

AGENDA TEMÁTICA DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO

MAR

Versão de 15 março de 2019

AGENDA TEMÁTICA DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO

MAR

Equipa Técnica da FCT

Sofia Cordeiro (Co-coordenadora), Raquel Ribeiro (Co-coordenadora), Ana Amorim, Gonçalo Zagalo, Joana Pinheiro, Maria João Fernandes, Márcia Marques (fevereiro-abril de 2017), Marta Norton

Colaboração do Gabinete de Estudos e Estratégia

Isabel Reis

Coordenação Geral do Gabinete de Estudos e Estratégia

José Bonfim

Tiago Santos Pereira

Coordenação do Grupo de Peritos

Miguel Santos, Instituto Português do Mar e da Atmosfera
João Tasso, LSTS da Universidade do Porto
Ramiro Neves, MARETEC/LARSyS do Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa

Redatores do Grupo de Peritos

A. Miguel Santos, Instituto Português do Mar e da Atmosfera
Álvaro Peliz, Instituto Dom Luiz, Universidade de Lisboa
Ana Colaço, IMAR e MARE & Okeanos, Universidade dos Açores
Ana Noronha, Ciência Viva
António Falcão, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
António Pascoal, ISR-Lisboa/LARSyS, Universidade de Lisboa
Carlos Guedes Soares, CENTEC, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
Fátima Lopes Alves, CESAM, Universidade de Aveiro
Helena Vieira, BLUEBIO ALLIANCE e BiOISI, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
João Tasso, LSTS, Universidade do Porto
Jorge Antunes, TecnoVeritas
José Lino Costa, MARE, Universidade de Lisboa
Luís Gato, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
Luís Menezes Pinheiro, Departamento de Geociências e CESAM, Universidade de Aveiro
Marcos Mateus, MARETEC/LARSyS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
Maria João Bebianno, CIMA, Universidade do Algarve
Marina Cunha, CESAM, Universidade de Aveiro
Miguel Santos, CIIMAR, Universidade do Porto
Paula Sobral, MARE, Universidade Nova de Lisboa
Pedro Pires, WavEC
Pedro Pousão-Ferreira, Instituto Português do Mar e da Atmosfera
Ramiro Neves, MARETEC/LARSyS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
Raul Silva Bettencourt, IMAR-Açores, MARE
Ricardo Calado, CESAM, Universidade de Aveiro
Sónia Ribeiro, Instituto de Estudos Políticos, Universidade Católica Portuguesa
Tiago Rebelo, CEiiA
Tiago Silva, 3B's Research Group, Universidade do Minho

Grupo de Peritos

A. Miguel Santos, Instituto Português do Mar e da Atmosfera
Adelino Canário, CCMAR, Universidade do Algarve
Adriano Bordalo e Sá, ICBAS, Universidade do Porto
Alexandre Sousa, OCEANSCAN
Álvaro Peliz, Instituto Dom Luiz, Universidade de Lisboa
Amadeu Soares, CESAM, Universidade de Aveiro
Ana Noronha, Ciência Viva
Ana Colaço, IMAR e MARE & Okeanos, Universidade dos Açores
António Falcão, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
António Múria dos Santos, CICIO-AGE, InBIO
António Pascoal, ISR-Lisboa/LARSys, Universidade de Lisboa
Aurora Bizarro, Instituto Hidrográfico
Carla Domingues, Fórum Oceano
Carlos Guedes Soares, CENTEC, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
Eduardo Silva, CRAS, INESC TEC
Emanuel Gonçalves, ISPA, MARE e Fundação Oceano Azul
Emanuel Xavier, Algicel
Ester Serrão, CCMAR, Universidade do Algarve
Fátima Lopes Alves, CESAM, Universidade de Aveiro
Fernando Barriga, Instituto Dom Luiz, Universidade de Lisboa
Francisco Xavier Malcata, LEPABE, Universidade do Porto
Gonçalo Costa, Biomimetx
Helena Vieira, BLUEBIO ALLIANCE e BiOISI, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
João Castro, CIEMAR, MARE, Universidade de Évora
João Ferreira, Abyssal
João Tasso, LSTS, Universidade do Porto
Jorge Antunes, TecnoVeritas
José Lino Costa, MARE, Universidade de Lisboa
José Luís Melo, Xsealence
José Mesquita Onofre, Instituto Hidrográfico
Luís Gato, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
Luís Menezes Pinheiro, Departamento de Geociências e CESAM, Universidade de Aveiro
Manfred Kauffman, CIIMAR Madeira
Manuel Biscoito, OOM e EBMF
Marcos Mateus, MARETEC/LARSyS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
Maria Ana Baptista, Instituto Dom Luiz, Universidade de Lisboa
Maria João Bebianno, CIMA, Universidade do Algarve
Marina Cunha, CESAM, Universidade de Aveiro
Marta Chantal, CIIMAR, Universidade do Porto
Miguel Cardoso, Madebiotech
Miguel Santos, CIIMAR, Universidade do Porto
Nuno Leitão, Sea4Us
Nuno Lourenço, Instituto Português do Mar e da Atmosfera
Paula Sobral, MARE, Universidade Nova de Lisboa
Pedro Ferreira, Laboratório Nacional de Energia e Geologia
Pedro Pires, WavEC
Pedro Pousão-Ferreira, Instituto Português do Mar e da Atmosfera
Ramiro Neves, MARETEC/LARSyS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
Raul Silva Bettencourt, IMAR e MARE & Okeanos, Universidade dos Açores
Ricardo Calado, CESAM, Universidade de Aveiro
Rui Pereira, ALGAPLUS
Sónia Ribeiro, Instituto de Estudos Políticos, Universidade Católica Portuguesa
Telmo Morato, IMAR e MARE & Okeanos, Universidade dos Açores
Tiago Rebelo, CEiiA
Tiago Silva, 3B's Research Group, Universidade do Minho

Importa registar uma menção de agradecimento aos contributos dados por Alexandra Silva, Antje Voelker, Fátima Abrantes, Luís Matias, Pedro Terrinha e Raquel Costa para o desenvolvimento da Agenda de Investigação e Inovação do Mar, e ainda a Filomena Oliveira e Alexandre Paredes da Direcção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência (DGEEC) pela informação cedida.

As Agendas Temáticas de Investigação e Inovação dinamizadas pela FCT, entre as quais a presente Agenda Temática, foram desenvolvidas por Grupos de Peritos designados conjuntamente pela FCT e por centros e unidades de investigação, empresas e outras entidades com investigação e inovação relevante nas respetivas áreas, em número variável.

Os Grupos de Peritos identificaram equipas de coordenação e diferentes formas de contribuição para as Agendas, tendo sido apoiados ao longo do processo por equipas técnicas da FCT.

ÍNDICE

Prefácio.....	6
Sumário executivo	7
PARTE I.....	10
Capítulo 1 – Visão e Desafios para 2030.....	10
1.1 Visão para o Mar em Portugal até 2030	10
1.2 A importância do Mar para Portugal	11
1.3 Os grandes desafios para o desenvolvimento do Mar em Portugal até 2030.....	14
Capítulo 2 – Investigação e Inovação na área do Mar em Portugal e no Mundo	16
2.1 Estado da Arte: os desenvolvimentos dos últimos 10 anos.....	16
2.2 Estratégias Internacionais de Investigação e Inovação para o Mar	19
2.3 A Investigação e Inovação em Portugal na área do Mar nos últimos 15 anos	22
2.4 Diagnóstico da área em Portugal.....	26
Capítulo 3 – As Políticas Públicas e a investigação e inovação na área do Mar	28
3.1. O Mar e as Políticas Públicas nos últimos 10 anos: temas e impactos.....	29
3.2. Desafios para a agenda de investigação e inovação	30
PARTE II.....	33
Capítulo 4 – Subtemas e prioridades de investigação	33
4.1 Conhecimento integrado do oceano	33
4.1.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030	33
4.1.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos	34
4.1.3 As questões-chave para uma agenda de investigação	35
4.2 Recursos marinhos	37
4.2.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030	38
4.2.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos	39
4.2.3 As questões-chave para uma agenda de investigação	40
4.3 Alterações globais, riscos naturais e antrópicos.....	42
4.3.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030	42
4.3.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos	43
4.3.3 As questões chave para uma agenda de investigação	44
4.4 Oceano e sociedade.....	46
4.4.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030	46
4.4.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos	47
4.4.3 As questões-chave para uma agenda de investigação	48
4.5. Fatores críticos para o desenvolvimento futuro nos quatro subtemas identificados.....	51
Capítulo 5 – Perspetivas de Inovação Social e Tecnológica	54
5.1 Tecnologias para a observação e estudo integrado do oceano	54
5.1.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030	54
5.1.2 Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos	55
5.1.3 Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação	55

FUNDAÇÃO PARA A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA

5.2. Tecnologias para a exploração responsável dos recursos vivos marinhos.....	56
5.2.1 - Desafios e objetivos para Portugal até 2030	56
5.2.2 Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos	58
5.2.3 Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação	59
5.3 Energias marinhas.....	61
5.3.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030	62
5.3.2 Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos	62
5.3.3 Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação	62
5.4 Tecnologias de suporte ao uso e gestão do oceano.....	63
5.4.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030	63
5.4.2 Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos	64
5.4.3 Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação	65
5.5 Fatores críticos para o desenvolvimento futuro nas quatro dimensões identificadas	66
PARTE III.....	69
Capítulo 6 – Conclusões.....	69
6.1 Desafios: a agenda e a sociedade Portuguesa.....	69
6.2 As áreas estratégicas para a Investigação e a Inovação até 2030	69
6.3 Inovação, governança e desenvolvimento socioeconómico	72
Acrónimos.....	73

AGENDA TEMÁTICA DE INVESTIGAÇÃO E INOVAÇÃO MAR

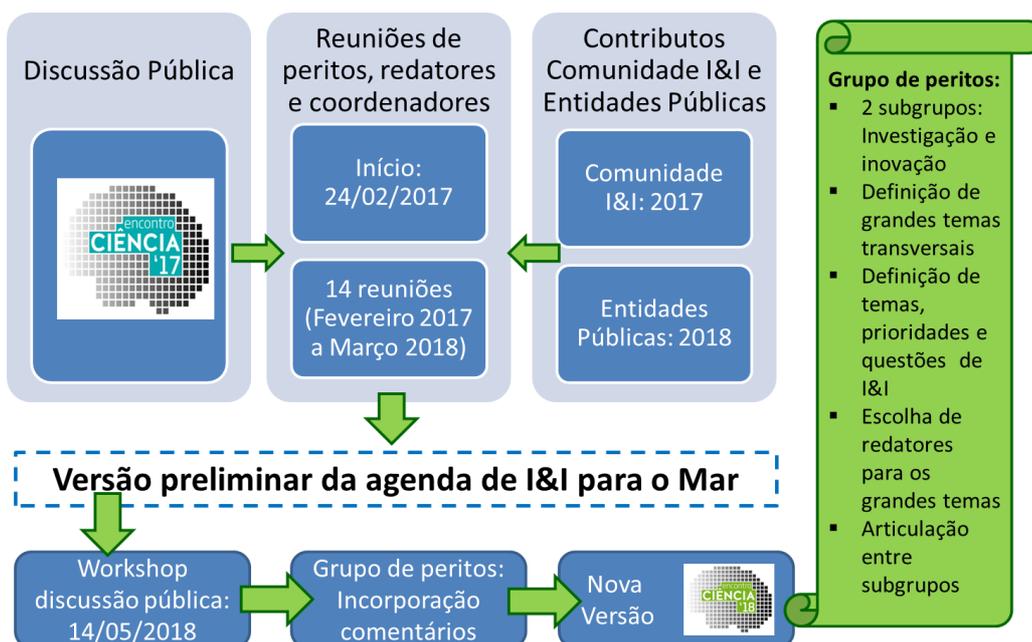
Prefácio

A Agenda de Investigação e Inovação (I&I) para o Mar representa a visão conjunta para Portugal se posicionar num papel de liderança na I&I para o oceano, definindo como foco o oceano aberto e o mar profundo. Assim, esta Agenda recomenda três programas de investigação e inovação.

Trata-se de uma Agenda de I&I Temática que se baseia nos contributos de peritos provenientes da academia, centros de investigação, empresas e entidades públicas, num processo de diálogo entre diferentes atores nacionais, seguindo uma abordagem *bottom-up* com coordenação global da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT, I.P.). Após a reunião de apresentação desta iniciativa da FCT, I.P. à comunidade de I&I do mar em fevereiro de 2017, iniciou-se, em março de 2017, um período intenso de reuniões e discussões para a identificação, análise e formulação das questões-chave, oportunidades e aplicações para o mar em torno dos principais objetivos e desafios, desenvolvimentos e fatores críticos.

De referir que foi identificada durante o processo de elaboração da Agenda I&I Mar a mais-valia de promover um diálogo entre peritos de diferentes áreas e setores. Desta forma, este documento reflete a visão harmonizada do grupo de peritos e do trabalho de edição dos redatores, coordenadores e da própria FCT I.P., nomeadamente do Programa Oceano, que beneficiou da troca de ideias promovida, a qual permitiu uma melhor estruturação e organização do conhecimento na área do mar. Adicionalmente, foram considerados os contributos recebidos no seguimento de uma consulta pública à comunidade, sobre as principais questões a desenvolver, de uma consulta a organismos da Administração Pública através de um questionário específico e durante e após o *workshop* de apresentação e discussão pública da Agenda realizado a 14 de maio de 2018, na Universidade de Aveiro. Pretende-se que este documento tenha um carácter dinâmico e, como tal, poderá e deverá sofrer alterações e atualizações sempre que a comunidade nacional identifique necessidades prementes de I&I nesta temática. O objetivo é facilitar e potenciar a troca de conhecimento entre os atores do sistema de I&I no mar.

PROCESSO DE ELABORAÇÃO DA AGENDA DE I&I MAR



Sumário executivo

A presente Agenda aponta para questões-chave de investigação e inovação (I&I) no mar para os próximos dez anos, para que Portugal se coloque numa posição de liderança internacional, tendo em conta a vasta área sob soberania e jurisdição nacional e o posicionamento da comunidade científica, tecnológica e de inovação já existente. Num momento em que Portugal se alarga para o mar, torna-se premente tirar partido desta realidade para o desenvolvimento e a economia do país, a qual deve ser alavancada por uma forte aposta na I&I na área do mar.

A Agenda deve-se constituir como uma fonte de informação suscetível de inspirar e sustentar os processos de decisão em I&I para o mar, nomeadamente no que respeita às estratégias de internacionalização de I&I, bem como às agendas de I&I das entidades ligadas a esta área temática. A posição geográfica de Portugal privilegia o avanço do conhecimento de sistemas de mar profundo e de mar aberto, da margem ibérica e das interações entre o Mar Mediterrâneo e o Oceano Atlântico.

