

Sumário Executivo



Este relatório sumariza o estado da ciência associada aos impactos ambientais das energias renováveis marinhas (ERM), servindo de atualização e complemento ao relatório de 2020 (2020 State of the Science report). Embora os resultados da investigação e monitorização até 2020 sejam resumidos ao longo do documento, o foco principal deste relatório reside nos trabalhos mais recentes.

A energia renovável marinha (ERM) é gerada a partir de fontes como ondas, marés, correntes, gradientes de temperatura e salinidade oceânica, e do fluxo de grandes

rios, que utilizam tecnologias semelhantes às que captam energia das marés. O presente relatório foca-se nos potenciais efeitos ambientais da produção de eletricidade a partir das ondas, utilizando conversores de energia das ondas (WECs); das marés, por meio de turbinas de marés, e de grandes rios, através de turbinas fluviais. Adicionalmente, o relatório inclui as informações mais recentes sobre os efeitos ambientais das centrais de conversão de energia térmica oceânica (OTEC). Quando adequado, são incorporadas lições de outras indústrias offshore.



Para atingir o objectivo proposto, o presente relatório compila as informações mais atualizadas sobre os potenciais efeitos ambientais do desenvolvimento de projetos de ERM, utilizando dados de fontes públicas e resultantes das investigações científicas mais recentes. Os analistas do OES-Environmental, dos 16 países participantes, contribuíram significativamente para definir o âmbito do relatório e forneceram contribuições valiosas para todos os capítulos. O contributo destes especialistas e revisores resultou numa integração de informação sobre a investigação e monitorização atual que se pretende o mais completa possível. O relatório inclui uma introdução e uma seção sobre as perspectivas futuras, bem como nove capítulos que detalham os resultados de investigações e monitorizações globais sobre os efeitos ambientais da ERM.

BENEFÍCIOS DA ERM

A ERM é uma área em crescente desenvolvimento, instalação, investigação e financiamento, impulsionada pela necessidade de combater as alterações climáticas. Estima-se que até 80% das necessidades energéticas mundiais possam ser atendidas por energia eólica e solar; no entanto, os 20% restantes permanecem um desafio significativo. A ERM pode contribuir para aumentar a capacidade de injeção na rede de energia em áreas costeiras, servir como fonte de energia renovável em regiões remotas e criar oportunidades para a aquacultura offshore e a descarbonização.



POTENCIAIS EFEITOS AMBIENTAIS DOS PROJECTOS DE ENERGIA RENOVÁVEL MARINHA NO MUNDO

Nas últimas duas décadas, foram identificados globalmente 86 projetos de ERMs que incluem monitorização ambiental durante a fase de pré-instalação (situação de referência) e pós-instalação (operação). O Reino Unido, a Europa e as Américas lideram com o maior número de projetos desenvolvidos. No presente relatório são feitas recomendações para melhorar os estudos sobre os efeitos ambientais, com foco na recolha de dados que estabeleçam a situação de referência, na identificação precoce de riscos, na colaboração com investigadores e comunidades e na promoção da transparência na acessibilidade dos dados, de modo a impulsionar o avanço da indústria de ERM.

ENERGIA RENOVÁVEL MARINHA: INTERAÇÕES STRESSOR-RECEPTOR

Desde 2020, têm sido realizados progressos na compreensão das principais interações stressor-receptor que ajudam a delinear potenciais riscos do desenvolvimento de ERM.

Interações Stressor-Receptor: Um método comum de avaliação dos potenciais impactos ambientais decorrentes do desenvolvimento da ERM; consiste na análise das interações *stressor-receptor*. *Stressors* são componentes dos dispositivos ou sistemas de ERM que podem causar impacto negativo no ambiente marinho. *Receptors* incluem a fauna marinha, habitats, processos oceanográficos ou funções de ecossistemas que podem ser afetados pelos *stressors*.



