



XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

CONCEÇÃO DE UM ÍNDICE DE ADEQUABILIDADE PARA A AQUACULTURA OFFSHORE EM PORTUGAL



**Bárbara PEIXOTO¹, Daniel CLEMENTE^{1,2}, Cristiana COSTA¹, Filipe MIRANDA^{1,2}, Tiago FERRADOSA^{1,2},
Paulo ROSA-SANTOS^{1,2}, Francisco TAVEIRA-PINTO^{1,2}**

*1. Departamento de Engenharia Civil e Georrecursos, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto,
Rua Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465, Porto, Portugal*

*2. Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR-LA), Terminal de Cruzeiros do Porto
de Leixões, Av. General Norton de Matos s/n, 4450-208, Matosinhos, Portugal*



XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

- 1. Introdução
- 2. Metodologia
- 3. Resultados e Discussão
- 4. Conclusões e Trabalhos Futuros



Aquaculture

Volume 619, 30 May 2026, 743888



Exploratory study on offshore aquaculture suitability and co-location with marine renewable energy in Portugal

Cristiana Costa ^a, Filipe Miranda ^{a b}, Daniel Clemente ^{a b}  , Paulo Rosa-Santos ^{a b}, Francisco Taveira-Pinto ^{a b}, Tiago Fazeres-Ferradosa ^{a b}

Show more 

 Add to Mendeley  Share  Cite

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2026.743888>

[Get rights and content](#)

[Under a Creative Commons license](#)

 Open access



XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

- 1. Introdução
- 2. Metodologia
- 3. Resultados e Discussão
- 4. Conclusões e Trabalhos Futuros



Aquaculture

Volume 619, 30 May 2026, 743888



Exploratory study on offshore aquaculture suitability and co-location with marine renewable energy in Portugal

Cristiana Costa ^a, Filipe Miranda ^{a b}, Daniel Clemente ^{a b}  , Paulo Rosa-Santos ^{a b}, Francisco Taveira-Pinto ^{a b}, Tiago Fazeres-Ferradosa ^{a b}

Show more 

+ Add to Mendeley  Share  Cite

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2026.743888>

[Get rights and content](#)

Under a Creative Commons license

 Open access



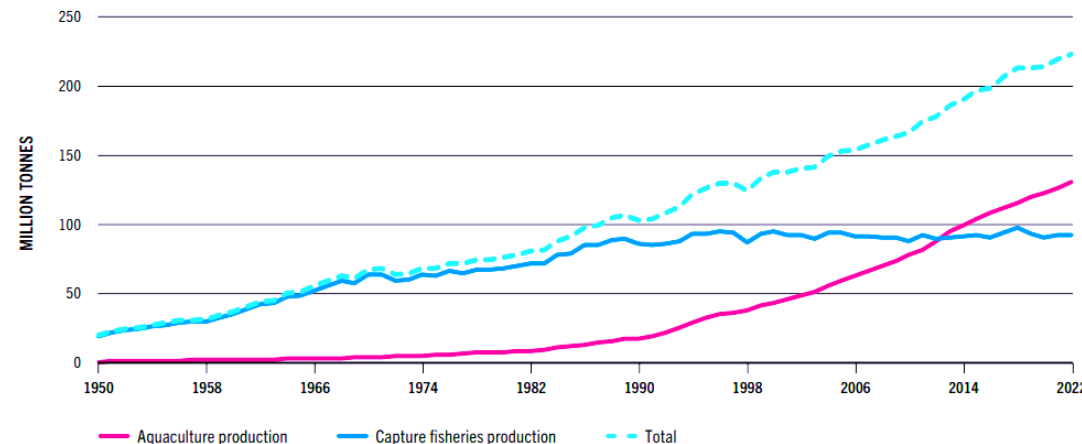
XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

1. Introdução

- Nas últimas décadas, o consumo crescente de produtos aquáticos tem sido suportado pela aquacultura, dada a estagnação do setor da pesca de captura;
- Na Europa e em Portugal existe uma grande dependência de importações, sobretudo do Sudeste Asiático.



FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. United Nations: Food and Agriculture Organization (FAO); 2024. <https://doi.org/10.4060/cd0683en>.



XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

1. Introdução

- Promover uma maior independência e controlo sobre a qualidade da aquacultura é estratégico, mas requer uma escolha criteriosa de espécies e locais adequados. Existe uma tendência para a aquacultura offshore (AO), o que traz desafios e oportunidades;
- Em Portugal, existem algumas explorações de AO, mas não há um instrumento claro de identificação de zonas preferenciais, nem são exploradas sinergias com outros setores de grande potencial, nomeadamente o das energias marinhas renováveis (EMR);
- **Objetivo:** criação de um **Índice de Adequabilidade (IA)** para identificar zonas preferenciais de AO, e sobrepor com zonas EMR.



XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

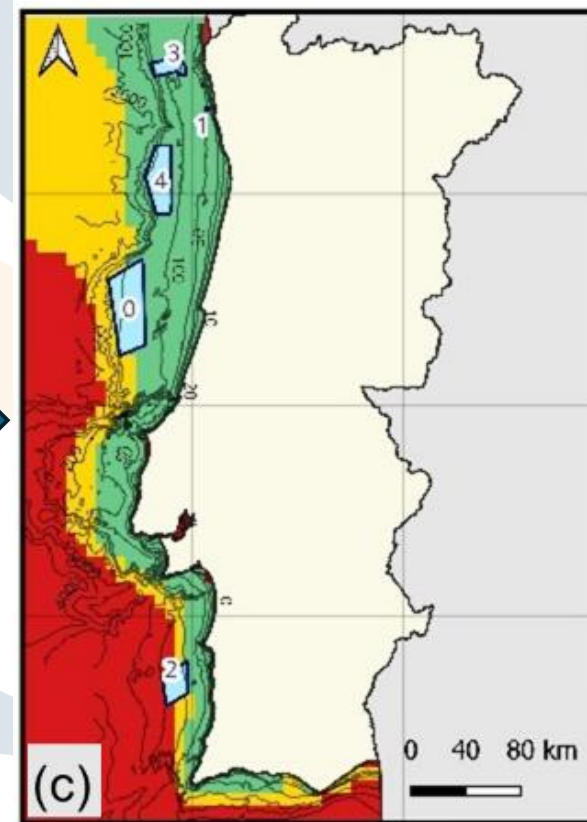
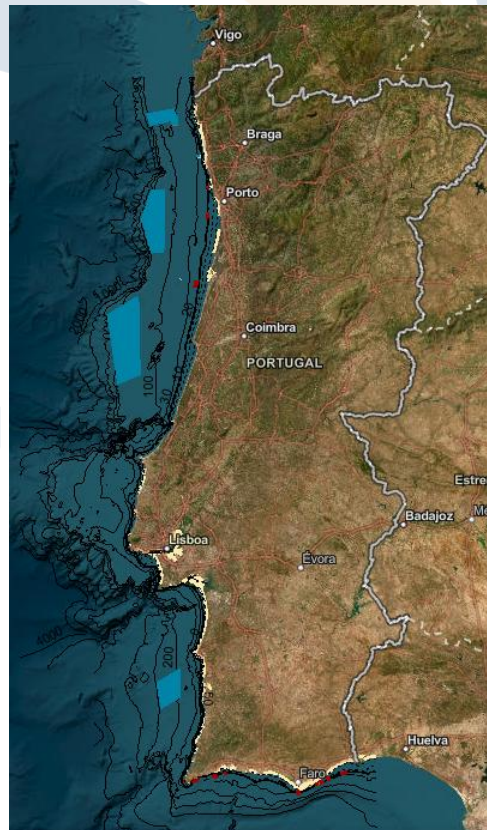
Zonas Costeiras Inteligentes

1. Introdução

- Uma das principais ferramentas de gestão do espaço marítimo é o PSOEM - Plano de Situação Ordenamento do Espaço Marítimo.

