educação turística, fiscalização eficaz e proteção das pradarias marinhas, com foco, sobretudo, na prevenção, na mudança de comportamento e na proteção dos ecossistemas mais vulneráveis e estruturantes da laguna.
- **Prioridades intermédias:** conhecimento da capacidade de carga e preservação da biodiversidade, destacando-se a necessidade de reforçar o planeamento baseado em evidência e de aprofundar o entendimento científico dos limites ecológicos.
- **Prioridades residuais:** adaptação ao nível do mar e sensibilização legal que, apesar de reconhecidas, surgem como menos urgentes, refletindo uma focalização nos problemas de maior impacto imediato.

Para além das prioridades, a reflexão final identificou um conjunto de recomendações de natureza estrutural:

- **criação de um quadro normativo claro de capacidade de carga**, aplicável a todos os setores;
- **reforço da cooperação institucional** através de plataformas intersetoriais permanentes;
- **monitorização contínua** de habitats, embarcações e qualidade da água, com sistemas de recolha e partilha de dados acessíveis;
- **articulação entre ciência e gestão**, garantindo que modelos ecológicos integram conhecimento local e séries temporais consistentes;
- **políticas de sensibilização e educação ambiental**, especialmente dirigidas ao turismo e às comunidades locais;
- **valorização de práticas económicas sustentáveis**, com incentivo ao turismo organizado e melhoria das ETAR.

A priorização indica, assim, uma agenda de intervenção assente na urgência, na integração entre setores e na necessidade de alinhar práticas económicas com a capacidade ecológica da laguna.

4. Recomendações

As recomendações seguintes resultam da convergência entre a priorização construída pelos participantes, a análise crítica das tensões socioecológicas discutidas ao longo do workshop e a reflexão sobre os desafios estruturais que condicionam a governança da Ria Formosa. Podem, assim, ser assumidas como uma proposta de um programa integrado de intervenção em construção, pensado para reforçar a resiliência ecológica da laguna e assegurar que os usos humanos permanecem compatíveis com a sua capacidade de suporte.

Ao longo das discussões ficou claro que muitos dos problemas não decorrem apenas da ausência de instrumentos técnicos, mas sobretudo de **falhas de regulação, inconsistências nos processos de licenciamento, constrangimentos institucionais, práticas ilegais persistentes e falta de articulação entre entidades**. Por outro lado, os participantes foram igualmente explícitos quanto ao papel estruturante da educação ambiental, da fiscalização eficaz e da necessidade de calibrar decisões com base no conhecimento científico e empírico acumulado na região.

As recomendações estão, por isso, organizadas em eixos que refletem as prioridades técnicas, os dilemas e as tensões concretas identificadas no debate.

A. Reforço efetivo da fiscalização e da autoridade reguladora

A fiscalização emergiu como o elemento sem o qual nenhuma das restantes intervenções poderá ser bem-sucedida. Este ponto foi transversalmente reconhecido, sobretudo face à escala da pesca ilegal, às atividades informais associadas à observação de cavalos-marinhos e ao uso desregulado de embarcações. Foram vários os participantes que sublinharam que mesmo campanhas de sensibilização têm eficácia limitada quando persistem práticas ilegais sistemáticas ou quando parte da população “não quer ser sensibilizada”.

Recomenda-se:

- reforço significativo dos meios humanos e logísticos da Polícia Marítima, ICNF e APA, com equipas dedicadas e presença operacional contínua;
- ações de fiscalização noturnas e em períodos críticos, incluindo zonas onde a pesca ilegal ocorre repetidamente;

- sistemas de monitorização digital (sensores, drones, registos georreferenciados) que permitam vigilância preventiva;
- mecanismos de co-fiscalização envolvendo operadores turísticos, pescadores licenciados, associações e centros de investigação;
- articulação entre fiscalização e educação, garantindo que ações disciplinares são acompanhadas de comunicação clara.

B. Ordenamento rigoroso da náutica de recreio e do turismo marítimo

A pressão exercida pela náutica de recreio foi repetidamente apontada como uma das ameaças mais imediatas à integridade ecológica da laguna. Investigadores e técnicos chamaram atenção para atividades não consideradas no modelo, como caiaque ou vela, bem como para a proliferação de embarcações recreativas que circulam sem cumprir regras básicas de velocidade e distância.