O conjunto de instrumentos existentes a nível nacional e internacional podem e devem sustentar a I&I no mar em Portugal, em concreto a Estratégia Nacional para o Mar 2013-2020, cujo Plano de Ação contém um eixo de ação para a pesquisa do oceano, a Declaração de Galway (2013) e a Declaração de Belém (2017), que promovem a cooperação científica, respetivamente no Atlântico Norte e Sul, ou o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) dedicado ao oceano na Agenda 2030 das Nações Unidas (ODS14) e a Década das Nações Unidas das Ciências do Oceano para o Desenvolvimento Sustentável 2021-2030.

As grandes áreas em que Portugal deve apostar no futuro (até 2030) deverão centrar-se: (1) no conhecimento integrado do oceano; (2) no conhecimento e na exploração responsável/sustentável dos recursos marinhos; (3) na avaliação dos riscos naturais e antrópicos, dos impactos das alterações globais, e no desenvolvimento e implementação de medidas para a sua mitigação; e (4) no conhecimento do passado do oceano e na promoção de uma relação mais participativa da sociedade com o oceano. Estas apostas foram identificadas com

base nos temas e desafios para a investigação, inovação e tecnologia em Portugal reunidos pelo grupo de peritos da Agenda.

Assim, na área da investigação e tecnologia foram definidos os seguintes temas e desafios:

- 1 - Conhecimento integrado do oceano
 - Investigação oceânica
 - Biodiversidade, funcionamento e proteção dos ecossistemas
 - Mar profundo
 - Tecnologia
 - Observação e modelação
- 2 - Recursos marinhos
 - Pescas
 - Aquacultura
 - Recursos genéticos e compostos bioativos
 - Energias renováveis
 - Recursos minerais e energéticos
- 3 - Alterações globais, riscos naturais e antrópicos
 - Aquecimento e acidificação do oceano
 - Respostas dos ecossistemas e organismos
 - Eventos extremos e riscos naturais
 - Impactos antrópicos
- 4 - Oceano e sociedade
 - Governança do mar
 - Gestão e conservação do oceano
 - Economia do mar
 - História e cultura marítima
 - Capacitação e educação

Na área da inovação e tecnologia, foram identificados os seguintes temas e desafios:

- 1 - Tecnologias para a observação e estudo integrado do oceano
 - Recolha de dados
 - Modelação operacional
 - Plataformas informáticas de gestão de dados
- 2 - Tecnologias para a exploração responsável dos recursos vivos marinhos
 - Segurança alimentar, rastreabilidade/certificação de origem dos produtos da pesca e da aquacultura

FUNDAÇÃO PARA A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA

- Novas formas de cultura e produção, novas dietas, novos produtos alimentares e valorização de coprodutos
- Aquacultura em mar aberto e sistemas de recirculação
- Produção de juvenis
- Biotecnologia azul
- Desafios tecnológicos e legais para mapeamento, exploração e valorização da biodiversidade (*hotspots*)

3 - Energias marinhas

- Sistemas de produção de energias renováveis marinhas adequadas para as características do litoral português

4 - Tecnologias de suporte ao uso e gestão do oceano

- Literacia do oceano e educação para o mar
- Poluição marinha
- Transporte marítimo e construção naval

Para cada desafio a comunidade de I&I identificou questões-chave para os próximos 10 anos, bem como os fatores críticos ao desenvolvimento, na generalidade, dessas questões-chave. Por fim, foram sugeridos três programas prioritários: (1) **Observação e Previsão da Evolução das Margens Continentais e do Atlântico Profundo**; (2) **Exploração de Recursos Marinhos**; e (3) **Adaptação à Mudança Global**. A implementação destes projetos em rede é a forma mais eficaz de divulgação das equipas portuguesas e, por isso, o “*Atlantic International Research Centre*” (AIR Centre), com projetos focados no Oceano Atlântico e as suas margens continentais, será relevante na criação

de oportunidades de promoção da investigação e do potencial de inovação das universidades e das empresas portuguesas.

Os objetivos preconizados por esta agenda devem ser atingidos de forma inclusiva, visando promover mudanças estruturais e não conjunturais, pois estas, embora sejam mais fáceis de atingir, são menos duradouras. Para que a médio/longo prazo o oceano seja central na I&I em Portugal, considera-se necessário e transversal a estes programas promover a interdisciplinariedade para o mar e uma colaboração mais estreita entre as várias instituições nacionais que promovem a I&I no mar, que permita capacitar os cidadãos para tomar decisões informadas que tenham em conta a necessidade de proteger, usar e explorar de maneira responsável e sustentável os recursos oceânicos, bem como apostar na relação da sociedade com o oceano e inovar na forma como o país promove ações de sensibilização e de relacionamento dos jovens com o mar. A implementação da agenda deverá conduzir à criação de infraestruturas colaborativas, capacitação de meios humanos e à mobilização dos meios materiais necessários a uma verdadeira I&I no mar, para que Portugal acompanhe a agenda internacional da I&I para o oceano.

PARTE I

Visão e Desafios

Capítulo 1 – Visão e Desafios para 2030

1.1 Visão para o Mar em Portugal até 2030

A comunidade científica, tecnológica e ligada à inovação no mar, em Portugal, encontra-se perante uma conjuntura favorável na qual importa definir as vertentes onde o país possa vir a assumir protagonismo a nível nacional e internacional. Entre 2013 e 2020 a visão para o mar em Portugal está fortemente associada ao desenvolvimento da economia azul, como definido na Estratégia Nacional para o Mar 2013-2020 (ENM). O diálogo até agora promovido entre estas comunidades tem permitido à investigação e inovação (I&I) no mar contribuir para alavancar a economia nacional nos últimos anos. Esta visão tem sido apoiada pela Estratégia de Investigação e Inovação para uma Especialização Inteligente 2014-2020 (ENEI). Para 2030, a visão para a I&I no mar deverá passar por fortalecer o diálogo entre a comunidade científica, tecnológica e ligada à inovação, continuando assim a potenciar e concretizar o desenvolvimento da economia azul baseado na ciência, tecnologia e inovação. A posição geográfica de Portugal privilegia o avanço do conhecimento de sistemas de mar profundo e de mar aberto, da margem ibérica e das interações entre o Mar Mediterrâneo e o Oceano Atlântico. Para além da sua extensão, o mar português caracteriza-se, de acordo com o conhecimento existente, por um elevado potencial e diversidade de recursos vivos e não vivos, características que no seu conjunto potenciam avanços científicos e tecnológicos e que podem, mais uma vez, apostando na inovação, alavancar a economia nacional. De acordo com a comunidade científica, tecnológica e ligada à inovação (ver os Capítulos 4 e 5), as grandes áreas em que Portugal deve apostar no futuro (até 2030) deverão centrar-se: (1) no conhecimento integrado do oceano; (2) no conhecimento e na exploração responsável e sustentável dos recursos marinhos; (3) na avaliação dos riscos naturais e antrópicos, dos impactos das alterações globais, e no desenvolvimento e implementação de medidas para a sua mitigação; e (4) no conhecimento do passado e evolução do oceano e na promoção de uma relação mais participativa da sociedade com o oceano.

Portugal é intrinsecamente uma nação marítima, marca presente na sua história, na sua herança cultural, na riqueza patrimonial e identitária associada ao mar, e na sua geografia e geopolítica. No domínio da náutica e da navegação o papel da expansão marítima portuguesa foi fundamental para colocar Portugal no panorama internacional quando se fala de conexão com o mar. Esse papel de charneira desempenhado por Portugal nos séculos XV e XVI tem repercussões até hoje e essa herança deve ser valorizada e integrada num quadro de afirmação de Portugal perante as estratégias para o mar. A lusofonia é um vetor persistente de conexão global e uma marca incontornável nos eixos norte-sul e este-oeste do Oceano Atlântico. Com o processo de extensão da plataforma continental para além das 200 milhas marítimas, o domínio marítimo passa a constituir 97% do território de Portugal, que fica assim com uma vasta área de jurisdição e/ou soberania central, em concreto no que respeita à exploração e aproveitamento dos seus recursos naturais do solo e subsolo marinhos de grande parte do Atlântico Norte, afirmando-se como um dos estados mais atlânticos da Europa. Num momento em que Portugal se

alarga para o mar, torna-se premente tirar partido desta realidade para a economia do país, a qual deve ser alavancada por uma forte aposta na I&I na área do Mar.

A comunidade científica e tecnológica dispõe atualmente de um conjunto de instrumentos que visam promover a cooperação internacional nas ciências e tecnologias do mar (CTM) no Atlântico, como sejam a Declaração de Galway (2013) e a Declaração de Belém (2017), que promovem a cooperação científica, respetivamente no Atlântico Norte e Sul (assinada a primeira pelos Estados Unidos da América, Canadá e União Europeia, e a segunda pela África do Sul, Brasil e União Europeia). Refira-se a iniciativa das *Atlantic Interactions* e o “*Atlantic International Research Centre*” (AIR Centre), resultado de uma cooperação internacional que pretende promover soluções baseadas no conhecimento, na investigação interdisciplinar e na inovação para responder a desafios sociais no Atlântico, ou mesmo a iniciativa europeia BLUEMED que ambiciona a criação de um enquadramento estratégico baseado na I&I para a promoção de um Mar Mediterrâneo saudável, produtivo e resiliente, melhor conhecido e valorizado. Refira-se ainda, a nível nacional, o Observatório do Atlântico a localizar no Faial, Açores, especialmente vocacionado para o mar profundo, e o polo nacional da infraestrutura europeia de acesso a recursos biológicos marinhos e plataformas tecnológicas associadas, a *European Marine Biological Research Centre* (EMBRIC), que funciona em rede no Algarve, Açores, Coimbra e Porto. Estas e outras iniciativas nacionais, europeias e internacionais vão ao encontro do preconizado na ENM 2013-2020, cujo Plano de Ação contém um eixo de ação específico para a pesquisa do oceano. Este eixo compreende ações ligadas à investigação e ao conhecimento, assim como iniciativas de base tecnológica, tanto para a monitorização do meio marinho como para aplicação nos diferentes setores produtivos num contexto de exploração económica.

Acresce que existe uma dinâmica internacional global de aposta nas ciências no mar, com a inclusão de um Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) dedicado ao oceano na Agenda 2030 das Nações Unidas para o desenvolvimento sustentável (ODS14) e com a recente adoção da Década das Nações Unidas das Ciências do Oceano para o Desenvolvimento Sustentável 2021-2030. Portugal tem estado ativamente envolvido nesta dinâmica e, com base no Relatório nacional sobre a implementação da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (MNE, 2017), Portugal materializa em seis dos ODS, entre os quais o ODS 14 (Proteger a vida marinha), as suas prioridades estratégicas na implementação da Agenda 2030.

1.2 A importância do Mar para Portugal

Com a extensão da plataforma continental para além das 200 milhas marítimas com direitos de soberania sobre os recursos do solo e subsolo, Portugal passa a ter uma vasta área de mar profundo, o que significa uma responsabilidade acrescida de conhecer o mar português e uma oportunidade para perceber onde apostar para potenciar a economia azul, não só a nível nacional mas também a nível internacional. Por forma a melhor responder a esta responsabilidade e oportunidade, é importante fazer uma avaliação da situação atual e definir uma estratégia para o futuro da I&I para o mar em Portugal.

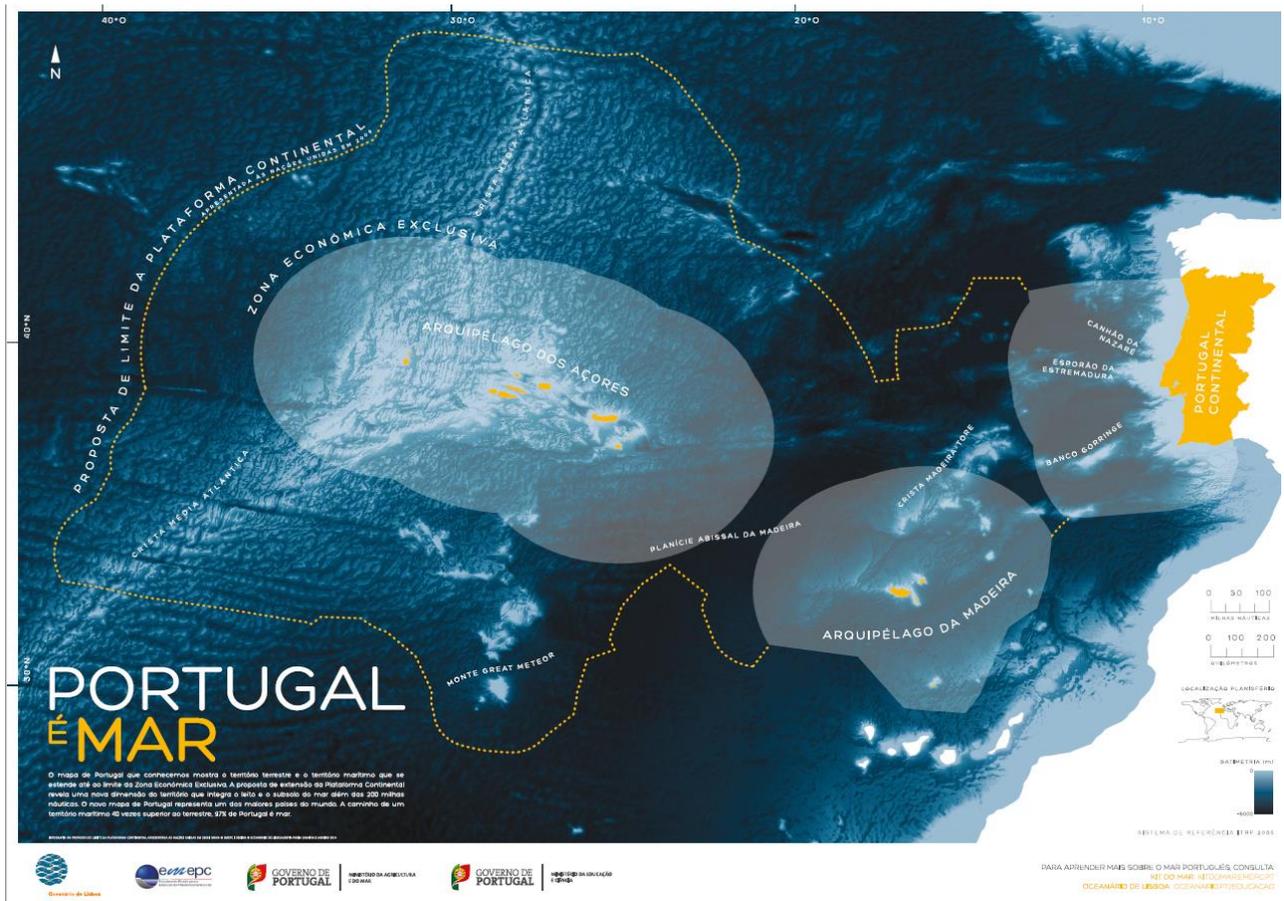


Figura 1: Mapa “Portugal é Mar”, 2014. Legenda: “O mapa de Portugal que conhecemos mostra o território terrestre [a amarelo] e o território marítimo que se estende até ao limite da Zona Económica Exclusiva [a esbranquiçado no mapa, junto a Portugal continental e em torno das ilhas das Regiões Autónomas]. A proposta de extensão da Plataforma Continental revela uma nova dimensão do território que integra o leito e o subsolo do mar além das 200 milhas náuticas. O novo mapa de Portugal representa um dos maiores países do mundo. A caminho de um território marítimo 40 vezes superior ao terrestre, 97% de Portugal é mar.” (Fonte: <http://kitdomar.sapo.pt/outros-mares/mapa-portugal-e-mar>)