 Zonas PAER (Plano de Afetação para Energias Renováveis Offshore)

 Explorações offshore de aquacultura





XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

- 1. Introdução
- **2. Metodologia**
- 3. Resultados e Discussão
- 4. Conclusões e Trabalhos Futuros



Aquaculture

Volume 619, 30 May 2026, 743888



Exploratory study on offshore aquaculture suitability and co-location with marine renewable energy in Portugal

Cristiana Costa ^a, Filipe Miranda ^{a b}, Daniel Clemente ^{a b}  , Paulo Rosa-Santos ^{a b}, Francisco Taveira-Pinto ^{a b}, Tiago Fazerres-Ferradosa ^{a b}

Show more 

 Add to Mendeley  Share  Cite

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2026.743888> 

[Get rights and content](#) 

[Under a Creative Commons license](#) 

 [Open access](#)



XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

2. Metodologia

- Identificação de locais adequados para a exploração *offshore* de três espécies marinhas, ao longo da costa portuguesa: o robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*), o mexilhão do mediterrâneo (*Mytilus galloprovincialis*) e a macroalga, *Laminaria hyperborea*;
- A seleção destas espécies teve por base critérios ecológicos, económicos e operacionais - tolerâncias ambientais e o valor comercial em Portugal e na Europa.



Robalo Europeu



Mexilhão do Mediterrâneo



Macroalga Laminaria



XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

2. Metodologia

- Desenvolveu-se um IA com base em dados metoceânicos, limites de tolerância ambiental e condições ótimas das espécies de AO;
- O IA foi programado em ambiente Python (Jupyter Notebook), e os dados metoceânicos foram obtidos através do *Copernicus Marine Services* no período entre 1993 e 2021;
- Avaliação do IA a 3 profundidades – 0,5 m, 10 m e 20 m;
- Até 3 parâmetros-chave: **temperatura, salinidade e clorofila-a**;
- Para cada parâmetro, calculou-se a média e o desvio-padrão do período em causa, agrupando-se posteriormente por estações.



XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

2. Metodologia

- Classificação do IA por níveis com critérios crescentemente restritivos (e.g., 3 como “Excelente”, em que todos os parâmetros - médias $\pm$ desvios-padrão - situam-se dentro do intervalo de crescimento ideal para cada espécie);

$$\text{If, } T_{\text{mean}} < T_{\text{tmin}} \text{ or } T_{\text{mean}} > T_{\text{tmáx}} \text{ or } S_{\text{mean}} < S_{\text{tmin}} \text{ or } S_{\text{mean}} > S_{\text{tmáx}} \text{ or } C_{\text{mean}} < C_{\text{tmin}} \text{ or } C_{\text{mean}} > C_{\text{tmáx}} \text{ , then: } \mathbf{SI = 0} \quad (1)$$

$$\text{If, } T_{\text{tmin}} \leq T_{\text{mean}} \leq T_{\text{tmáx}} \text{ \& } S_{\text{tmin}} \leq S_{\text{mean}} \leq S_{\text{tmáx}} \text{ \& } C_{\text{tmin}} \leq C_{\text{mean}} \leq C_{\text{tmáx}} \text{ , then: } \mathbf{SI = 1} \quad (2)$$

$$\text{If, } T_{\text{tmin}} \leq T_{\text{mean}+\text{std}} \leq T_{\text{tmáx}} \text{ \& } T_{\text{tmin}} \leq T_{\text{mean}-\text{std}} \leq T_{\text{tmáx}} \text{ \& } S_{\text{tmin}} \leq S_{\text{mean}+\text{std}} \leq S_{\text{tmáx}} \text{ \& } S_{\text{tmin}} \leq S_{\text{mean}-\text{std}} \leq S_{\text{tmáx}} \text{ \& } C_{\text{tmin}} \leq C_{\text{mean}+\text{std}} \leq C_{\text{tmáx}} \text{ \& } C_{\text{tmin}} \leq C_{\text{mean}-\text{std}} \leq C_{\text{tmáx}} \text{ , then: } \mathbf{SI = 2} \quad (3)$$