Recomenda-se:

- definição de limites máximos de embarcações por setor, época e atividade;
- criação de corredores ecológicos e zonas interditas, sustentadas por critérios biofísicos atualizados;
- reorganização de fundeadores e transição para ecopoisas (eco-moorings), reduzindo impactos sobre pradarias;
- licenciamento mais exigente para operadores, com parâmetros ambientais vinculativos;
- cadastro interoperável de embarcações com fiscalização associada.

C. Estabelecimento de critérios operacionais de capacidade de carga

Diversos participantes destacaram a ausência de métricas claras para orientar decisões e prevenir a sobrecarga do sistema. Esta lacuna torna-se evidente na náutica, no turismo, na aquacultura e na ocupação do território. Os debates mostraram que a noção de capacidade de carga é frequentemente mobilizada, mas raramente operacionalizada.

Recomenda-se:

- desenvolvimento de um quadro técnico de capacidade de carga ecológica e social, adaptado ao funcionamento da laguna;
- definição de limiares ecológicos que permitam decisões transparentes e fundamentadas;
- integração desses critérios nos instrumentos de planeamento (POOC, PNP, planos municipais);
- ajustamento dinâmico dos limites com base em monitorização contínua;

- criação de equipas interdisciplinares para apoiar a definição e revisão dos limiares.

D. Regulação estratégica da aquacultura e reorganização do espaço aquícola

A aquacultura constituiu um dos temas mais debatidos e onde emergiram tensões institucionais claras. Foram vários os técnicos que evidenciaram um conjunto de problemas estruturais: falta de regulação, inconsistências nos processos de licenciamento, perda de áreas produtivas de amêijoabo, expansão rápida da produção de ostra e efeitos ecológicos significativos.

Foram destacados:

- o risco real de declínio ou desaparecimento da amêijoabo, agravado pela perda de cerca de 7 ha (participante refere 60%) de área produtiva prevista no PAqAT;
- limitações legais que impedem a criação de novas áreas de aquacultura desde 2008, exceto substituição de áreas já licenciadas;
- licenças antigas que prevêm cultivo indiscriminado de várias espécies;
- controvérsias entre ICNF, DGRM e APA sobre renovação de licenças, impacto sobre pradarias e diretivas europeias;
- dificuldade em compatibilizar produção com conservação de habitats sensíveis.

Recomenda-se:

- avaliação rigorosa da capacidade de carga dos viveiros existentes e densidades máximas por espécie;
- reorganização espacial dos viveiros, privilegiando zonas de menor vulnerabilidade;
- integração explícita de critérios ecológicos (qualidade da água, impacto sedimentar, existência de habitats sensíveis);
- clarificação e harmonização dos processos de licenciamento, com pareceres vinculativos de ICNF e IPMA;
- incentivo à diversificação produtiva e redução da dependência da ostra;
- responsabilização ambiental dos operadores, incluindo limpeza de materiais abandonados.

E. Proteção reforçada e restauração ecológica de habitats sensíveis

Os participantes foram unânimes na importância das pradarias marinhas, das zonas intertidais, dos berçários e das áreas de alimentação de limícolas, destacando a perda acelerada destes

habitats e os conflitos diretos com algumas atividades humanas, incluindo viveiros, fundeadouros, navegação e recolha ilegal.

Recomenda-se:

- planos plurianuais de restauração de pradarias, com metas claras e monitorização rigorosa;
- proteção reforçada das áreas de maior sensibilidade ecológica, com delimitações baseadas em cartografia atualizada;
- ações de remoção controlada de macroalgas invasoras;
- orientação sedimentar para intervenções nas ilhas-barreira;
- mitigação dos impactos associados à observação de cavalos-marinhos e a outras atividades subaquáticas.

F. Reforço da governança interinstitucional e da coordenação operacional

O workshop evidenciou tensões claras entre entidades, bem como limitações de comunicação, sobreposição de competências e ausência de mecanismos consistentes de coordenação. Estas fragilidades repercutem-se tanto nos processos de licenciamento como na monitorização, fiscalização e avaliação ecológica.