Existe um conjunto de conhecimento e elementos que realçam a importância que o mar tem a nível nacional: centros de investigação e desenvolvimento, dedicados ou com linhas de investigação relacionadas com o mar, e de empresas que são pioneiros ou já de destaque em algumas matérias; as instituições culturais, nomeadamente os museus marítimos e oceanográficos, que têm uma tradição importante de investigação aplicada e desempenham, já hoje, um papel importante na área da literacia do oceano; pioneirismo de Portugal com a proposta em 2006 de estabelecer pela primeira vez em águas internacionais uma área marinha protegida enquadrada na Convenção OSPAR (convenção para a proteção do meio marinho no Atlântico Nordeste)¹; desenvolvimento pioneiro do plano de ordenamento do espaço marítimo em 2011; adoção no mesmo ano do Programa de Literacia do Oceano, tendo sido Portugal o primeiro país europeu a fazê-lo; posição de destaque nacional na robótica e tecnologias marinhas (incluindo a robótica e comunicações submarinas), na modelação oceânica e na área das energias renováveis oceânicas, nomeadamente de energia das ondas e eólica em mar aberto. De facto, a limitação de extensão utilizável para implantação de estruturas fixas tradicionais, devido às características da margem continental portuguesa, posicionou o país como local de eleição para teste de turbinas eólicas flutuantes em mar aberto em águas mais profundas. Existem grupos fortes de

¹ O campo hidrotermal *Rainbow*, uma área que inclui o solo e subsolo marinhos localizados na área de plataforma continental portuguesa para além das 200 milhas e, portanto, onde o Estado português exerce direitos de soberania para efeitos de exploração e aproveitamento dos seus recursos naturais, mas proposto como área marinha protegida enquadrada na Convenção OSPAR numa fase anterior à proposta de extensão à Comissão de Limites da Plataforma Continental, em 2009.

investigação nas áreas da paleoceanografia, geologia marinha, dos ecossistemas profundos e sua biosfera, dos riscos naturais marinhos, da robótica multi-domínio, de sistemas de comunicação e de mapeamento ótico e acústico.

De entre as oportunidades para o país, Portugal pode destacar-se num futuro próximo pela exploração responsável e sustentável dos seus recursos. O facto de Portugal ser dos principais consumidores de pescado a nível mundial, apesar de apresentar uma balança comercial desfavorável ao importar cerca de 2/3 do que consome, define claramente a necessidade de uma estratégia de I&I para as pescas e a sua socioeconomia, dada a importância da mesma nas comunidades litorais. Refira-se ainda que os ecossistemas do mar profundo português podem ser fonte de novos recursos, tanto pesqueiros como genéticos e biotecnológicos, assim como de novas espécies para a ciência, pelo que se adivinha um contributo relevante para bases de dados de biodiversidade, moleculares e biogeográficas. Quanto aos recursos minerais e energéticos, conhece-se a existência de ocorrências de sulfuretos maciços (ricos em cobre e zinco), nódulos polimetálicos e crostas de ferro e manganês ricas em cobalto e terras raras, assim como de hidratos de gás e possíveis áreas com potencial em hidrocarbonetos convencionais na margem sul portuguesa, apesar do conhecimento ainda muito limitado, cuja exploração requer ponderada avaliação e balanço dos impactos negativos e positivos que daí poderão advir. No que respeita à herança cultural marítima e património subaquático, destaca-se o largo número de ocorrências arqueológicas de elevado interesse na costa portuguesa. Socioeconomicamente, outra área que merece atenção é a dos transportes marítimos, nomeadamente a segurança do seu tráfego, dada a posição geoestratégica de Portugal e o conseqüente tráfego elevado de transportes e produtos poluentes. Os portos nacionais têm conhecido nos últimos anos uma atividade crescente, também com impacto significativo na logística. A construção e reparação naval, áreas de grande projeção nacional no passado, afiguram-se relevantes num Estado atlântico a exercer a sua soberania e a assegurar o transporte de cargas para as suas regiões insulares. Finalmente, uma área emergente é a náutica de recreio e o turismo marítimo, a qual necessita de ser suportada com o desenvolvimento de navios e embarcações adequados a essas atividades. A importância económica deste conjunto de atividades em termos de emprego e Valor Acrescentado Bruto (VAB) é evidenciada pelos resultados da Conta Satélite do Mar (CSM).

A par das referidas oportunidades, o desenvolvimento da I&I para o mar em Portugal beneficia da ativa participação das comunidades científica, tecnológica e empresarial nas redes e programas internacionais, enquanto parceiro de relevo, o que tem permitido acompanhar os avanços mais recentes de conhecimento em várias matérias.

A Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), I.P., através do seu Departamento de Relações Internacionais, e mais recentemente através do Programa Oceano inserido neste Departamento, tem-se empenhado em acompanhar alguns dos mais relevantes organismos europeus e internacionais ligados ao mar e que determinam caminhos de investigação futuros. São exemplo disso: a Iniciativa de Programação Conjunta Mares e Oceanos Saudáveis e Produtivos (JPI Oceans); o consórcio europeu para o *International Ocean Discovery Program* (IODP/ECORD), que possibilita a investigação com recurso à perfuração científica oceânica; o *European Marine Board* (EMB), que desenvolve posições comuns entre as organizações europeias executoras e financiadores de investigação em ciências do mar sobre as estratégias e prioridades científicas para esta área; o comité consultivo da Comissão Europeia para a investigação em bioeconomia (agricultura, agroindústria, florestas, biotecnologia, pescas) (SCAR); o grupo de trabalho de economia do oceano da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) e em particular o programa de trabalhos em *Ocean Economy and Innovation*; a Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI) da UNESCO, a única organização competente dentro do sistema da Organização das Nações Unidas (ONU) para as ciências do mar; e o Processo Regular da ONU para a Avaliação Global do Estado do Ambiente Marinho incluindo os Aspectos Socioeconómicos.

É de salientar ainda o envolvimento da FCT, I.P. em instrumentos de cooperação, colaboração e/ou coordenação dos programas quadro europeus para o mar, nomeadamente em tecnologias marinhas e marítimas (MarTERA), em biotecnologia (ERAMBT), em biodiversidade e serviços dos ecossistemas (BiodivERsA), em energias oceânicas (OCEAN ENERGY ERA-NET), ou mais gerais como a CSA Oceans2.



Figura 2: Windfloat (Fonte: Principle Power).

A gestão da participação de Portugal nos múltiplos programas internacionais relacionados com a I&I do mar é mais eficiente se for baseada numa estratégia bem definida, que permita inspirar e sustentar de forma integrada os processos de decisão e o investimento nacional nas CTM, como ocorreu anteriormente com a definição de um Programa Dinamizador das Ciências e Tecnologias do Mar (PDCTM, 2000). É neste contexto que o desenvolvimento de uma Agenda de Investigação e Inovação para o Mar se torna tão relevante. A presente Agenda de Investigação e Inovação para o Mar visa, assim, perceber, do ponto de vista de uma larga comunidade científica, tecnológica e de inovação nacional, o panorama atual e as áreas-chave onde Portugal se deve empenhar para ter um posicionamento nacional e internacional de relevo, construindo desta forma uma fonte de informação suscetível de inspirar e sustentar os processos de decisão em I&I para o Mar, nomeadamente no que respeita às estratégias de internacionalização de I&I, bem como às agendas de investigação das instituições e dos seus investigadores.

1.3 Os grandes desafios para o desenvolvimento do Mar em Portugal até 2030

Portugal precisa de I&I, como suporte da ENM 2013-2020 que estabelece o “investimento em recursos humanos qualificados e em infraestruturas de ciência e tecnologia ligadas aos mares e oceanos, bem como a otimização dos recursos existentes, o fomento e reforço da cooperação, a partilha de meios entre instituições nacionais e a participação ativa e devidamente enquadrada nas redes internacionais”.

Por forma a implementar a visão apresentada na Secção 1.1, torna-se claro que um dos grandes desafios será capacitar o país com infraestruturas de investigação, observação, modelação e previsão, o que inclui a aposta na aquisição e promoção do acesso pela comunidade científica a navios de investigação, no desenvolvimento de veículos autónomos, e em tecnologia inovadora que permita aceder ao mar aberto e ao mar profundo. Inclui também infraestruturas laboratoriais onde se possam estudar o efeito das ondas em veículos e plataformas marítimas e assim permitir melhorar o desempenho de operações marítimas. Em Portugal, muitas áreas de mercado são ainda incipientes e de dimensão insuficiente face ao seu

potencial, dada a falta de infraestruturas base, de empresas âncora ou ainda de novas *startups*. Carece também o País de infraestruturas junto ao/no mar que permitam a grupos multidisciplinares terem acesso a espaços para a integração de sistemas tecnológicos que sirvam como uma verdadeira porta aberta para trabalhos de pesquisa no oceano, de modo a responderem coletivamente a reptos com relevância nacional.

Paralelamente, o investimento na formação e estabilidade de recursos humanos especializados e preparados para operações no mar, bem como para conceber equipamentos mais apropriados para as várias operações marítimas e focados na necessidade de ligar o conhecimento à indústria e ao mercado, possibilitará quebrar as tradicionais barreiras e apoiar a transferência de tecnologia.

O desenvolvimento de trabalho em redes interdisciplinares, nacionais e internacionais, incluindo as ciências sociais e humanas, partilhando infraestruturas numa base colaborativa que permita a redução de custos e economia de tempo, ao mesmo tempo que potencia a visibilidade do trabalho e grupos envolvidos, é outro desafio para a comunidade nacional em I&I no mar. A integração multidisciplinar da investigação sobre o mar em Portugal permite impulsionar mutuamente a capacitação dos diferentes grupos de investigação.

Por último, importa referir que continua a haver um *deficit* na legislação nacional no que respeita a investigação científica no mar, apesar de já ter havido alguns desenvolvimentos, nos últimos anos.

Capítulo 2 – Investigação e Inovação na área do Mar em Portugal e no Mundo**2.1 Estado da Arte: os desenvolvimentos dos últimos 10 anos**

A I&I no mar, nos últimos 10 anos, desenvolveram-se a par com o conceito de Economia Azul, que surge na Conferência do Rio+20 em 2012, baseada na premissa de que ecossistemas marinhos saudáveis são mais produtivos e fundamentais para permitir uma economia do mar sustentável. A economia azul está em crescimento, suportada pelo conhecimento do oceano e pelo desenvolvimento tecnológico, esperando-se que venha a ser uma componente importante da economia mundial. A Europa deverá ter uma posição de liderança neste processo, porque o mar é uma parte importante do seu território e da sua história, mas também porque tem investido no estudo do oceano e na tecnologia, necessária à exploração dos recursos marinhos, nomeadamente em mar profundo, e tem financiado I&I diferenciadora e com grande impacto.

A investigação no mar tem providenciado avanços significativos no conhecimento da dinâmica do oceano, da biodiversidade e funcionamento dos seus ecossistemas, assim como na caracterização e avaliação dos recursos marinhos, contribuindo igualmente com conhecimento e ferramentas necessários à sua exploração responsável e sustentável. Programas internacionais tais como o CLIVAR (*Climate and Ocean: Variability, Predictability and Change*) e mais recentemente o GO-SHIP (*The Global Ocean Ship-Based Hydrographic Investigations Program*) contribuem de forma significativa para caracterizar e compreender a variabilidade da dinâmica oceânica e ciclos biogeoquímicos à escala anual e decadal, sendo que o GO-SHIP prossegue a análise do transecto A25 do WOCE (*World Ocean Circulation Experiment*) que tem início na margem portuguesa. O desenvolvimento tecnológico permitiu a aquisição massiva de dados, a criação de plataformas de conhecimento necessárias à prospeção e exploração dos recursos, e o desenvolvimento de ferramentas de previsão, essenciais à gestão dos recursos e à mitigação dos riscos inerentes à variabilidade das condições climáticas, meteorológicas e oceanográficas.



Figura 3: Módulo instrumental genérico do EMSO nos Açores (2017-07, Ifremer) (fonte: <http://www.emso-fr.org/EMSO-Azores/Infrastructure-2017-2018>).

Alguns dos desenvolvimentos tecnológicos mais importantes para a observação e monitorização sustentada do oceano foram: (i) os flutuadores Argo e o seu lançamento continuado (atualmente são mais de 3700) para medição de perfis verticais de temperatura e de salinidade até aos 2000 metros (programa da COI *Argo*), à escala do oceano global e que em breve deverão medir também propriedades biogeoquímicas (programa da COI *Biogeochemical-Argo*); (ii) a criação em 2014, por um grupo de nove países europeus (que não inclui Portugal), do Euro-Argo ERIC, uma infraestrutura de investigação europeia que organiza e agrupa a contribuição europeia para o programa IOC Argo; (iii) o lançamento dos quatro satélites MSG (METEOSAT de segunda geração lançados entre 2002 e 2015), que fornecem dados a cada 15 minutos com resolução de 1 km, e dos três Sentinel (lançados entre 2012 e 2016), que transportam sensores com resoluções que podem atingir os 300 m; (iv) o lançamento de sensores para a medição da salinidade, pela primeira vez a partir do espaço, nomeadamente na missão europeia SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) e o sensor americano Aquarius; v) a implementação de uma rede de observatórios do mar profundo (infraestruturas EMSO), quer do solo quer da coluna de água, que medem continuamente parâmetros essenciais e disponibilizam informação em tempo real ou semi-real (Portugal é membro do EMSO, que se constitui igualmente como infraestrutura de investigação europeia ERIC); (vi) o avanço nas tecnologias de genómica, que tem revolucionado a compreensão e exploração da biodiversidade marinha, e permitiu a descoberta de grupos de seres vivos marinhos desconhecidos da ciência e de recursos genéticos marinhos distintos, muitos dos quais nunca foram observados ou cultivados e dos quais apenas se conhece o seu genoma. Nos últimos anos, tem-se assistido a um grande desenvolvimento e operações com vários tipos de robots oceânicos (e.g. *gliders*), que, com o desenvolvimento de novos sensores, têm permitido um aumento de observações do oceano, especialmente nas camadas intermédias e profundas (e.g. deteção de cardumes de peixe em desova). Muitos destes robots já são comercializados e podem fazer missões com duração de 3-7 meses e atingir 1500 m de profundidade. Em Portugal, a aquisição pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), com recurso ao programa *EEA* (Espaço Económico Europeu) *Grants*, de um novo navio oceanográfico (“Mar Portugal”) com capacidade para realizar operações no oceano global, e a sua potencial alargada utilização, constitui uma mais-valia para a comunidade do Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT), complementando os navios de investigação existentes no IPMA e no Instituto Hidrográfico.