Risco de Colisão de Animais Marinhos com Turbinas

O risco de colisão de animais marinhos com as turbinas continua a ser uma barreira significativa para a aprovação de projetos de energia das marés e fluvial. A avaliação do risco de colisão considera as diversas reações dos animais, como evasão e mudança de direção, mas, caso estas ações não sejam eficazes, pode ocorrer uma colisão. O uso crescente de vídeos subaquáticos tem contribuído para clarificar o risco de colisão. A investigação indica que, no rio, os salmões adultos têm baixa probabilidade de colidir com as turbinas, no entanto, os juvenis podem atravessar a área varrida pelo rotor da turbina e ficar desorientados. Os mamíferos marinhos têm sido observados a evitar as turbinas de maré durante a fase de operação e as aves marinhas não costumam ser observadas perto de turbinas em rotação, no entanto tendem a reunir-se em áreas onde as turbinas poderão ser instaladas.

A precisão e validação de modelos numéricos que simulam colisões melhoraram, particularmente com a inclusão de modelos *agent-based*, juntamente com os modelos mais tradicionais de risco de colisão e de risco de encontro. No entanto, o baixo número de instalações e os desafios de recolha de dados de campo, limitam a compreensão do risco de colisão. Desta forma, é necessário recolher dados adicionais e realizar mais estudos de investigação, antes que o risco de colisão possa ser avaliado e medidas de mitigação propostas.



Riscos para os Animais Marinhos devido ao Ruído Subaquático Gerado pelos Dispositivos de Energia Renovável Marinha

O ruído subaquático gerado por turbinas e conversores de energia das ondas (WECs) representa um risco principalmente por provocar alterações no comportamento dos animais marinhos. Isto sublinha a necessidade de monitorizar as amplitudes e frequências emitidas por esses dispositivos. O Comité Técnico da Comissão Eletrotécnica Internacional (TC114) fornece orientações sobre a monitorização do ruído em torno dos dispositivos de ERM. Atualmente, a monitorização indica que o ruído operacional gerado por dispositivos individuais e pequenos sistemas é improvável de causar danos significativos aos animais marinhos. Novos métodos e abordagens de modelação do ruído subaquático associado aos dispositivos de ERM confirmam esta avaliação. Assim, sob estas condições, o risco é considerado mitigado (*risk retirement*).

Efeitos dos Campos Eletromagnéticos emitidos pelos Cabos Elétricos e pelos Dispositivos de Energia Renovável Marinha

Nos últimos quatro anos, foram realizadas poucas investigações de campo sobre os potenciais efeitos dos campos eletromagnéticos (EMF). Estudos laboratoriais mostraram alterações comportamentais em espécies marinhas sensíveis a EMF, incluindo tubarões, raias, caranguejos e lagostas. No entanto, as emissões de EMF dos cabos de exportação de dispositivos ERM são geralmente consideradas abaixo do nível que representará um risco significativo. Assim, considera-se que este risco é reduzido e é passível de ser mitigado (*risk retirement*).

Alterações dos Habitats Bentónicos e Pelágicos causadas pelos Dispositivos de Energia Renovável Marinha

As alterações no ambiente marinho, como resultado da instalação de dispositivos, âncoras, fundações e cabos, são inevitáveis. No entanto, é improvável que estas alterações causem danos significativos se o projeto for cuidadosamente localizado. Desta forma os estudos têm sido focados na compreensão da distribuição das espécies marinhas, na caracterização da composição da colonização biológica, na implementação de modelos numéricos ou na melhoria das metodologias de monitorização dos habitats e das comunidades. Apesar das lacunas de conhecimento, a falta de evidências de danos nos habitats bentónicos e pelágicos levou a que o risco fosse considerado como mitigado (*risk retirement*) para um pequeno número de dispositivos.

Alterações nas condições Oceanográficas associadas aos Dispositivos de Energia Renovável Marinha

As alterações nas condições oceanográficas causadas pelo funcionamento de turbinas e WECs são geralmente investigadas através de modelos numéricos que examinam alterações na altura da onda, na circulação das massas de água e na estabilidade da coluna de água. Os estudos de campo, até ao momento, não apresentaram resultados conclusivos, pois as alterações observadas são inferiores à variabilidade natural dos ecossistemas. Assim, para um número limitado de dispositivos, o risco foi considerado mitigado (*risk retirement*). No que diz respeito às centrais de conversão de energia térmica oceânica (OTEC), os riscos identificados podem ser minimizados mediante a aplicação de modelos numéricos e de um design de engenharia adequado.