Recomenda-se:

- criação de uma plataforma permanente de articulação entre APA, ICNF, DGRM, capitánias, municípios, academia e utilizadores;
- harmonização dos instrumentos de planeamento e clarificação dos domínios de atuação;
- sistemas interoperáveis de partilha de dados e relatórios;
- decisões participadas com incorporação de conhecimento científico e local;
- avaliação externa periódica das políticas aplicadas.

G. Educação ambiental e envolvimento comunitário como pilares transformadores

A educação foi a prioridade mais votada e reconhecida como essencial para alterar comportamentos enraizados e práticas informais. O desafio, como referido por alguns participantes, é que existe uma parte significativa da população que “não quer ser sensibilizada”, exigindo estratégias inovadoras e continuadas.

Recomenda-se:

- programas permanentes de educação ambiental dirigidos a escolas, operadores, residentes e turistas;
- materiais comunicativos acessíveis e multilingues para visitantes;
- campanhas sobre pesca ilegal, proteção de cavalos-marinhos e espécies sensíveis;
- iniciativas de ciência cidadã;
- reconhecimento público de boas práticas.

H. Monitorização contínua e integração ciência–gestão

A necessidade de aproximar ciência e gestão foi reforçada pelo confronto entre o modelo ecológico e o conhecimento empírico dos participantes. Casos concretos — como a divergência entre as projeções do modelo para aves limícolas e as tendências europeias — demonstram a importância de calibrar previsões com base em dados de campo. Recomenda-se:

- reforço das redes de monitorização ecológica;
- integração dos dados recolhidos nos modelos, garantindo calibração contínua;
- relatórios públicos e regulares sobre o estado da laguna;
- projetos colaborativos entre academia, gestores e utilizadores.

O exercício de síntese analítica que se segue (Figura 5/Quadro 6) procurou organizar as oito recomendações identificadas construção da Matriz Estratégica 2x2 resultou de um exercício de síntese analítica que procurou organizar as oito recomendações identificadas no workshop em função de dois critérios principais: (i) o impacto esperado de cada medida na recuperação ecológica e socioeconómica da Ria Formosa e (ii) o grau de exequibilidade institucional, técnica e política, tal como emergiu das discussões entre os participantes. Esta matriz não foi construída como uma grelha abstrata, mas como um mecanismo interpretativo capaz de traduzir o conteúdo das sessões — percepções, debates, tensões e prioridades — numa leitura estratégica clara e orientada para a ação. A combinação destes dois eixos permite diferenciar:

1. medidas de implementação imediata, porque combinam alta exequibilidade com elevado impacto ecológico;
2. intervenções estruturantes, tecnicamente relevantes, mas institucionalmente mais difíceis;
3. ações complementares, essenciais para reforçar a governança e a coerência do sistema; e
4. processos de transformação profunda, cuja concretização requer reformas legais, reorganização espacial ou mudanças culturais de longo prazo.

A leitura conjunta dos quatro quadrantes permite perceber a lógica das prioridades definidas no workshop, mas também as condições práticas e institucionais que moldam a sua exequibilidade.

No primeiro quadrante, onde se encontram as medidas de elevado impacto e fácil implementação, destacam-se a fiscalização e a educação ambiental. Ambas reúnem consenso entre os participantes, quer pela urgência, quer pela capacidade de produzir efeitos imediatos num sistema sujeito a fortes pressões. Ficou claro que, sem uma presença fiscalizadora contínua e coordenada, incluindo ações noturnas e recursos tecnológicos, qualquer esforço de ordenamento ou conservação permanece frágil. Da mesma forma, a educação ambiental foi reconhecida como uma das poucas vias capazes de alterar comportamentos enraizados, sobretudo num território onde grande parte das práticas quotidianas decorre à margem da regulação formal. Estas duas medidas funcionam, assim, como verdadeiras alavancas sistémicas, criando as condições básicas para que intervenções mais complexas possam ter efeito.