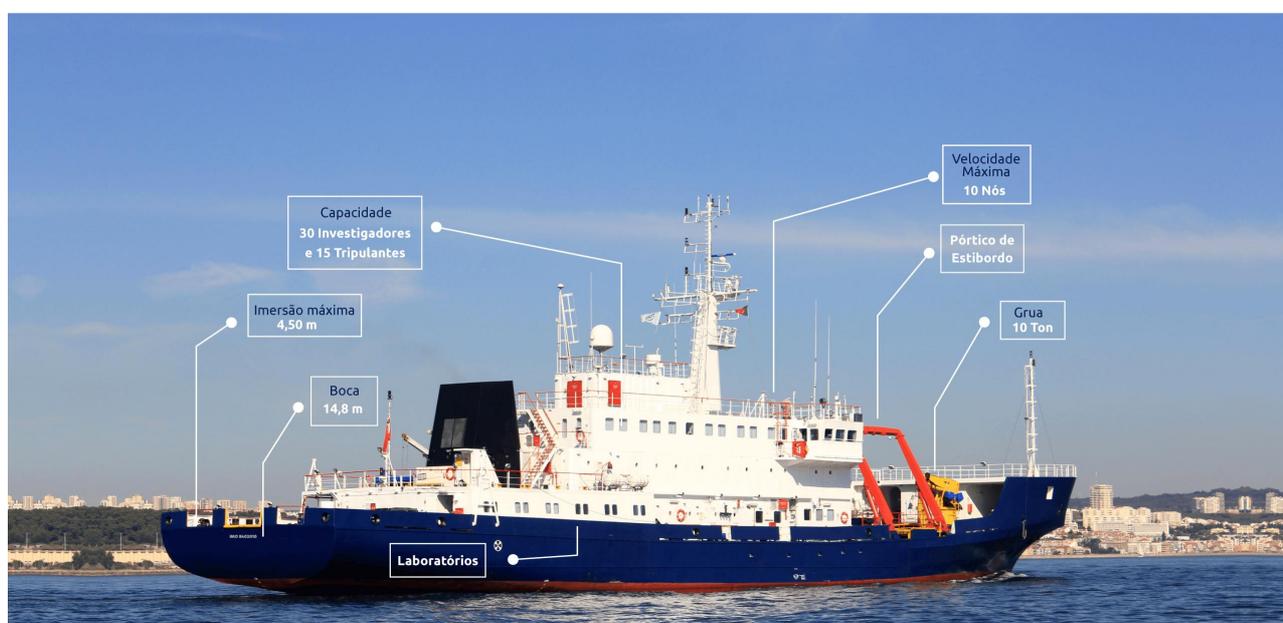


Figura 4: Navio de investigação português Mar Portugal (fonte: <http://marportugal.ipma.pt/navio/>).

A modelação, enquanto ferramenta de apoio à interpretação dos dados biológicos e oceanográficos e à previsão, tem também evoluído significativamente nos últimos 10 anos. Atualmente os modelos operacionais de previsão no oceano são de uso generalizado a diferentes escalas (global, regional e local). Em Portugal são usados sobretudo o modelo americano ROMS (*Regional Ocean Modeling System*) e o modelo português MOHID (*Water Modelling System*).

O desenvolvimento de plataformas de publicação e distribuição de dados acompanha a capacidade de observação e de modelação, estando em curso iniciativas europeias e nacionais para a organização e disponibilização dessa informação, nomeadamente o portal europeu para dados marinhos (EMODnet - *European Marine Observation and Data Network*), o *Copernicus-Marine Environment Monitoring Service*, que fornece produtos e serviços para todas as aplicações marítimas, o EOOS (*European Ocean Observing System*), o OBIS (*Ocean Biogeographic Information System*), que é um dos principais portais para dados biogeográficos e de biodiversidade marinha, e a base de dados PANGAEA (*Data Publisher for Earth & Environmental Science*). Existem ainda plataformas mundiais lançadas em Portugal (e.g. *marineforests.com* ou *BioOracle2*), para aquisição de dados marinhos através da sociedade civil, como também para a disponibilização da informação existente de forma acessível e gratuita para todo o tipo de utilizadores. A nível nacional refira-se o Sistema Nacional de Informação do Mar (SNIMAR).

No que respeita à I&I relacionadas com a exploração de recursos, importa referir que, nos últimos anos, na tradicional indústria do petróleo e do gás em mar aberto têm-se desenvolvido infraestruturas e tecnologias para a exploração do oceano e que podem ser de interesse transversal na economia do mar. Os elevados recursos financeiros envolvidos nesta atividade e a necessidade de mitigação de riscos ambientais permitiram desenvolvimentos tecnológicos que estão atualmente disponíveis para outras atividades no mar. Estes desenvolvimentos são relevantes a nível nacional em setores envolvendo os recursos genéticos dos sedimentos profundos, onde ainda há muito por explorar, e que requerem a combinação de tecnologias avançadas de amostragem sem contaminação e de plataformas de sequenciação genómica em grande escala. Também são relevantes para a aquacultura que, apesar do desenvolvimento exponencial à escala global, em Portugal manteve uma produção idêntica nos últimos 10 anos, pelo que a sua expansão poderá passar pelo mar aberto. No setor das energias as equipas nacionais têm marcado uma posição forte nos últimos anos, com liderança de projetos a nível europeu e com centrais inovadoras, nomeadamente na energia das ondas. De referir que a Europa é o maior investidor no setor das energias renováveis, pretendendo atingir o objetivo de obter 20% de energia eléctrica a partir de fontes renováveis em 2020. A produção sustentável de energia renovável tem de ser baseada em fontes diversificadas e as energias marinhas contribuem para esse objetivo. As energias das ondas e das marés serão parte do sistema, em conjunto com a energia solar e eólica. A exploração em grande escala destas energias exige a localização de instalações em mar aberto, que tem de ser objeto de validação para garantir sistemas fiáveis e economicamente competitivos, nomeadamente através da redução de custos de operação e manutenção.

O conhecimento do mar profundo tem aumentado significativamente na última década, nomeadamente no que diz respeito ao conhecimento da morfologia do fundo, processos geológicos e à sua biologia, biodiversidade e funcionamento dos seus ecossistemas. Destaque-se a posição de liderança nacional no que diz respeito à conservação e abordagem ecossistémica dos recursos do mar profundo, com a compreensão de que a biodiversidade *per se* tem um valor inestimável que condiciona o funcionamento e os serviços dos ecossistemas. Em Portugal, o conhecimento do mar profundo esteve muito ligado à participação de numerosas equipas portuguesas em projetos internacionais dedicados ao conhecimento interdisciplinar dos ecossistemas profundos, tendo um grande impulsionamento com o processo de extensão da plataforma continental para além das 200 milhas marítimas, que exigiu um número considerável de campanhas dedicadas. Hoje assiste-se ao desenvolvimento de novas indústrias assentes no uso da biotecnologia aplicada aos recursos do mar profundo.

A preocupação com o impacto dos riscos naturais e antrópicos ligados ao oceano tem também sido crescente. Estes são sentidos, essencialmente, nas zonas costeiras onde cerca de 35% da população mundial habita e onde ocorrem as principais atividades humanas relacionadas com o mar. As alterações climáticas e a existência de falhas ativas em mar profundo são os mais importantes potenciadores destes riscos. Os principais riscos naturais nas zonas costeiras são a erosão costeira, o deslizamento de encostas e as inundações devido às tempestades oceânicas e os maremotos devido a sismos (Portugal sofreu em 1755 o sismo e *tsunami* mais destrutivos da Europa em tempos históricos). Assim, é natural que nos últimos anos muita I&I tenham sido realizadas para desenvolver e operacionalizar sistemas de monitorização e de alerta. Por exemplo, refira-se um dos sistemas de alerta mais avançados, operado pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (dos Estados Unidos da América (NOAA)), baseado em sismómetros, marégrafos, sensores do nível do mar e de bóias para deteção de maremotos. Portugal é responsável, desde 2017, por um nó do Sistema de Alerta Precoce de Tsunamis do Atlântico Norte e Mediterrâneo (NEAMTWS). Nos últimos anos, tem sido dada maior atenção à avaliação probabilística de risco de maremotos provocados por sismos (SPTHA-*Seismic Probabilistic Tsunami Hazard Assessment*), mas também à avaliação e mitigação de multiriscos. Têm sido também testados vários sistemas de avaliação de riscos de inundação e erosão em vários países, aplicados em Portugal na Ria de Aveiro e nas ilhas barreira da Ria Formosa. A redução da poluição marinha, a qual advém essencialmente das atividades terrestres e inclui, entre outros, os plásticos (macro-, micro- e nanoplásticos) e o aporte de nutrientes e outros poluentes tradicionais e emergentes, é uma das prioridades do ODS 14 (proteger a vida marinha) da Agenda 2030 da ONU. A investigação sobre o lixo no oceano, nomeadamente sobre os micro- e nanoplásticos, tem sido alvo de grande atenção por parte da comunidade científica, em particular no que respeita à sua transferência através da cadeia alimentar e como veículo de transporte de outros contaminantes, com consequências ainda por apurar na saúde humana.

A perceção destes riscos e o apoio da sociedade civil ao desenvolvimento de tecnologias para o conhecimento do oceano e exploração dos seus recursos, que requer grandes investimentos, passa pela “literacia do oceano”, entendida como o conhecimento básico sobre a influência do oceano na vida humana e o impacto das ações antropogénicas sobre o oceano. Progressivamente o conceito foi adotado pelo Estados Unidos da América (EUA), pelo Canadá e pela União Europeia (UE) e surge atualmente em iniciativas estratégicas de relevo, como sejam a Declaração de Belém, ou no âmbito dos compromissos voluntários, nomeadamente através da COI, na Ocean Conference em 2017. Em Portugal, destaca-se o papel da Ciência Viva neste âmbito e o recém-criado programa Escola Azul.

2.2 Estratégias Internacionais de Investigação e Inovação para o Mar

O mar tem vindo a assumir uma importância central na arena internacional, nomeadamente no seio da ONU e em outros grupos como o G7 e o G20. Assente na base que é a Convenção das Nações Unidas para o Direito do Mar (CNUDM), tem sido na segunda década do século XXI que os problemas, desafios e oportunidades do oceano à escala global têm sido alvo de atenção – destaque-se a Agenda 2030 e os seus ODS, nomeadamente o ODS 14 (conservar e usar de forma sustentável o oceano, mares e recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável), o Processo Regular da ONU de Avaliação Global do Estado do Ambiente Marinho, incluindo Aspectos Socioeconómicos, o acordo de implementação da CNUDM, em negociação, sobre Conservação e Utilização Sustentável da Biodiversidade Marinha em Áreas além da Jurisdição Nacional, e a adoção da Década das Nações Unidas da Ciência do Oceano para o Desenvolvimento Sustentável 2021-2030. Os grandes objetivos destes instrumentos incluem conhecer o oceano, e baseado nesse conhecimento, fazer projeção de cenários, monitorizar e efetuar alerta precoce de eventos naturais, assim como usar os recursos do meio marinho de forma sustentável. Para tal, é prioritário observar à escala global, promovendo a troca e utilização de grandes quantidades de dados,

transformando-os em informação que permita responder a necessidades sociais. É necessário desenvolver capacidade de investigação, novas tecnologias, novas abordagens de engenharia, e partilhar e transferir o conhecimento resultante entre parceiros. Os temas chave são o mar profundo, as regiões polares, as alterações climáticas (incluindo a acidificação do oceano), o desenvolvimento de métricas para as observações biológicas, a gestão da pesca, a poluição, nomeadamente por plásticos, e a criação de áreas marinhas protegidas (AMPs).

Ao nível regional, os instrumentos internacionais analisados centraram-se na bacia do Atlântico (Declaração de Galway e Declaração de Belém) e Europa (estratégias do EMB, JPI Oceans, SEAS-ERA, Comissão Europeia). Para além de adotarem os grandes objetivos das estratégias globais, estes instrumentos dão maior atenção às questões sociais - literacia do oceano, governança e envolvimento de *stakeholders*, ordenamento do espaço marítimo, bem-estar humano ligado ao oceano ou herança cultural marítima. No centro das preocupações ambientais no oceano está a questão do impacto dos plásticos, microplásticos e nanoplásticos no mar, que deverá sofrer desenvolvimentos importantes nos próximos anos, no âmbito da Estratégia Europeia para o Plástico numa Economia Circular, lançada em janeiro de 2018.

A análise do contexto internacional foi ainda complementada com a análise de estratégias e outros documentos de 13 países relevantes nas CTM ou quando comparados com Portugal, quer pela sua semelhante dimensão ou semelhante desenvolvimento da área (Noruega, Reino Unido, Irlanda, França, Alemanha, Holanda, Bélgica, Espanha, Itália, Canadá, Brasil, EUA, Singapura).

De entre os objetivos e temas estratégicos que este conjunto de países identifica, destaca-se a importância da investigação fundamental, do conhecimento dos ecossistemas e dos limites de resiliência do meio. A sustentabilidade está naturalmente focada em questões como a necessidade de proteção do meio marinho e costeiro, o uso dos recursos ou as alterações climáticas, nomeadamente no que respeita a alterações do nível do mar ou à acidificação. Países como a Holanda ou a Irlanda particularizam a problemática do ruído subaquático e lixo marinho. A necessidade de uma drástica diminuição do consumo de combustíveis fósseis e uma aposta nas energias renováveis levaram países como a Alemanha, Noruega e Holanda a tomarem medidas para suspender a venda de automóveis de propulsão convencional a curto-prazo.



Figura 5: Sistema experimental de produção de plantas halófitas (ECOMARE, Universidade de Aveiro) onde estas plantas tolerantes ao sal são produzidas sem solo em regime de hidroponia para modulação da sua plasticidade fenotípica. Foto por Marco Custódio (CESAM, Universidade de Aveiro).