$$\text{If, } T_{\text{imin}} \leq T_{\text{mean}+\text{std}} \leq T_{\text{imáx}} \text{ \& } T_{\text{imin}} \leq T_{\text{mean}-\text{std}} \leq T_{\text{imáx}} \text{ \& } S_{\text{imin}} \leq S_{\text{mean}+\text{std}} \leq S_{\text{imáx}} \text{ \& } S_{\text{imin}} \leq S_{\text{mean}-\text{std}} \leq S_{\text{imáx}} \text{ \& } C_{\text{imin}} \leq C_{\text{mean}+\text{std}} \leq C_{\text{imáx}} \text{ \& } C_{\text{imin}} \leq C_{\text{mean}-\text{std}} \leq C_{\text{imáx}} \text{ , then: } \mathbf{SI = 3} \quad (4)$$



XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

- 1. Introdução
- 2. Metodologia
- 3. Resultados e Discussão
- 4. Conclusões e Trabalhos Futuros



Aquaculture

Volume 619, 30 May 2026, 743888



Exploratory study on offshore aquaculture suitability and co-location with marine renewable energy in Portugal

Cristiana Costa ^a, Filipe Miranda ^{a b}, Daniel Clemente ^{a b}  , Paulo Rosa-Santos ^{a b}, Francisco Taveira-Pinto ^{a b}, Tiago Fazeres-Ferradosa ^{a b}

Show more 

+ Add to Mendeley  Share  Cite

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2026.743888>

[Get rights and content](#)

Under a Creative Commons license

 Open access



XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

3. Resultados e Discussão

- **Robalo-europeu:** níveis elevados de adequabilidade em todas as profundidades estudadas e estações na zona Norte da costa continental, mas com bastantes limitações a Sul e a Sudoeste;
- **Mexilhão-mediterrânico:** extensa faixa costeira classificada como adequada em profundidades entre 10 a 20 m, de forma contínua ao longo da costa. Não obstante, há zonas de baixos IA junto à linha de costa (e.g., Sul de Peniche, Faro e Aveiro);
- **Laminaria hyperborea:** condições ambientais favoráveis ao seu cultivo ao longo de toda a área de estudo, sobretudo na zona adjacente à linha de costa.