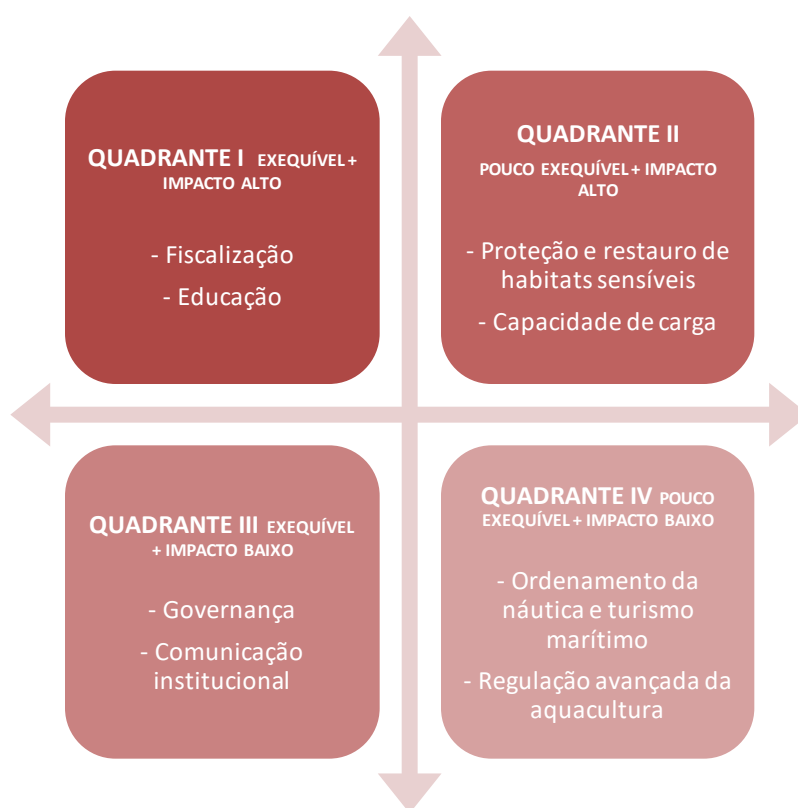


Figura 5 - Matriz Estratégica de Prioridades organizadas de acordo com a Exequibilidade vs. Impacto das Recomendações

Quadro 6 – Atores e horizonte temporal das principais prioridades identificadas

Medida	Horizonte	Entidade Responsável	Dependências
Fiscalização Eficiente e Coordenada Combate a ilícitos e supervisão	Imediato	PM, ICNF, APA	Coordenação interinstitucional
Educação e Sensibilização Turística - Turistas e operadores	Imediato	Municípios, Turismo, ICNF	Materiais multilingues
Proteção integral das pradarias marinhas	Médio prazo	ICNF, CCMAR	Cartografia atualizada

Melhor conhecimento da capacidade de carga do sistema ecológico	Médio prazo	APA, ICNF, DGRM	Dados contínuos
Preservação da biodiversidade (habitats)	Médio-longo prazo	ICNF, APA, CCMAR, Capitania	Fiscalização e Coordenação interinstitucional

O segundo quadrante reúne medidas de alto impacto, mas de implementação mais difícil, sobretudo devido às exigências técnicas e institucionais que implicam. A proteção e o restauro de habitats sensíveis, particularmente as pradarias marinhas, e a definição de critérios operacionais de capacidade de carga são exemplos claros. A sua importância é inquestionável, mas a concretização depende de séries temporais robustas, monitorização contínua, harmonização com diretivas europeias e uma articulação estreita entre ICNF, APA, DGRM e IPMA. São medidas estruturais que exigem estabilidade institucional, investimento continuado e uma revisão profunda dos procedimentos de licenciamento, razão pela qual, apesar do impacto elevado, não são de execução imediata.

As medidas do terceiro quadrante correspondem a ações exequíveis, mas de impacto indireto, que funcionam sobretudo como infraestrutura institucional da gestão. Melhorar a governação interinstitucional, clarificar competências e reforçar os mecanismos de partilha de dados são passos essenciais para dar coerência ao sistema, mesmo que, por si só, não produzam mudanças ecológicas imediatas. As discussões do workshop evidenciaram lacunas persistentes de comunicação entre entidades, sobreposição de responsabilidades e ausência de plataformas estáveis de coordenação. Sem estas medidas de suporte, as intervenções de maior escala, sejam ecológicas, sejam regulatórias, tendem a perder eficácia.