No que respeita aos recursos, são destacados os usos tradicionais do meio marinho (pesca e aquacultura), e a necessidade de uma produção alimentar sustentável e segura. O Canadá defende uma aposta clara na aquacultura em mar aberto e a Irlanda destaca o aproveitamento das algas para alimentação. A Holanda refere também este tema numa perspetiva de economia circular, salientando a necessidade de cooperação entre a indústria alimentar, bioenergia e biorefinaria. Os recursos não vivos têm também lugar de destaque, tanto o petróleo e o gás natural, como os recursos minerais e energéticos não convencionais, incluindo os renováveis. Nos últimos anos houve um investimento significativo no setor eólico em mar aberto, com instalação de potência e conexão à rede, em particular pelo Reino Unido e Alemanha, a maioria no Mar do Norte. A potencialidade dos hidratos de metano é referida pela Irlanda. Nota-se de uma forma geral a escassa referência aos recursos genéticos, mas algumas referências à biotecnologia e ao estudo de novos materiais.

Os portos e transportes e a navegação segura são setores marítimos tradicionais de destaque em alguns países, como Itália e Singapura, mas a inovação (novos materiais, automatização e eficiência) está já bastante abordada neste setor. A problemática do desmantelamento das embarcações, tema da *Hong Kong International Convention for the Safe and Environmentally Sound Recycling of Ships*, adotada em 2009 mas que não se encontra ainda em vigor, é apenas referida por França.

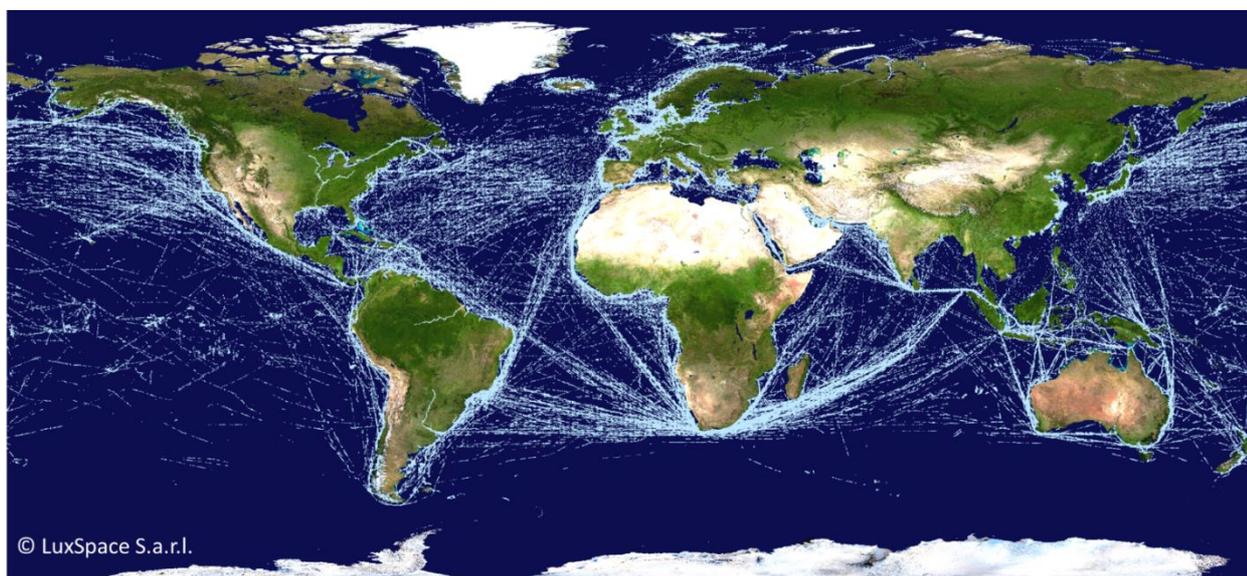


Figura 6: Mapa satélite do tráfego marítimo global (Satellite-AIS-based map of global ship traffic. Released 20/01/2016 9:39 am. Copyright LuxSpace (fonte: https://www.esa.int/spaceinimages/Images/2016/01/Satellite-AIS-based_map_of_global_ship_traffic).

Nas ciências sociais e humanas sobre o meio marinho, destacam-se desde a saúde e bem-estar humano ao turismo náutico, arqueologia subaquática, património e cultura marítima, ou a regulamentação de usos e atividades, até temas emergentes como a habitação na água, referida pela Holanda. A segurança e defesa nacionais, tanto na atividade no terreno como na governação internacional, e a necessidade de diálogo estratégico aberto são também fundamentais mas muitas vezes ausentes de estratégias de I&I, embora referidos por países como o Reino Unido, França, Alemanha e EUA. Em países como os EUA, Canadá ou Reino Unido, tem existido um esforço nacional para a promoção da literacia do oceano com fundos específicos, nomeadamente em projetos de âmbito escolar e de integração do tema oceano nos programas curriculares.

Transversalmente a estas temáticas, surge na maioria dos países analisados questões de I&I ligadas à observação e monitorização (sistemas autónomos, sensores, eletrónica e robótica), gestão de dados, modelação e capacidade de previsão de fenómenos.

Para além de temáticas, há algumas áreas geográficas que são apontadas como de especial interesse para a I&I nas estratégias internacionais, destacando-se o mar profundo, as regiões polares e as regiões costeiras.

No universo dos temas e regiões apresentados, alguns países definem claramente uma prioridade nacional de I&I, e que por vezes pode ser comum a diferentes países. O Ártico, a liderança na governação internacional do oceano, o oceano e a saúde e bem-estar humano (tema ainda incipiente, referido na estratégia canadiana), a gestão compartilhada de recursos ou programas dedicados para uso de tempo de navio (particularmente importante para países confrontados com a escassez de meios, como é o caso nacional), a sensibilização e educação pública são algumas das prioridades elencadas.

As principais barreiras e desafios destacados têm a ver com custos / financiamento e a necessidade de transparência e investimento a longo prazo, falta de recursos e competências (modelação matemática, taxonomia, gestão e liderança), competição internacional crescente e fluxo da informação (questão da *open science*, de transformar os dados em informação útil e de interação entre ciência e políticas). A falta de disponibilidade, em concreto, de navios de investigação, mas também de satélites, centros de observação e outras infraestruturas que permitam a obtenção de dados condiciona fortemente a investigação que é feita nalguns países. No que respeita à infraestruturização em mar aberto, refira-se que as infraestruturas de exploração de petróleo e de gás são as mais conhecidas na exploração do oceano e podem ser de interesse transversal na economia do mar (destaque-se a Noruega no desenvolvimento em águas pouco profundas e o Brasil em águas profundas).

As diretrizes futuras de atuação para promover a ciência e a inovação no oceano centram-se fundamentalmente na capacidade de diálogo entre atores da sociedade, disciplinas, sectores de atividade, e entre nações. Destaca-se a importância da ligação da ciência com a indústria, o decisor político e a sociedade. Daí a importância da gestão do conhecimento, das tecnologias da informação, da comunicação e literacia. A necessidade de colaboração interdisciplinar, intersetorial e internacional, conjuntamente com a partilha de recursos, é vista como fundamental para atingir os objetivos estratégicos nacionais.

2.3 A Investigação e Inovação em Portugal na área do Mar nos últimos 10 anos

Nos últimos 10 anos a análise do panorama da investigação e inovação na área do Mar passou por diferentes fases. No que se refere aos instrumentos de apoio da FCT, passou de uma fase em que era fácil identificar a I&I no Mar, uma vez que nos anos iniciais desta década ainda se está sob a influência do PDCTM, para uma fase em que a área Mar, dada a sua natureza transversal, encontra-se presente em mais do que uma área científica do conjunto de áreas científicas atualmente adotado para informação estatística sobre ciência e tecnologia (do Manual de Frascati da OCDE) por vários países, incluindo Portugal, e aplicada na FCT. Assim, para os instrumentos de apoio da FCT, é necessário adotar uma metodologia de análise de conteúdo com aplicação de palavras chave, para se conseguir isolar, não sem alguma margem de erro, o que de facto constitui investigação e tecnologia na área do Mar nos últimos anos.

Encontra-se em construção um conjunto de indicadores que dará conta de tendências observadas relativamente a instrumentos de financiamento no âmbito da FCT e de programas europeus, **na área do Mar**, nomeadamente em relação a projetos nacionais e europeus, bolsas e emprego científico. No quadro

seguinte apresenta-se alguma informação a este respeito, a qual tem ainda **natureza provisória**:

Quadro - Indicadores relativos a alguns instrumentos apoiados na área do Mar.

Indicador	Valor	Observação
Nº de <u>Bolsas de doutoramento</u> (BD) concedidas pela FCT entre 2007 e 2015	465	A percentagem de bolsas concedidas na área do Mar (face ao total) no conjunto das 2 tipologias (BD e BPD) foi de 4,6%
Nº de <u>Bolsas de doutoramento</u> concedidas pela FCT em anos de candidatura anteriores a 2007, mas com incidência no período 2007 a 2015	247	
Nº de <u>Bolsas de pós-doutoramento</u> (BPD) concedidas pela FCT entre 2007 e 2015	379	
Nº de <u>Bolsas de pós-doutoramento</u> concedidas pela FCT em anos de candidatura anteriores a 2007, mas com incidência entre 2007 e 2015	109	
Nº de <u>Contratos</u> ao abrigo do Programa Investigador FCT entre 2012 e 2015	65	O peso do financiamento concedido para a área do Mar correspondeu a cerca 7,5% do total
Nº de <u>projetos de investigação</u> nacionais financiados pela FCT entre 2007 e 2015	354	O peso do financiamento concedido para a área do Mar correspondeu a cerca de 7,2%
Nº de <u>projetos de investigação</u> nacionais aprovados em anos anteriores a 2007, mas com implicações financeiras no período de 2007 a 2015	221	
Nº de <u>projetos</u> no âmbito dos Fundos Estruturais (<u>QREN</u> e <u>PT2020</u>) financiados entre 2007 e 2016	118	O peso do financiamento concedido para a área do Mar correspondeu a cerca de 0,6%
Nº de <u>projetos europeus</u> com participação portuguesa (<u>7ºPQ</u> e <u>H2020</u>) no período 2007 a 2016	160	O peso do total de financiamento UE concedido a entidades nacionais para a área do Mar foi de 6,8%

Para o **período de 2014-2016**², a Direção Geral de Estatísticas de Educação e Ciência (DGEEC) identificou a **despesa nacional em Investigação e Desenvolvimento (I&D) por área temática** da Estratégia Nacional de Investigação e Inovação para uma Especialização Inteligente (**ENEI**). A designada Economia do Mar é uma das 15 áreas da ENEI.

Os dados obtidos referem-se apenas às unidades/empresas respondentes ao Inquérito ao Potencial Científico e Tecnológico Nacional (IPCTN) aplicado pela DGEEC e que, na questão sobre a distribuição das suas atividades de I&D por prioridade estratégica nacional, conforme definidas na ENEI, declaram uma percentagem superior a zero numa ou em mais das opções referentes à “Economia do mar”, designação abrangente que inclui várias atividades e que está desagregada em: 10.1. Economia do mar - recursos alimentares marinhos (pesca e aquicultura); 10.2. Economia do mar - sistemas naturais e recursos energéticos renováveis; 10.3. Economia do mar - recursos do mar profundo; 10.4. Economia do mar - portos, logística, transportes, construção naval e obras marítimas; 10.5. Economia do mar - cultura,

² Despesa Nacional em I&D por área temática da ENEI (2014-2016), editada em agosto de 2018 pela DGEEC.

turismo, desporto e lazer.

Segundo estes dados, o peso da despesa em I&D na **área do Mar** representou 3% da despesa total nacional em I&D em 2014 e 2015 e 4% em 2016. O **peso desta área no total da despesa nacional em I&D** é idêntico ao que se verifica nas áreas da “Energia”, “Matérias Primas e Materiais”, “Automóvel, Aeronáutica e Espaço”, “Agroalimentar”, “Água e Ambiente” em 2016. A despesa em I&D na área do Mar foi a terceira que mais cresceu (29,3%) entre 2014 e 2016, de entre as quinze áreas prioritárias da ENEI, sendo de notar que a despesa total nacional cresceu 2% no mesmo período - ver figura 7. A variação significativa teve lugar entre 2014 e 2015, sendo pequena no biénio seguinte.

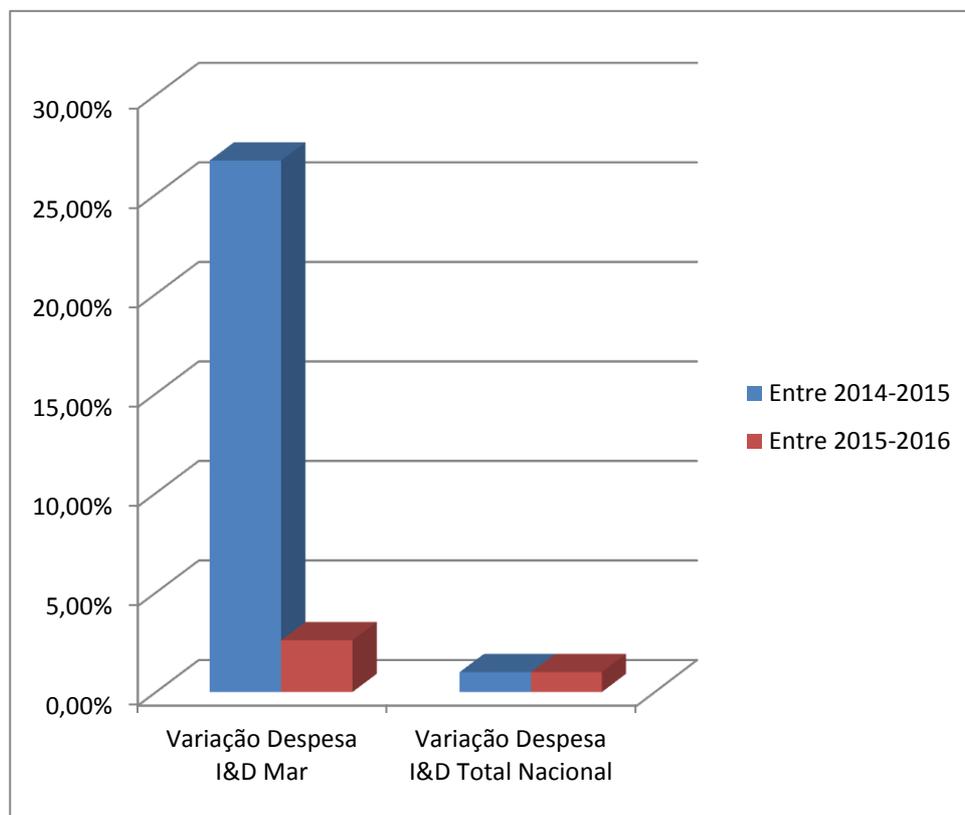


Figura 7: Variação da Despesa em I&D (no tema mar e globalmente).