O **Risk Retirement** consiste no processo que visa facilitar o consentimento de dispositivos de ERM de pequena escala, uma vez que cada risco potencial não precisa de ser investigado exaustivamente em todos os projetos. Desta forma, os promotores de ERM podem basear-se no conhecimento de projetos previamente licenciados da mesma escala, em estudos científicos relacionados ou em resultados obtidos em indústrias offshore análogas.

Risco de Enredamento com Cabos e Linhas de Amarração de Dispositivos de Energia Renovável Marinha

O risco de enredamento de grandes animais marinhos em cabos ou linhas de amarração entre dispositivos de ERM constitui uma hipótese teórica, não havendo evidências de enredamento observadas até à data. As preocupações das partes interessadas persistem devido aos efeitos das artes de pesca perdidas e aos receios associados às plataformas eólicas flutuantes offshore. À medida que forem instalados sistemas de maior dimensão, a monitorização poderá fornecer mais informações.

Alteração dos Padrões de Deslocação dos Animais devido ao desenvolvimento de Energia Renovável Marinha

O deslocamento de animais marinhos pode ocorrer quando estes reagem aos fatores de stress, perturbando os padrões de migração e movimento de espécies residentes. Parques com um maior número de dispositivos podem interferir nos movimentos destas espécies, mas só existirão dados conclusivos quando estes parques forem instalados. À medida que a indústria de ERM cresce, são elaboradas recomendações para abordar as lacunas de conhecimento em relação ao deslocamento.

EFEITOS SOCIAIS E ECONÓMICOS DA ENERGIA RENOVÁVEL MARINHA

A investigação sobre os efeitos sociais e económicos do desenvolvimento da ERM ainda é limitada, sendo que os dados frequentemente não são suficientes ou adequados para certas regiões ou comunidades. No entanto, alguns estudos já analisaram os benefícios e impactos para outros utilizadores do oceano, comunidades costeiras e povos indígenas. À medida que a ERM se expande, será crucial recolher mais dados para avaliar melhor os seus benefícios e efeitos.

ENVOLVIMENTO DE STAKEHOLDERS EM PROJETOS DE ENERGIA RENOVÁVEL MARINHA

O envolvimento de *stakeholders* nas fases iniciais de planeamento e desenvolvimento dos projetos de ERM aumenta a probabilidade de aceitação e apoio por parte das comunidades locais. Isto inclui a obrigação legal de informar e envolver os *stakeholders*, bem como a implementação de boas práticas que visam envolver as comunidades locais e procurem promover a criação de emprego para aqueles com competências adequadas. Os processos bem-sucedidos de envolvimento dos *stakeholders* implicam a implementação de boas práticas e a avaliação dos resultados.

ESTRATÉGIAS PARA FACILITAR O LICENCIAMENTO DE PROJETOS DE ENERGIA RENOVÁVEL MARINHA

Desde 2020, a OES-Environmental tem-se focado em analisar as bases científicas por detrás dos potenciais riscos do desenvolvimento da ERM para os animais marinhos, habitats e processos ecológicos. O processo de remoção de riscos (*risk retirement*) inclui métodos de transferência de dados, permitindo que conjuntos de dados recolhidos num local sejam aplicados a novos projetos. Foram identificadas quatro interações *stressor-receptor* passíveis de serem consideradas mitigadas para pequenos números de dispositivos de ERM: ruído subaquático, campos eletromagnéticos (EMF), alterações no habitat e alterações nos sistemas oceanográficos. Foram desenvolvidos documentos de orientação e estratégias para a aplicação deste conhecimento, tais como gestão adaptativa, planeamento espacial marítimo e ferramentas adaptadas a cada país.