Por fim, o quarto quadrante agrupa medidas de difícil execução e impacto diferido, como a reorganização profunda da náutica de recreio ou a regulação avançada da aquacultura. São áreas onde as transformações necessárias implicam reconfiguração espacial, revisão de licenças e eventual confronto com interesses estabelecidos. O seu sucesso depende de condições prévias que ainda não estão plenamente asseguradas: uma fiscalização eficaz, critérios de capacidade de carga funcionalmente definidos, cartografia ecológica atualizada e maior clarificação legal. A menor exequibilidade destas medidas no curto prazo explica que surjam aqui, não por falta de importância, mas porque exigem mudanças estruturais, lentas e politicamente mais difíceis.

6. Notas finais

O workshop SHIFT-MARES proporcionou um espaço importante de diálogo entre diferentes formas de conhecimento sobre a Ria Formosa, permitindo cruzar perspectivas científicas, institucionais e práticas quotidianas. Esse encontro tornou evidente que a compreensão do sistema lagunar beneficia da análise técnica, naturalmente, mas também da experiência acumulada por quem dele depende no dia a dia.

As discussões revelaram um consenso alargado: a pressão humana tem aumentado de forma contínua e segue hoje um ritmo que ultrapassa a capacidade de resposta das entidades responsáveis. Problemas como a expansão da náutica, o desgaste das pradarias marinhas, o assoreamento e a atividade piscatória informal surgem como fatores determinantes, frequentemente mais imediatos e disruptivos do que os efeitos ainda graduais das alterações climáticas. Estes processos, interligados, reduzem a margem de resiliência do sistema e colocam em risco várias atividades económicas e culturais da região.

O confronto entre o modelo ecológico e o conhecimento local mostrou que a realidade no terreno está a mudar rapidamente. Longe de colocar em causa o valor da modelação, este desfasamento sublinha a necessidade de integrar ciclos regulares de validação participada e dados atualizados, sobretudo em contextos tão dinâmicos como a Ria Formosa.

As prioridades identificadas pelos participantes — reforço da fiscalização, ordenamento das atividades náuticas, proteção de habitats e regulação mais eficaz da aquacultura — apontam para a necessidade de limites claros e de uma intervenção institucional com maior capacidade de atuação. Paralelamente, ficou evidente que a sustentabilidade da laguna não depende apenas de instrumentos técnicos: requer um esforço contínuo de coordenação entre entidades e um enquadramento de governança que reduza a fragmentação atual.

O workshop sublinhou ainda o papel fundamental das dimensões educativas e culturais. A mudança de práticas e atitudes, especialmente num território marcado por usos informais e intensivos, é tão importante quanto qualquer medida de engenharia ambiental.

Em conjunto, estas reflexões mostram que a Ria Formosa se encontra num ponto crítico. Apesar dos riscos evidentes, existe também uma oportunidade clara: a de reforçar uma visão coletiva que reconheça o valor ecológico, económico e cultural da laguna e oriente a ação pública num sentido mais consistente e colaborativo. O SHIFT-MARES contribui para este esforço ao promover diálogo informado e coprodução de conhecimento, ajudando a consolidar bases comuns para decisões futuras.

13.2. Anexo B — Estrutura e parametrização do modelo EwE

Tabela B1. Espécies de referência e respetiva agregação nos grupos funcionais (FG) do modelo EwE da Ria Formosa, indicando o nome do grupo no modelo original (EN) e a designação em português (PT).

Espécies de Referência	FG (EN, modelo original)	FG (PT)
<i>Phoenicopterus roseus</i>	Filter-feeding birds	Aves filtradoras
<i>Himantopus himantopus</i> ; <i>Recurvirostra avosetta</i>	Waders	Aves limícolas
<i>Sternula albifrons</i> ; <i>Egretta garzetta</i> ; <i>Platalea leucorodia</i>	Piscivorous birds	Aves piscívoras
<i>Sardina pilchardus</i>	Sardina	Sardinha
<i>Atherina</i> sp.	Atherina	Atherina
<i>Dicentrarchus labrax</i> (robalo)	D. labrax	D. labrax
<i>Hippocampus guttulatus</i>	Seahorse	Cavalo-marinho
<i>Sparus aurata</i> (dourada)	S. aurata	S. aurata
<i>Mullus surmuletus</i> (salmonete)	M. surmuletus	M. surmuletus
<i>Diplodus sargus</i> (sargo)	D. sargus	D. sargus
<i>Gobius niger</i> ; <i>Symphodus cinereus</i> ; <i>S. bailloni</i>	Zoobenthivorous fish	Peixes zoobentívoros
<i>Diplodus vulgaris</i> ; <i>Spondyliosoma cantharus</i>	Omnivorous fish	Peixes omnívoros
<i>Chelon labrosus</i> ; <i>Chelon auratus</i> (tainha)	Detritivorous fish	Peixes detritívoros
<i>Sarpa salpa</i>	Herbivorous fish	Peixes herbívoros
<i>Microdeutopus</i> sp. (anfípode); <i>Apseudopsis latreillii</i> (tanaidáceo); <i>Idotea chelipes</i> (isópode); <i>Gammarus</i> sp. (amphi); <i>Monocorophium sextonae</i> (anfípode)	Crustacea	Crustáceos
<i>Palaemon</i> sp; <i>Carcinus maenas</i> ; <i>Diogenes pugilator</i>	Decapoda	Decapoda
<i>Cerastoderma edule</i> ; <i>Abra segmentum</i> ; <i>Ruditapes decussatus</i>	Bivalvia	Bivalvia