Conforme se pode constatar na figura 8, entre 2014 e 2016 verificou-se um crescimento do peso da despesa de I&D na área do Mar no setor empresas e uma diminuição no setor Estado, sendo dominante no setor Ensino Superior (66%, em 2016, o que compara com o peso de 45% da despesa nacional em I&D neste setor). No setor Empresas, o peso da despesa em I&D, em 2016, na área do Mar, foi de 17%, o que é muito inferior ao peso total do setor em face ao total nacional (45%).

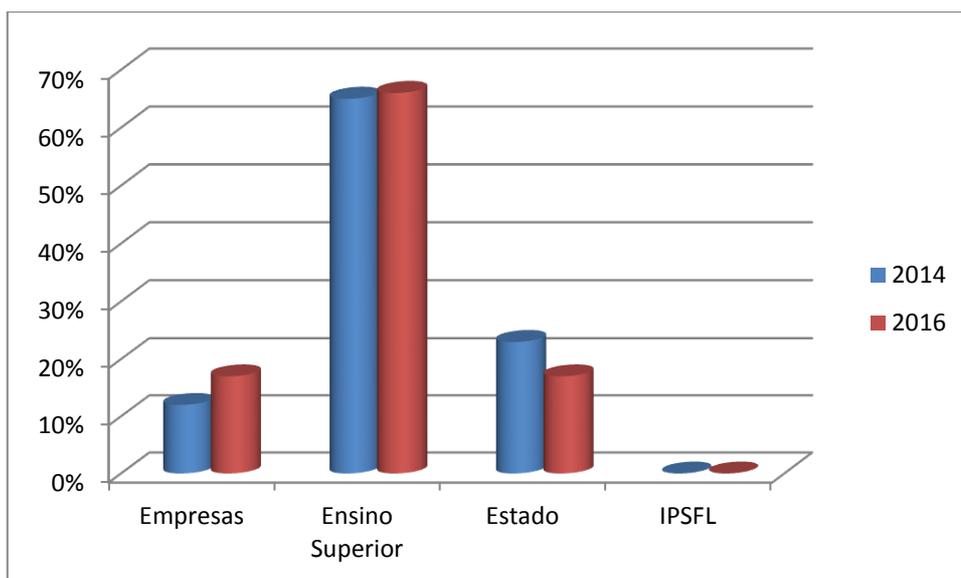


Figura 8: Peso da despesa de I&D na área do mar por setor de execução.

Na figura 9 é patente uma certa “especialização” das regiões dos Açores, Madeira e Algarve em atividades de I&D na área do Mar, pois o peso das despesas em I&D nesse tema, face ao total nacional (no mesmo), é superior ao peso da despesa total em I&D na região, face ao total nacional (para todas as áreas), refletindo, em termos relativos, um esforço mais intensivo dessas regiões em atividades de I&D na área do Mar.

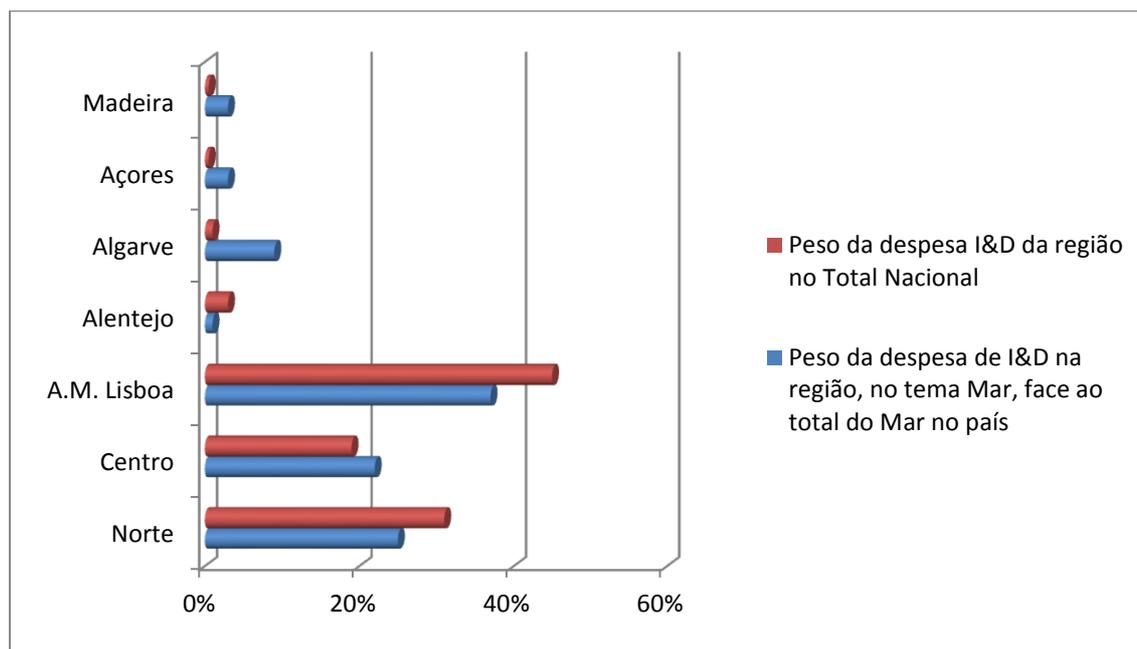


Figura 9: Peso da despesa de I&D por região (no tema mar e globalmente).

No referente a investigadores na área do Mar, em equivalente a tempo inteiro, o número em 2016 era de 1888, envolvendo 2339 indivíduos. Tal significou um crescimento de 37% face a 2014 (como referido acima, a despesa em I&D na área, no mesmo período, cresceu 30%).

2.4 Diagnóstico da área em Portugal

A I&I na área do mar em Portugal têm acompanhado as tendências europeias, através da participação das instituições portuguesas em consórcios para a realização de projetos internacionais e, no caso das empresas, também através da prestação de serviços e desenvolvimento de tecnologia e soluções prontas para o mercado, ocupando Portugal posição de vanguarda em algumas das áreas tecnológicas ligadas ao mar. A alavancagem da inovação em projetos internacionais promove o desenvolvimento tecnológico das equipas, mas não permite a implementação de casos de estudo de grande envergadura, que possam ser usados para demonstrar essa mesma capacidade. Esta dificuldade coloca as instituições portuguesas em desigualdade na competição internacional, obrigando-as a reduzir preços para serem competitivas. A dimensão reduzida das equipas é também um fator inibidor da pesquisa de mercado e uma dificuldade para a criação de produtos integrados, de maior valor acrescentado. Por outro lado, o número ainda incipiente de empresas e *startups* no setor do mar dificulta o desenvolvimento rápido de uma economia do mar mais inovadora em Portugal. Fomentar esta atividade e apoiar a transferência de tecnologia das universidades para o meio empresarial são questões chave para o desenvolvimento de um pilar de inovação e conhecimento no setor do mar, para a criação de empregos na economia do mar, a criação de patentes e soluções comerciais ligadas ao mar. A criação de Laboratórios Colaborativos poderá ser uma solução para as dificuldades de demonstração em projetos-piloto e subsequente exploração comercial da inovação portuguesa. Os Laboratórios Colaborativos agrupam universidades, Laboratórios do Estado, instituições de interface e empresas, que juntam esforços de investigação aplicada para desenvolvimento de soluções para as necessidades identificadas para o curto e o médio prazo.

Portugal deve não só afirmar a sua I&I na sua região marítima de jurisdição e soberania, mas também como um dos principais atores em toda a região Atlântica. Para isso, é necessária uma estratégia nacional que congregue toda a comunidade do SNCT, políticas de financiamento e infraestruturas adequadas para uma presença em mar aberto, atualmente inexistentes.

Refira-se que a implementação da Directiva-Quadro Estratégia Marinha³ (DQEM), que constitui o pilar ambiental da política marítima integrada e determina que, para alcançar o bom estado ambiental do meio marinho até 2020, os Estados-Membros devam elaborar estratégias para as águas marinhas sob soberania ou jurisdição nacional, exige uma elevada capacidade operacional e esforço financeiro. Estima-se que o esforço português para a implementação da DQEM será o mais elevado da União Europeia, sendo cerca de 16 ha/habitante (o valor médio dos estados costeiros da UE é de cerca de 1,3 ha/habitante). Portugal terá por isso que desenvolver estratégias de monitorização, integrando todo o conhecimento e capacidade analítica existente nos centros de I&D e em laboratórios de estado, inovadoras e muito menos dispendiosas do que as de países com pequenas áreas marinhas.

Os Laboratórios do Estado, criados ao abrigo do Regime Jurídico das Instituições de Investigação⁴, são detentores das principais infraestruturas de monitorização *in-situ* (e.g. navios, laboratórios de análises e equipamentos oceanográficos). Os dados recolhidos deverão ser disponibilizados para validação de outras técnicas de monitorização indireta e de interpolação e simulação, recorrendo à deteção remota e à modelação, de forma a incrementar o conhecimento dos processos marinhos de forma eficiente para a elevada extensão do mar português.

A grande extensão e características do mar português deverá ser um elemento potenciador dos avanços do conhecimento científico e do desenvolvimento tecnológico nacional, bem como um motor do crescimento económico. As muitas oportunidades para a exploração dos seus recursos marinhos trarão também grandes

³ Diretiva 2008/56/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de junho, alterada pela Diretiva (UE) 2017/845 da Comissão.

⁴ Decreto-Lei n.º 125/99, de 20 de abril.

desafios para a gestão, conservação e uso sustentável dos seus ecossistemas. Uma das áreas que necessitará de investigação é a avaliação do risco ambiental da exploração dos recursos do mar profundo. O aumento das atividades económicas relacionadas com o mar e os impactos das alterações globais exigem um conhecimento aprofundado destes ecossistemas, nomeadamente da variabilidade e tendências futuras das características essenciais do oceano e dos seus forçamentos atmosféricos. Este conhecimento só será possível com sistemas sustentados de observação e monitorização a longo prazo, de que o país carece neste momento. Isto exigirá um elevado esforço e capacidade operacional da comunidade do SNCT. No entanto, Portugal tem tido um papel importante e inovador em questões de governança do oceano, nomeadamente devido à proposta da extensão da plataforma continental e no ordenamento espacial, incluindo a criação/proposta de AMPs, mas também no setor das energias renováveis marinhas e da biotecnologia marinha. No entanto, é necessário desenvolver as áreas de investigação e/ou inovação relacionadas com os processos de interação entre o oceano, a atmosfera e a litosfera, a genómica funcional de micro-organismos desconhecidos mas previsivelmente com funções essenciais nos vários habitats do oceano, a biogeoquímica/oceanografia química, a aquacultura e a socioeconomia das pescas.

Capítulo 3 – As Políticas Públicas e a investigação e inovação na área do Mar

O panorama recente de políticas públicas que integram o mar nos seus objetivos, ou mesmo como tema central, é interessante a nível nacional, tendo também em conta o panorama de outros países ou a conjuntura internacional (ver secção 2.2). Antes de perceber quais as principais áreas de intervenção para o mar nas políticas públicas nacionais nos últimos dez anos (3.1.) e quais as áreas consideradas críticas e capazes de apontar para linhas de I&I futuras (3.2.), secções elaboradas com base numa consulta da FCT, I.P. dirigida às entidades públicas nacionais com competências em assuntos do mar, no âmbito do processo de elaboração da presente Agenda, há documentos e factos incontornáveis que importa referir.

A primeira ENM (2006) permitiu ao governo de então definir pela primeira vez as linhas estratégicas prioritárias para os “Assuntos do Mar”. A ENM 2006-2016 foi estruturada segundo três pilares estratégicos: o conhecimento na sua vertente de I&I, mas também na da educação e sensibilização da sociedade; o planeamento e o ordenamento do espaço marítimo; e a promoção e defesa ativa dos interesses nacionais. Sem prejuízo dos resultados alcançados, a ausência de um plano de ação impediu o acompanhamento da implementação da estratégia. Procedeu-se assim a uma revisão em 2012, tendo em conta importantes mudanças ocorridas no quadro da UE (e.g. adoção da Estratégia Marítima da União Europeia para a Área do Atlântico, reforma da Política Comum de Pescas, Quadro Estratégico Comum para os Fundos Europeus Estruturais e de Investimento 2014-2020). Na ENM 2013-2020, atualmente em vigor, é assumido o modelo de desenvolvimento do “Crescimento Azul”, entendido numa perspetiva fundamentalmente intersetorial, baseada no conhecimento e na inovação, e promovendo uma maior eficácia no aproveitamento dos recursos, num quadro de exploração sustentada e sustentável. Esta estratégia é acompanhada de um conjunto vasto de medidas definidas no Plano Mar-Portugal (PMP) e de uma matriz de ação estruturada em torno de três eixos (pesquisa, exploração e preservação) que deverão incidir sobre as áreas dos recursos naturais (vivos e não vivos) e das atividades marítimas, entendidas como grandes domínios estratégicos de desenvolvimento.

É de salientar que, na esteira da primeira ENM, surgem em Portugal dois governos em que o Mar se assume como prioridade política, ao ser adotado um Ministério da Agricultura e do Mar no XIX Governo Constitucional (2011-2015) e um Ministério do Mar no XXI Governo Constitucional (2015-2019). Atualmente o mar é inequivocamente apresentado como um dos principais ativos para o futuro desenvolvimento do país. Neste sentido, é proposto um conjunto de medidas detalhadas, a médio e longo prazo, que apostam nas atividades económicas tradicionalmente ligadas ao setor, bem como na procura de novas áreas de desenvolvimento económico baseadas no conhecimento, inovação e conservação do meio marinho.

Ainda em 2014 foi elaborada a ENEI integrando um eixo temático de “Recursos do Mar e Ambiente”, onde são propostos cinco subtemas para a economia do mar com uma série de prioridades estratégicas inteligentes associadas: (1) Recursos alimentares marinhos, (2) Sistemas naturais e recursos energéticos renováveis, (3) Mar profundo, (4) Portos, logística, transporte, construção naval e obras marítimas, e (5) Cultura, turismo, desporto e lazer.

A estratégia intitulada *Ensino Superior, Investigação e Inovação em Portugal – Perspetiva 2030* (2017) contém igualmente diretrizes em termos de investigação, desenvolvimento e infraestruturas no mar, nomeadamente na secção dedicada à iniciativa intergovernamental *Atlantic Interactions* e ao AIR Centre.

3.1. O Mar e as Políticas Públicas nos últimos 10 anos: temas e impactos

Os progressos observados nos últimos dez anos em Portugal não são díspares do progresso que se tem verificado em países com economias mais competitivas e programas científicos mais ambiciosos. Contribuiu para isso o posicionamento geopolítico de Portugal e a sua presença na União Europeia, que oferece um capital de atratividade relevante, permitindo ainda uma participação nas políticas que definem a gestão, conservação e exploração sustentável do oceano. Estar integrado na União Europeia obriga, simultaneamente, à aplicação dessas mesmas políticas, sendo assim um impulsionador do progresso a par das restantes nações europeias.