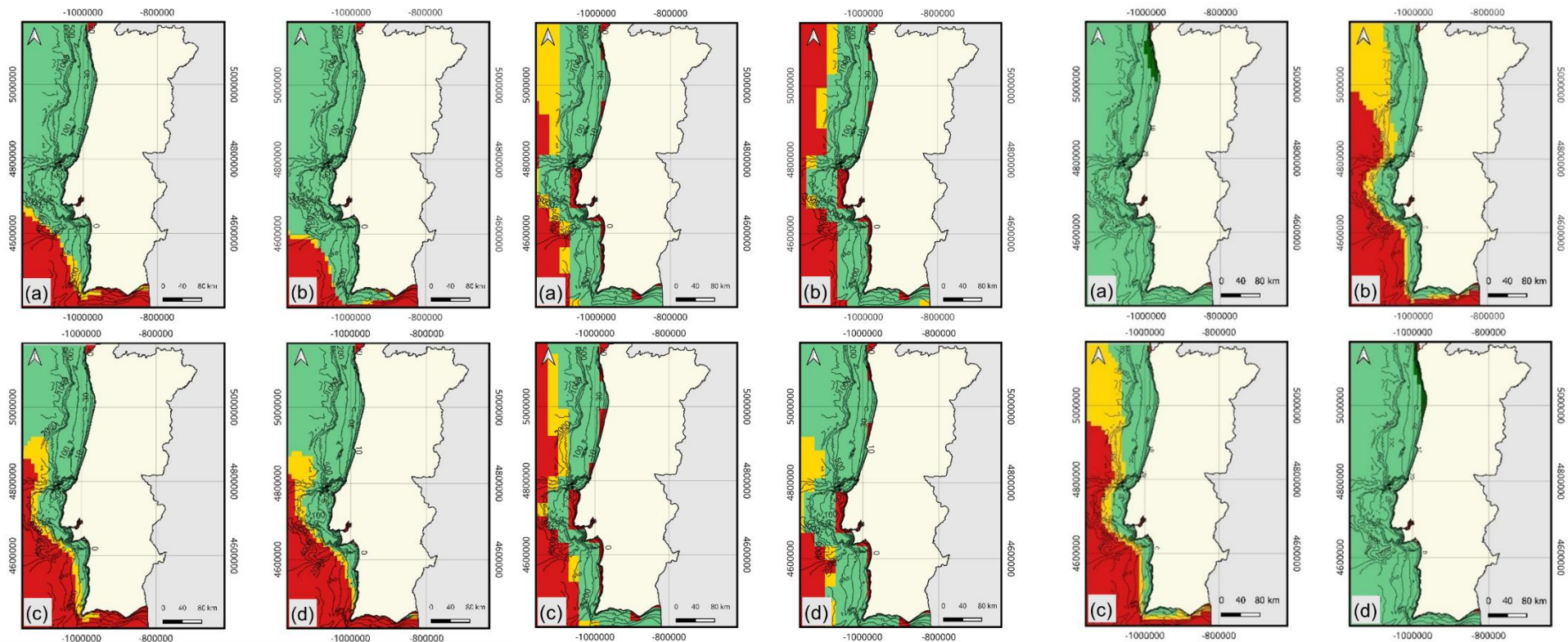


XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

3. Resultados e Discussão



Robalo Europeu

Mexilhão do Mediterrâneo

Macroalga Laminaria

a) Primavera / b) Verão / c) Outono / d) Inverno (10 m profundidade)



XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

3. Resultados e Discussão

- A sobreposição dos IAs das três espécies com as zonas do PAER revelou, sobretudo a Norte, que a costa continental Portuguesa apresenta um potencial interessante para a co-localização dos dois setores, incluindo no interior das zonas PAER.
- No entanto, a sazonalidade impacta de forma diferente as espécies: o robalo tem uma redução acentuada a Sudoeste durante o Outono e o Inverno, enquanto que a Laminara, devido ao aumento da temperatura, fica restrita a zonas junta à costa (Centro e Norte, sobretudo) durante o Verão e o Outono.