Espécies de Referência	FG (EN, modelo original)	FG (PT)
Sepia officinalis	Cephalopoda	Cephalopoda
Heteromastus filiformis; Capitella capitata; Oligochaeta; Nereis diversicolor; Euclymene oerstedii; Notomastus latericeus	Annelida	Annelida
Cerithium vulgatum; Bittium reticulatum; Peringia ulvae; Ecrobia ventrosa	Gastropoda	Gastropoda
Copepods	Zooplankton	Zooplâncton
Crassostrea gigas	Farmde oysters	Aquicultura de Ostras
Ruditapes decussatus	Farmed clams	Aquicultura de Amêijoas
Zostera noltii; Cymodocea nodosa	Seagrass	Pradarias marinhas
Spartina marítima; Sarcocornia sp.	Salt marsh	Spais
Ulva spp.; Enteromorpha spp.	Macroalgae	Macroalgas
diatomáceas bentónicas	Microphytobenthos	Microfitobentos
clorofila a coluna de água (principalmente cianobactérias e diatomáceas pelágicas)	Phytoplankton	Fitoplâncton
Matéria orgânica morta (bentónica e pelágica)	Detritus	Detritos

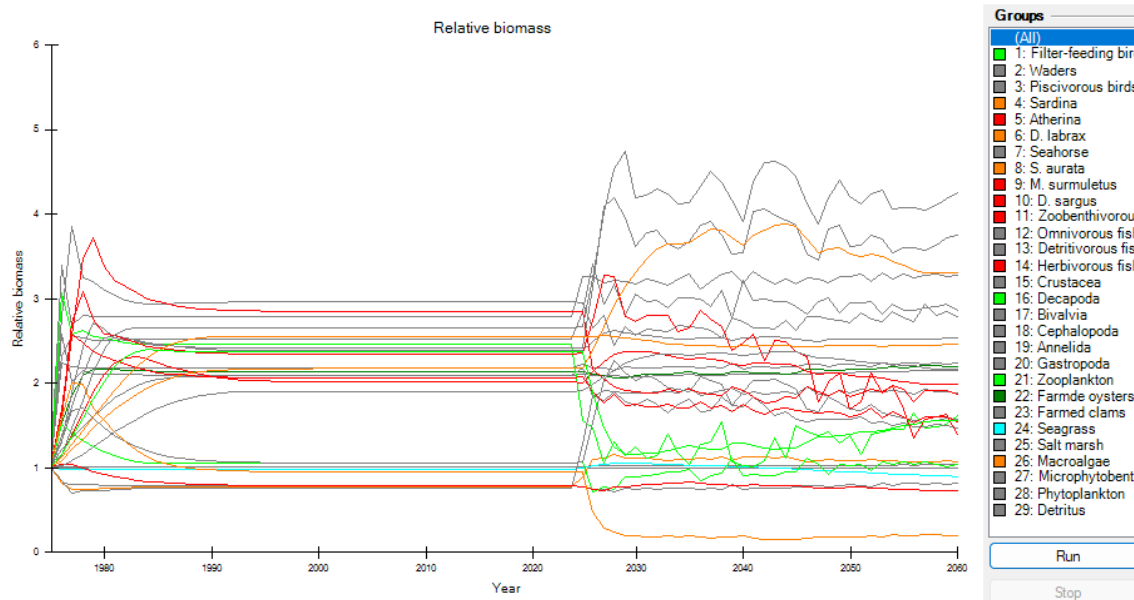


Figura B1. Evolução da biomassa relativa (B/B_0) dos 29 grupos funcionais durante a fase de “spin-up” em Ecosim, run sem forçamentos externos para atingir um equilíbrio dinâmico interno. O estado estabilizado foi adotado como referência e fixado no ano de 2021. Cada linha representa um grupo funcional (cores conforme a legenda).