Nos últimos 10 anos, as estratégias criadas em Portugal tiveram reflexo nalgumas áreas de I&I no mar, no âmbito do conhecimento do oceano e dos seus ecossistemas, da utilização dos recursos marinhos, dos impactos antrópicos e resultantes medidas de gestão do espaço oceânico, bem como na literacia do oceano. De referir que a ENM 2013-2020, para além da clara aposta no conhecimento do oceano nas suas múltiplas vertentes, associa esse conhecimento às novas oportunidades, empreendedorismo, inovação, entre outras. Promover a proximidade entre a ciência e o mundo empresarial é uma área patente em documentos estratégicos recentes – veja-se o caso da *Estratégia para o Aumento da Competitividade da Rede de Portos Comerciais do Continente - Horizonte 2026 (2017)*, nomeadamente no âmbito da rede *Port Tech Clusters*, que terá como objetivo criar nos portos comerciais do continente plataformas de aceleração tecnológica das novas indústrias marítimas. Veja-se ainda a criação da figura de Laboratório Colaborativo (secção 2.4.).

Uma das medidas de política pública implementada foi a CSM, que tem como objetivos medir a importância da economia do mar na economia nacional, assessorando decisões em matéria de coordenação de políticas públicas, e a monitorização da ENM 2013-2020 na componente económica. Outra medida diz respeito à implementação do Fundo Azul para o desenvolvimento da economia do mar. Na vertente da investigação, sublinhe-se a aquisição do navio Mar-Portugal com capacidade para realizar operações no oceano global. A criação de um Gabinete Oceano, atualmente designado Programa Oceano, na FCT, I.P., principal entidade pública a financiar a investigação em Portugal, é também indicativa da aposta nas CTM.

No domínio genericamente relacionado com o conhecimento integrado do oceano, o mapeamento do mar português, o desenvolvimento de modelos oceanográficos de elevada resolução, a monitorização ambiental da zona marítima nacional com recurso a sensores, radares, boias multiparâmetro e marégrafos, a previsão climática e a erosão costeira, foram importantes atividades desenvolvidas por entidades públicas em Portugal, em linha com o que se encontra proposto na ENEI. As atividades de mapeamento do fundo marinho na vertente da robótica submarina para recolha de amostras geológicas e aquisição de dados de batimetria de alta resolução foram desenvolvidas no âmbito do processo de extensão da plataforma continental portuguesa. Também nas áreas de investigação dos ecossistemas marinhos, as entidades estatais ligadas ao mar estiveram focadas no mapeamento de habitats, monitorização e modelação ecológica, e ecologia aplicada à conservação costeira e marinha em áreas específicas, o que vai ao encontro do PMP quando refere o estudo fundamental dos ecossistemas marinhos (processos, funções e diversidade) e a avaliação de perdas ou alterações de biodiversidade, de degradação de habitats e presença e relevância de espécies exóticas ou endémicas. Note-se ainda a este respeito que o mapeamento, monitorização, preservação, proteção, recuperação e valorização dos ecossistemas costeiros e marinhos integram os principais objetivos da Lei de Bases do Ordenamento e Gestão do Espaço Marítimo Nacional (LBOGEM), de 2014.

No que diz respeito ao domínio dos recursos vivos, a ênfase nos últimos 10 anos centrou-se nas áreas da pesca e indústria do pescado e da aquacultura, de resto referidas no PMP, na ENEI (que enquadra

financiamento para o reforço de investigação e desenvolvimento tecnológico e da inovação, com uma prioridade elevada, relativa aos recursos alimentares marinhos), ou em documentos dedicados ao crescimento azul, como por exemplo o *Blue Growth for Portugal* (2012), que sublinha para a pesca a aposta numa abordagem ecossistémica e de conhecimento dos recursos, bem como a promoção das tecnologias de monitorização e avaliação dos mananciais pesqueiros, de forma a tornar a captura sustentável, indo de resto ao encontro do ODS 14 (proteger a vida marinha) da Agenda 2030. Refere ainda a aquacultura como tendo um elevado potencial de crescimento em Portugal. De notar, no entanto, que a área da socioeconomia das pescas tem tido pouca expressão nas instituições públicas dedicadas a este tema.

Na área das energias oceânicas, e em linha com o ODS 7 (Energias renováveis e acessíveis) e ODS 13 (Ação climática), há que salientar a elaboração da *Estratégia Industrial para as Energias Renováveis Oceânicas* (EI-ERO, 2017), que apresenta de forma sistematizada as orientações políticas e estratégicas para o desenvolvimento de um *cluster* industrial e exportador em energias renováveis oceânicas. Este documento expande e dá seguimento às diretrizes do PMP bem como ao Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis contido no eixo da ENEI dedicado à Energia. De facto, nos últimos anos, Portugal tem estado na linha da frente do setor renovável oceânico, nomeadamente no desenvolvimento das tecnologias de conversão da energia das ondas. Em termos institucionais, há que referir a criação legal de uma zona piloto portuguesa para energias renováveis oceânicas, e a criação de um *Port Tech Cluster* dedicado às energias renováveis oceânicas.

No domínio dos portos e transportes, reitere-se, como já referido, a publicação da *Estratégia para o Aumento da Competitividade da Rede de Portos Comerciais do Continente - Horizonte 2026*.

Ao nível da preservação e do ordenamento espacial, assinala-se a transposição de legislação europeia destinada à prevenção, minimização e controlo dos impactos antrópicos nos ecossistemas aquáticos (Diretiva-Quadro da Água (DQA), DQEM, Regulamento REACH (Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Substâncias Químicas)), bem como a implementação de um *Programa de Monitorização de Lixo Marinho* ou a criação de AMPs e o emprego de AUVs (*Autonomous Underwater Vehicle*) para a identificação de potenciais manchas de poluição, medidas que vão ao encontro da visão de Portugal para a implementação do ODS 14. Estes são temas transversais a quase todos os documentos públicos mencionados e que encontram eco na secção dedicada ao mar e litoral da *Estratégia Nacional de Educação Ambiental 2020* (ENEA, 2017). É incontornável, pelo seu pioneirismo internacional, a LBOGEM, em linha com a Diretiva Europeia de Ordenamento do Espaço Marítimo.

Em 2011, a Ciência Viva liderou o lançamento do primeiro programa nacional de literacia do oceano a nível europeu, que envolveu diversas instituições científicas da área das ciências do mar, e que deu origem a uma matriz de disciplinas e temas destinada aos professores dos vários níveis de escolaridade. Também no âmbito do processo de extensão da plataforma continental portuguesa iniciaram-se e continuam a desenvolver-se várias atividades de literacia em colaboração com escolas de todo o país. A promoção da literacia nacional do mar através da ação em contexto escolar e em contexto não formal é justamente um dos objetivos principais da área programática “Educação, Ciência e Tecnologia” contida no PMP, e da criação do programa Escola Azul.

3.2. Desafios para a agenda de investigação e inovação

São conjunturais as medidas de política pública que estão elencadas para o Mar nos próximos anos em Portugal, e que se espera concorram para a implementação dos ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestruturas) e 14 (Proteger a vida marinha). Entre elas, saliente-se a intenção de criar o Observatório

do Atlântico, enquanto centro internacional para o conhecimento e exploração sustentável dos recursos oceânicos, incentivando a cooperação internacional e a I&I entre universidades e o setor empresarial (em Grandes Opções do Plano 2018). Para além disso, existem propostas de medidas sobre reforço da internacionalização da atividade científica e académica no âmbito mais específico das agendas científicas para o Atlântico, reforço da colaboração científica e institucional entre vários setores da sociedade e economia, incluindo o mar, valorizando o conhecimento científico na economia azul, e a promoção da investigação científica e da proteção e monitorização do meio marinho, dinamizando um tecido empresarial de base tecnológica cuja atividade esteja centrada no mar, e consolidando as atividades marítimas tradicionais e as atividades emergentes. É referido ainda, de uma forma geral, o estímulo ao emprego científico e académico. Esta vontade política surge reforçada na estratégia *Ensino Superior, Investigação e Inovação em Portugal – Perspetiva 2030* (MCTES, 2017), especialmente no que se refere à intenção expressa para uma maior capacitação dos recursos humanos no geral, e para a criação de um estatuto mais adequado aos especialistas destinada a combater a precariedade destes recursos. Este documento refere ainda a iniciativa intergovernamental das *Atlantic Interactions* para promover soluções para os desafios sociais do Atlântico e globais, baseadas no conhecimento, e que requerem investigação interdisciplinar e inovação, integrando as ciências do espaço, do clima, do oceano e de dados. Esta iniciativa será implementada pelo *AIR Centre*, cuja sede ficará localizada na Região Autónoma dos Açores.

A ENEI, no eixo temático IV, Recursos do Mar e Ambiente, reforça a necessidade de investimento em infraestruturas relacionadas com portos, logística, transporte, construção naval e obras marítimas e também infraestruturas de suporte a atividades de lazer e cultura ligadas ao mar. A *Estratégia para o Aumento da Competitividade da Rede de Portos Comerciais do Continente - Horizonte 2020* sugere o estabelecimento de uma plataforma logística global geradora de valor.

No que concerne à exploração dos recursos marinhos, vivos e não-vivos, a ENEI enquadra financiamento para o reforço de I&D sobre os recursos alimentares marinhos (pesca, aquacultura, salicultura e segurança alimentar), mar profundo (biotecnologia marinha, mineração, pescas de mar profundo, recursos energéticos não renováveis), e ainda sistemas naturais e recursos energéticos renováveis (vento, ondas, salinidade, marés e biomassa); no âmbito do Portugal 2020, o Programa Operacional Mar 2020 prevê financiamento para a promoção da pesca e aquacultura competitiva, sustentável e eficiente, promove incentivos para a execução da política comum das pescas, e ainda para a transformação e comercialização. Os desafios que se colocam à exploração destes recursos em Portugal estão hoje bem identificados. Relativamente às pescas, com a possibilidade da futura escassez de recursos, o desafio será o de manter a sustentabilidade dos mesmos com base no conhecimento e tecnologia; na aquacultura, a aposta poderá incidir no desenvolvimento de tecnologia em mar aberto e também no uso de espécies adequadas às condições nacionais. Quanto à exploração dos recursos genéticos, o desafio será o mapeamento e caracterização destes recursos, avaliação dos impactos da sua exploração e a produção *ex situ*. Na área das energias e recursos minerais, os desafios consistem igualmente na sua identificação e mapeamento, no desenvolvimento da tecnologia e na avaliação e mitigação dos impactos associados à sua exploração. Em termos energéticos, está a ser analisada a possibilidade de usar, por exemplo, combustíveis alternativos para navios em alguns portos nacionais estratégicos. É fundamental o aumento do conhecimento, tentando colmatar as grandes lacunas existentes, e aplicando, quando necessário, uma abordagem precaucionária, para que não hajam danos irreversíveis ambientais, até que o conhecimento seja gerado.

Quanto aos impactos antropogénicos e medidas de gestão e planeamento, a LBOGEM determina os seguintes objetivos: a promoção da exploração económica sustentável, racional e eficiente dos recursos marinhos; a preservação, proteção e recuperação dos valores naturais e dos ecossistemas costeiros e marinhos; a garantia da segurança jurídica e da transparência dos procedimentos de atribuição dos títulos de utilização privativa; o aproveitamento da informação disponível sobre o espaço marítimo nacional; e a prevenção e minimização de eventuais conflitos entre usos e atividades desenvolvidas no espaço marítimo

nacional. A agenda política nacional apostará a breve trecho na temática do plástico marinho, dados os desenvolvimentos em curso: a recente adoção da primeira Estratégia Europeia para os Plásticos numa Economia Circular (2018), em que uma das três grandes áreas refere-se precisamente aos plásticos e microplásticos no mar; a previsão para breve de uma nova diretiva europeia relativa aos meios portuários de receção de resíduos que visa reduzir o lixo marinho proveniente de embarcações (para além da diretiva que já vigora sobre a receção de resíduos gerados em navios e resíduos da carga de navios em portos⁵); revisão da diretiva europeia sobre embalagens e resíduos de embalagens⁶.

O conhecimento na sua vertente da educação e sensibilização da sociedade é também uma prioridade da ENM que refere especificamente a necessidade de uma “Sensibilização e mobilização da sociedade para a importância do mar nas suas múltiplas vertentes” e a “Promoção do ensino e divulgação nas escolas de atividades ligadas ao mar”. Mais recentemente, a ENEA 2020 (de junho de 2017) define os princípios orientadores para uma estratégia no domínio da educação ambiental para a sustentabilidade onde destaca, entre outros, a necessidade de promoção da literacia oceânica. Ao nível das instituições públicas, também foi destacada a importância da literacia.

⁵ Diretiva 2000/59/CE, transposta para o direito interno pelo Decreto-Lei n.º 165/2003, de 24 de julho.

⁶ Diretiva 94/62/CE, do 20 de Dezembro de 1994, alterada pelo Regulamento (CE) n.º 1882/2003, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de setembro de 2003, pelas Diretivas n.os 2004/12/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de fevereiro de 2004, e 2005/20/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de março de 2005, pelo Regulamento (CE) n.º 219/2009, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de março de 2009, e pela Diretiva n.º 2013/2/UE, da Comissão, de 7 de fevereiro de 2013. Foi transposta para o direito interno pelo Decreto-Lei n.º 366-A/97 de 20 de Dezembro, revogado pelo Decreto-Lei n.º 152-D/2017, de 11 de dezembro.

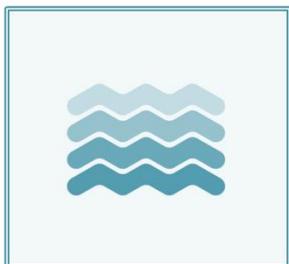
PARTE II

O Mar e as diferentes áreas de Investigação e Inovação

Capítulo 4 – Subtemas e prioridades de investigação

O grande desafio para Portugal nos próximos anos será o estudo integrado multidisciplinar do vasto oceano sob soberania ou jurisdição nacional, tendo em vista o desenvolvimento da economia azul, mas garantindo a preservação da biodiversidade marinha e a conservação dos ecossistemas. A investigação deverá focar prioritariamente o funcionamento do Oceano Atlântico, em particular do oceano aberto e do mar profundo, bem como as interações com o oceano costeiro e o Mar Mediterrâneo, explorando a simbiose entre as dinâmicas sociais e político-jurídicas, as ciências e as tecnologias do mar.

Detalham-se nas secções seguintes os 4 subtemas identificados (**Conhecimento integrado do oceano; Recursos marinhos; Alterações globais, riscos naturais e antrópicos; e Oceano e sociedade**) relativamente aos quais se deverá focar a investigação e a tecnologia no oceano nos próximos anos. No fim apresentam-se os fatores críticos para a implementação das questões-chave identificadas neste capítulo.