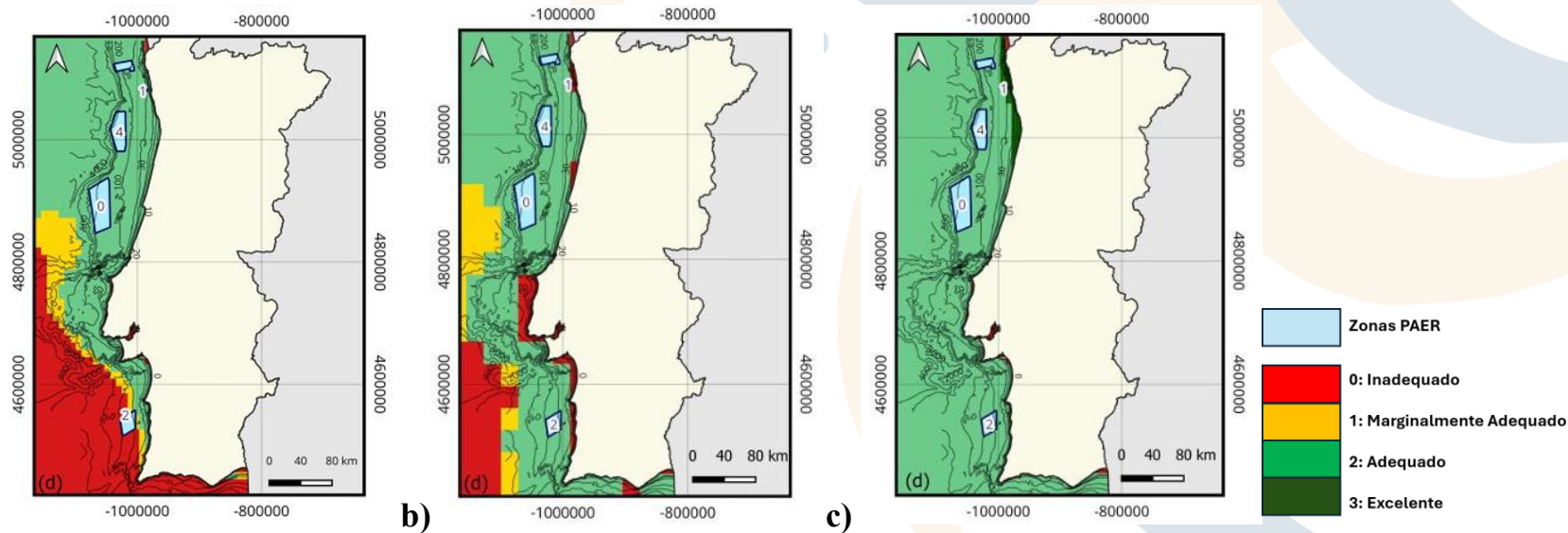
XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

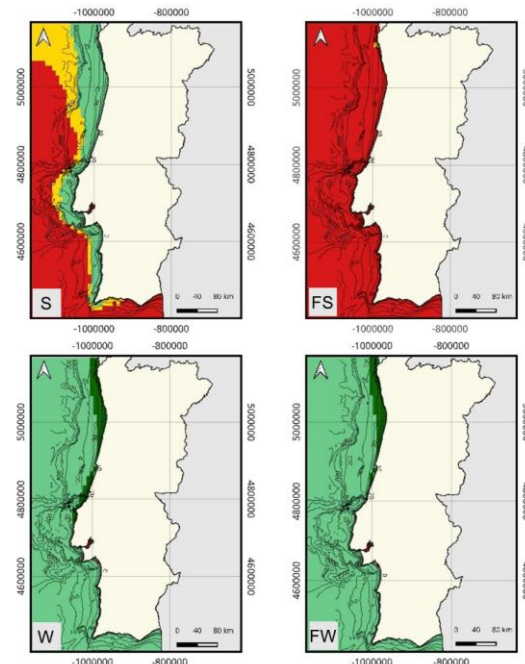
Zonas Costeiras Inteligentes

3. Resultados e Discussão

- As tendências de longo-prazo (e.g., alterações climáticas) poderão ter impactos significativos na viabilidade de certas zonas e espécies (e.g., Laminaria e aumento da temperatura da água).



Cruzamento entre o PAER e o IA no Inverno, à profundidade de 10 m, para a) robalo; b) mexilhão e c) *Laminaria hyperborea*.



S = Verão Atual / FS = Verão Futuro (50 anos)

W = Inverno Atual / FW = Inverno Futuro (50 anos)

Laminaria Hyperborea a 0.5 m de profundidade



XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

- 1. Introdução
- 2. Metodologia
- 3. Resultados e Discussão
- 4. Conclusões e Trabalhos Futuros



Aquaculture

Volume 619, 30 May 2026, 743888



Exploratory study on offshore aquaculture suitability and co-location with marine renewable energy in Portugal

Cristiana Costa ^a, Filipe Miranda ^{a b}, Daniel Clemente ^{a b}  , Paulo Rosa-Santos ^{a b}, Francisco Taveira-Pinto ^{a b}, Tiago Fazeres-Ferradosa ^{a b}