13.3. Anexo C — Cenários

Tabela C1. Grupos de presas para os quais a função de mediação do habitat de ervas marinhas (M1) foi aplicada a todas as ligações presa-predador existentes no modelo Ecosim. Para cada grupo de presas, relatamos o parâmetro afetado (vulnerabilidade, v), o tipo de dependência do habitat de ervas marinhas (refúgio, berçário e/ou forrageamento) e as referências de apoio.

#	Prey group (ID)	Parameter	Seagrass dependence	Evidence (summary)	Reference(s)
7	Seahorse	v	Refuge	Recorded in catches at seagrass sites; seagrass provides shelter for associated fauna.	Ribeiro et al. (2006); Almeida et al. (2008)
10	<i>Diplodus sargus</i>	v	Refuge / nursery	Higher density/biomass in vegetated subtidal meadows; survival reported to increase (up to 72%) in seagrass.	Erzini et al. (2022)
11	Zoobenthivorous fish	v	Refuge / nursery / foraging	Abundant in seagrass sites; fish communities are influenced by vegetation,	Ribeiro et al. (2006); Almeida et al. (2008)

#	Prey group (ID)	Parameter	Seagrass dependence	Evidence (summary)	Reference(s)
				which provides feeding habitat and protection from predation.	
12	Omnivorous fish	v	Refuge / nursery / foraging	Several sparids show higher density/biomass and/or production in vegetated habitat; juveniles benefit from shelter and food availability.	Erzini et al. (2022); Ribeiro et al. (2006)
15	Crustacea	v	Refuge	Epifauna associated with vegetation; general evidence that vegetation reduces predation risk.	Almeida et al. (2008)
16	Decapoda	v	Refuge / nursery	Decapods recorded in vegetated habitats; seagrass structure provides shelter, especially for juveniles.	Almeida et al. (2008)
20	Gastropoda	v	Refuge	Particularly abundant in seagrass habitat; vegetation provides protection from predation.	Almeida et al. (2008)

13.4. Anexo D — Resultados das simulações

Tabela D1- Variação nos Serviços de Ecossistema relacionados com o turismo na Ria Formosa sob o cenário combinado (TH) comparativamente ao estado de referência (2021).

Categoria de Serviço	Serviço	Δ% SSP
Provisão	Salicornia para venda e produção de gin	+3,235
	Aquicultura: amêijoas e ostras	-1,352
	Pesca tradicional	-6,396
	Captura de caranguejo e poliquetas para isco	-1,647
Regulação & Manutenção	Remoção de poluentes (bioremediação)	-1,100
	Remoção de poluentes (filtração)	-2,040
	Regulação química da água (filtração)	-2,253
	Redução de erosão por habitats naturais	-1,504

Categoria de Serviço	Serviço	Δ% SSP
	Habitat de berçário e refúgio	-1,534
	Locais de alimentação e principais espécies consumidoras	-1,794
Culturais	Observação de aves	+6,851
	Observação de cavalos-marinhos	+33,417

Tabela D2. Variação relativa (Δ%) nos indicadores ENA e totais de todo o sistema entre o estado de referência (BL; 2021) e o final da simulação do cenário (TH).

Métricas ENA	BL	TH	Δ%
Ascendência	35,73	35,53	-0,6%
Overhead	63,76	64,07	0,5%
Finn cycling index (FCI)	6,94	6,71	-3,3%
Total de exportações	-562,95	-502,47	-10,7%
Respiração total	2337,28	2290,18	-2,0%
Produção primária	3949,14	3973,61	0,6%
Produção total	4197,02	4205,73	0,2%
Biomassa total	371,51	364,86	-1,8%
Índice de omnívora do sistema (SOI)	0,04	0,05	15,5%