EDUCAÇÃO E SENSIBILIZAÇÃO SOBRE OS EFEITOS AMBIENTAIS DA ENERGIA RENOVÁVEL MARINHA

A ERM não é amplamente conhecida pelo público, o que justifica a necessidade de iniciativas de educação e sensibilização para diversos públicos, incluindo crianças, estudantes do ensino médio e outros grupos. A OES-Environmental tem desenvolvido materiais educativos como páginas para colorir, podcasts, vídeos, apresentações e publicações nas redes sociais para apoiar este esforço. Para além de apoiar as discussões individuais com os stakeholders, estes materiais ajudam a promover a consciencialização sobre os benefícios, desafios e oportunidades da ERM, fomentando o apoio às tecnologias de energia renovável.

SISTEMAS DE DADOS E INFORMAÇÃO SOBRE ENERGIA RENOVÁVEL MARINHA

A indústria de ERM tem vindo a gerar grandes quantidades de dados provenientes de testes de dispositivos, monitorização ambiental e experiências laboratoriais. Os Estados Unidos criaram o Portal e Repositório de Informação sobre Energia Renovável Marinha (PRIMRE) para apoiar a curadoria, armazenamento e disseminação de dados e informações. O PRIMRE inclui o Tethys, que apoia os estudos ambientais sobre ERM e as atividades da OES-Environmental. Outros países também têm desenvolvido sistemas de dados e informação sobre ERM.



DISPOSITIVOS DE ENERGIA RENOVÁVEL MARINHA - ABORDAGEM DOS EFEITOS AO NÍVEL DO SISTEMA

A indústria de ERM está a evoluir de instalações de dispositivos individuais para múltiplos dispositivos, com perspetivas de vir a implementar parques comerciais de grande escala. Para compreender os potenciais efeitos ambientais, são analisadas estratégias para aplicar o conhecimento obtido em dispositivos individuais à escala de parques. Indicadores ecológicos e modelos são avaliados pela sua capacidade de contabilizar os efeitos do desenvolvimento da ERM em larga escala. Foi desenvolvido um quadro para avaliar os efeitos cumulativos da ERM no ambiente marinho, considerando também outras atividades humanas.

POTENCIAIS EFEITOS AMBIENTAIS DA ENERGIA RENOVÁVEL MARINHA EM ECOSISTEMAS TROPICAIS E SUBTROPICAIS

A ERM está em expansão em vários países tropicais e subtropicais, com um foco crescente em tecnologias como o OTEC (conversão de energia térmica dos oceanos), gradientes de salinidade e dispositivos de energia das ondas. A maior parte do conhecimento disponível foi obtido a partir de estudos em regiões temperadas. No entanto, os ecossistemas tropicais e subtropicais possuem maior biodiversidade e redes tróficas mais complexas, exigindo uma abordagem diferente para a sua avaliação, além da transferência de conhecimento de estudos existentes.



PERSPETIVAS FUTURAS PARA A INVESTIGAÇÃO EM ENERGIA RENOVÁVEL MARINHA

O conhecimento acumulado ao longo dos últimos 14 anos (2010–2024) pela OES–Environmental proporciona um nível de compreensão que pode facilitar o licenciamento de dispositivos individuais e pequenos parques, além de fornecer informações valiosas sobre como parques de maior escala poderão ser integrados no ambiente marinho. A nova fase da OES–Environmental centra-se em quatro áreas principais: a aceitação ambiental, os efeitos ambientais de projetos de ERM sem ligação à rede, os impactos ao nível do ecossistema e os benefícios sociais e económicos da ERM.





OES-Environmental Relatório do Estado da Ciência 2024 e sumário executivo disponível em:

<https://tethys.pnnl.gov/publications/state-of-the-science-2024>

Contato

Tethys
Pacific Northwest National
Laboratory
tethys@pnnl.gov

Aceda a <https://tethys.pnnl.gov> para obter uma vasta coleção de documentos, relatórios, apresentações arquivadas e outros conteúdos multimídia sobre os efeitos ambientais do desenvolvimento de EMR.