Show more 

 Add to Mendeley  Share  Cite

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2026.743888> 

[Get rights and content](#) 

[Under a Creative Commons license](#) 

 Open access



XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

- O IA proposto permitiu, de forma expedita, estabelecer um sistema de mapeamento para identificar potenciais oportunidades de co-localização entre espécies de AO e zonas alocadas a EMRs ao largo da costa continental Portuguesa;
- As espécies seleccionadas demonstraram, com exceção de Sines, um nível adequado ($IA=2$) nas imediações das zonas PAER, com particular ênfase na região Norte. Para a Laminaria, foram identificadas zonas excelentes ($IA=3$) junto à linha de costa;
- A sazonalidade afeta de forma diferente as espécies, e as tendências de longo-prazo poderão comprometer a viabilidade.



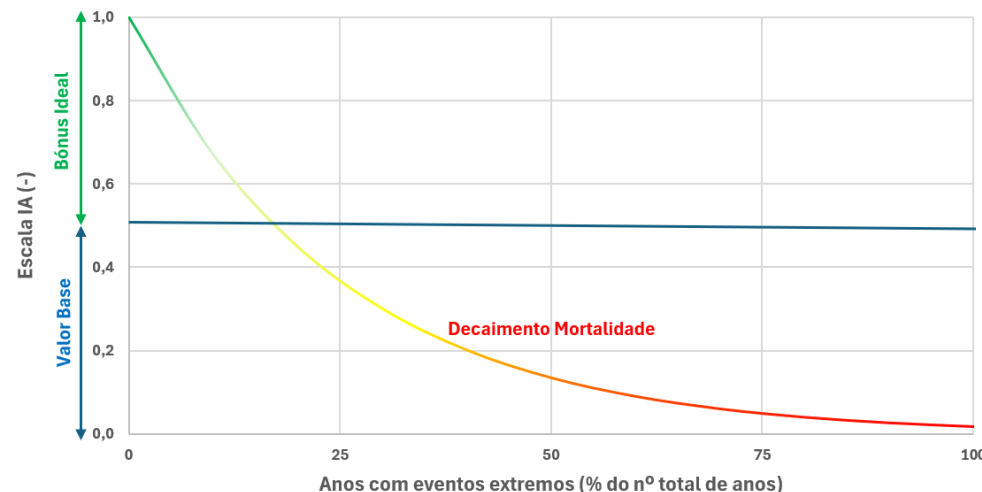
XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

- Este IA tem, no entanto, limitações, nomeadamente no uso simplificado de valores médios com desvios-padrões;
- Uma nova versão baseada em probabilidades – condições ideais e ocorrências de eventos extremos (e.g., ondas de calor marinhas) que provocam mortalidades elevadas – está a ser desenvolvida no âmbito do projeto **SEED AquaMaps**.





XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

Financiamento

Os autores agradecem o financiamento pelo projeto “AquaMaps – *A multi-criteria mapping of Portuguese coastal areas for offshore aquaculture and co-location with marine renewables*”, com a referência UID/04423/2025, financiado pelo Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR-LA) através do programa de I&D CIIMAR SEED projects 2025.





XII CPGZC

XII CONGRESSO SOBRE PLANEAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS
COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA

Zonas Costeiras Inteligentes

OBRIGADO PELA VOSSA ATENÇÃO!



**Bárbara PEIXOTO^{1,2}, Daniel CLEMENTE^{1,2}, Cristiana COSTA¹, Filipe MIRANDA^{1,2}, Tiago FERRADOSA^{1,2},
Paulo ROSA-SANTOS^{1,2}, Francisco TAVEIRA-PINTO^{1,2}**

*1. Departamento de Engenharia Civil e Georrecursos, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto,
Rua Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465, Porto, Portugal*

*2. Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR-LA), Terminal de Cruzeiros do Porto
de Leixões, Av. General Norton de Matos s/n, 4450-208, Matosinhos, Portugal*