4.1 Conhecimento integrado do oceano

O mar português, pela sua extensão, diversidade de ecossistemas e riqueza em recursos naturais, é uma mais-valia nacional com um enorme potencial para fomentar avanços no conhecimento científico e no desenvolvimento tecnológico e promover o crescimento económico com benefícios para toda a sociedade. De facto, o mar e os portugueses estão intimamente ligados e formam um complexo sistema de base social, económica e ecológica com uma longa história de interações e dependências. As opções de exploração de recursos, gestão, monitorização e governança do mar português, num enquadramento de desenvolvimento sustentável, requerem a compreensão de processos naturais complexos e interações com atividades antrópicas que só podem ser atingidas através do conhecimento integrado, inter- e transdisciplinar, do oceano. Este conhecimento científico é suporte crucial para o desenvolvimento e crescimento da economia do mar e permitirá fazer face a desafios societários como a manutenção dos serviços dos ecossistemas, a sustentabilidade da exploração de recursos marinhos e o cumprimento de compromissos internacionais para a conservação da biodiversidade marinha.

4.1.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030

Os principais desafios que a comunidade científica nacional enfrentará nos próximos anos, no que diz respeito ao conhecimento integrado do oceano, têm que ser necessariamente perspetivados no posicionamento Atlântico do país e no domínio espacial da plataforma continental para além das 200 milhas marítimas, podendo ser definidos nas seguintes áreas:

- **Investigação oceânica:** (a) Conhecer e prever a variabilidade ambiental do Atlântico, da sua interação com a atmosfera e a sua relevância no clima, tanto no presente como no passado; (b) Desenvolver e aprofundar os vários domínios da investigação oceânica, do oceano aberto à margem Ibérica, tendo em atenção as singularidades do vasto oceano português (por exemplo, relevância ecológica, recursos e riscos).
- **Biodiversidade, funcionamento e proteção dos ecossistemas:** Conhecer a biodiversidade e o funcionamento dos ecossistemas, com o objetivo de determinar estados de referência, compreender a capacidade de resiliência dos ecossistemas face a pressões naturais e antrópicas e antecipar e mitigar os impactos ambientais.
- **Mar profundo:** Conhecer o mar profundo português, com os seus habitats sensíveis e de características únicas (e.g. ambientes extremos, ergoclinas e focos de produtividade, endemismos e *hotspots* de biodiversidade única, funções e diversidade das comunidades microbianas, vulnerabilidade das comunidades biológicas).
- **Tecnologia:** (a) Desenvolver tecnologias de observação, monitorização e operação que permitam um acesso ao mar, especialmente ao mar profundo, mais persistente, com maior frequência, de forma mais eficiente e com custos mais reduzidos; (b) Desenvolver tecnologias para melhorar a execução de operações marítimas em mar agitado, por forma a aumentar as janelas de tempo operacional no mar; (c) Integrar os desenvolvimentos tecnológicos com os programas e objetivos nacionais de investigação; (d) Investigar o potencial da utilização de dados de reflexão sísmica multicanal para a caracterização quantitativa e qualitativa dos diferentes processos oceanográficos à submesoescala.
- **Observação e modelação:** (a) Continuar a integrar ativamente redes europeias e internacionais de observação continuada do oceano e recorrendo a meios robotizados, podendo integrar assim a informação adquirida em modelos para previsão e criação de produtos acessíveis à comunidade científica e público em geral; (b) Promover a utilização de navios de transporte e de pesca como bases de observação e monitorização de parâmetros meteorológicos e oceanográficos; (c) Desenvolver e manter redes de observação tradicionais e modelos regionais/locais nas zonas costeiras.

4.1.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos

Portugal tem tido um papel relevante em algumas áreas da investigação no oceano, nomeadamente no estudo das variações da circulação oceânica e interação oceano/atmosfera no passado (Paleoceanografia) a nível global, e em particular, para o Oceano Atlântico, fundamental para enquadrar devidamente os processos de variação climática “rápida” (de curta escala temporal) nos processos naturais de longa escala temporal. Salienta-se ainda o progresso na modelação do funcionamento do sistema da margem Ibérica, no que diz respeito, em particular, aos processos de propagação de água mediterrânica no Atlântico e ao conhecimento destes processos no passado, nomeadamente em períodos de variações climáticas abruptas e em condições de clima extremo, fundamentais para a compreensão das mudanças globais. Outro importante resultado é o conhecimento das consequências do clima passado para a elevada riqueza genética marinha que Portugal alberga, como importante refúgio de extremos climáticos no Atlântico Norte, permitindo a persistência de recursos genéticos únicos e ancestrais.

De salientar o incremento no conhecimento interdisciplinar da formação, estrutura e evolução da crosta oceânica e das margens continentais, incluindo a investigação de sistemas hidrotermais, montanhas submarinas, exsudações frias e falhas ativas, recorrendo a investigação oceânica com meios convencionais

e novas tecnologias para observação e exploração dos fundos marinhos e da crosta oceânica (técnicas geofísicas de alta resolução, veículos robóticos marinhos atuando isolados ou em rede, nos quais se incluem ROVs (*Remotely Operated Vehicle*), AUVs, ASVs (*Autonomous Surface Vehicle*) e *Gliders*), bem como a ativa participação nacional em programas internacionais como o IODP.

Estudos integrados multidisciplinares, particularmente no âmbito de projetos colaborativos internacionais, realizados nas áreas hidrotermais dos Açores, nas montanhas e canhões submarinos, em áreas de vulcanismo de lama na margem sul portuguesa e em ecossistemas vulneráveis (caracterizados pela presença de corais e esponjas), revelaram a existência em Portugal de ecossistemas profundos com uma biodiversidade única. No que respeita à biosfera profunda, foi possível começar a compreender melhor o papel das comunidades microbianas na geração de metano e no sequestro de carbono. Os resultados publicados mostram uma preocupação crescente com aspetos relacionados com impactos antropogénicos nos ecossistemas profundos com particular ênfase nos efeitos do lixo marinho e das atividades de pesca.

Portugal possui uma massa crítica de investigadores e instituições que, através da sua participação em projetos nacionais e internacionais, têm contribuído proativamente para o estabelecimento de regulamentação internacional na área de proteção e monitorização do ambiente marinho, assim como para o estabelecimento de grupos de excelência em robótica multi-domínio e em sistemas de comunicação e de mapeamento ótico e acústico. São exemplo o desenvolvimento e a operação de: i) veículos robóticos de superfície e submarinos; ii) sistemas inovadores para sísmica de reflexão utilizando grupos de robôs autónomos; iii) redes de veículos aéreos e marinhos; iv) sistemas acústicos e redes de comunicações acústicas; e v) *software* de planeamento e controlo de execução para sistemas de veículos heterogéneos. Os investigadores envolvidos têm exercido a sua atividade em parceria com empresas de engenharia naval, entidades certificadoras de equipamentos marinhos, instituições portuárias, e instituições científicas. Este trabalho tem permitido reforçar alianças entre a ciência e a tecnologia e potencia aplicações práticas de grande importância em vários domínios que incluem as ciências do mar e a arqueologia marinha, com significativo impacto nas componentes comercial, educacional e social. A maturidade de algumas das soluções desenvolvidas permitiu a comercialização de alguns tipos de veículos e sistemas, contribuindo assim para a criação de pequenas empresas com nichos de mercado específicos.

4.1.3 As questões-chave para uma agenda de investigação

Tendo em conta os desafios e objetivos elencados na secção 4.1.1, indicam-se em baixo um conjunto de ações-chave relevantes para os implementar.

Investigação oceânica:

- Compreender a circulação oceânica, nomeadamente a variabilidade interanual/decenal do Atlântico, a circulação oceânica e os respetivos processos de mesoescala/escala fina, a circulação de fundo e fluxos associados, atendendo à reserva de calor e ao ciclo de carbono; e desenvolver sistemas de simulação e previsão da margem Ibérica Atlântica integrando a circulação e processos biogeoquímicos e seus impactos nos ecossistemas.
- Aumentar o conhecimento relativo à interação oceano-atmosfera e estudar os processos de interação com a atmosfera, ondas internas e turbulência de pequena escala, com impacto nos ecossistemas e ambientes costeiros.
- Compreender o funcionamento dos processos geológicos na região atlântica e as suas interações com a biosfera, hidrosfera e atmosfera, salientando-se: (1) os processos dinâmicos da crosta oceânica e manto e ecossistemas associados (e.g. fontes hidrotermais); (2) os processos de geração e ciclicidade de sismos e *tsunamis*; (3) vulcanismo de lama e ecossistemas associados a exsudações frias; (4) o conhecimento do passado para melhor prever a evolução do clima, mas também o estudo das variações paleoceanográficas para separação dos sinais naturais das contribuições antrópicas.

Biodiversidade, funcionamento e proteção dos ecossistemas:

- Melhorar o conhecimento da biodiversidade em vários níveis organizacionais e diferentes grupos da árvore da vida no oceano, através de taxonomia integrada, métodos moleculares inovadores para o conhecimento dos recursos genéticos marinhos e integração de metodologias de observação e conhecimento do ciclo de vida.
- Integrar a informação existente, indisponível e desintegrada, e sua disponibilização pública e utilização na modelação para o mapeamento de habitats e comunidades associadas (e.g. *habitat suitability*, biodiversidade funcional e serviços ecossistémicos).
- Melhorar a compreensão do funcionamento dos ecossistemas nomeadamente no que diz respeito a interações tróficas e resiliência, e aos processos de larga escala como o acoplamento bento-pelágico e a conectividade, a nível físico, químico e biológico (e.g. peixes migradores diádromos), entre diferentes sistemas (bacias hidrográficas, sistemas salobros, zona costeira e mar aberto e profundo), que requerem abordagens integradas multidisciplinares e de modelação (e.g. modelos biofísicos).

Mar profundo:

- Definir indicadores específicos para o mar profundo, o mais abrangentes de todos os componentes destes sistemas e o mais quantitativos possível, do seu bom estado ambiental, para fazer face à pressão crescente para a exploração de recursos de profundidade.
- Determinar a vulnerabilidade do mar profundo, a sua capacidade de adaptação e mitigação de alterações globais, tendo em conta o facto de ser destino de fluxos de matéria orgânica, nutrientes e contaminantes e de ser um *hotspot* de recursos genéticos desconhecidos, especialmente a nível dos micro-organismos dos sedimentos profundos.
- Estabelecer um programa abrangente de investigação multidisciplinar dedicado ao mar profundo, que seja também estruturante em termos da criação de massa crítica em CTM e integração de equipas nacionais em torno de objetivos estratégicos, com forte colaboração internacional.

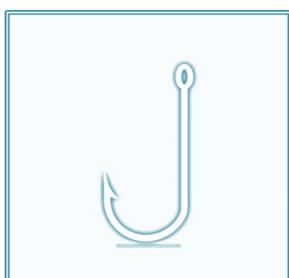
Tecnologia:

- Desenvolver investigação interdisciplinar, nos domínios da engenharia e da robótica oceânicas, sobre: i) sistemas para planeamento de trajetórias, controlo, e navegação de veículos robóticos em rede, atuando em cooperação, ii) *software* de planeamento e controlo de execução com possibilidade de iniciativa mista para sistemas de veículos submarinos, de superfície, aéreos e, ainda, espaciais, tripulados e não tripulados, iii) sistemas avançados de comunicações híbridas acústicas e óticas, iv) sistemas de navegação para operações de longo curso, incluindo navegação geofísica, v) veículos robóticos para mapeamento de habitats marinhos em 3D em vastas áreas do mar profundo, vi) novos tipos de observatórios de grande profundidade, vii) sistemas de energia e propulsão que possibilitem uma presença persistente, de longa duração, no oceano, viii) sistemas para inspeção de infraestruturas críticas, ix) sistemas acústicos para deteção remota de variáveis ambientais, x) sistemas computacionais e métodos para processamento de quantidades massivas de dados, xi) ambientes virtuais para a simulação, planeamento e operação de sistemas de monitorização e exploração oceânica (*Digital Twins*).
- Desenvolver tecnologias específicas para a investigação da biologia e ecologia a elevada profundidade, com especial destaque para as tecnologias -ómicas (genómica, transcriptómica, proteómica, metabolómica) usando ADN (ácido desoxirribonucleico) ambiental, e desenvolver capacidade de armazenamento, processamento e análise de dados de bioinformática em larga escala associados a metagenomas e metatranscriptomas de organismos marinhos de grandes profundidades, a grande maioria dos quais é ainda desconhecida e só pode ser estudada com recurso a estas tecnologias.

- Desenvolver sistemas tecnológicos para o estudo e exploração de recursos não vivos, incluindo plataformas submarinas autónomas equipadas com sensores para mapeamento de habitats marinhos e do subsolo marinho, bem como para avaliação do impacto no ambiente causado pelas possíveis atividades de exploração.
- Desenvolver novos sistemas autónomos para observação do meio marinho, ditos de intervenção, capazes de interagir fisicamente com o ambiente, e sistemas para deteção, seguimento e amostragem de elementos físicos, químicos e biológicos do oceano, com amostragem adaptativa espacial e temporal (*adaptive sampling*).
- Desenvolver a utilização de dados de reflexão sísmica multicanal existentes e a adquirir para o estudo dos processos oceanográficos.

Observação e modelação:

- Desenvolver um sistema de observação baseado em flutuadores Argo (participação nacional no Euro-Argo).
- Detetar remotamente com satélites espécies de microalgas, nomeadamente nocivas, e lixo marinho.
- Desenvolver sistemas automáticos de detecção de organismos marinhos tóxicos ou invasores com base em testes de ADN ambiental.
- Integrar informação derivada da nova geração de sensores e satélites, muitos em missões previstas a curto prazo, na investigação de processos de escalas mais curtas (submesoscala), que ainda se encontram sub-amostrados.
- Desenvolver algoritmos mais adequados à região do mar português, nomeadamente da cor do oceano, mas também temperatura, salinidade, rugosidade e topografia.
- Desenvolver modelos extremo-a-extremo (*end-to-end*).
- Desenvolver sistemas de monitorização de parâmetros meteorológicos e oceanográficos para instalação a bordo de navios, em terra (e.g. radares HF) e em bóias oceanográficas.



4.2 Recursos marinhos

A vasta extensão do território marítimo português encerra um elevado potencial de utilização de recursos marinhos, sendo necessário estimular o desenvolvimento e crescimento alargado de vários setores económicos. Importa ressaltar que a exploração de recursos marinhos tem de ser conduzida num contexto de sustentabilidade e responsabilidade social face aos impactos que pode inevitavelmente gerar e ser suportada por um conhecimento científico robusto e abrangente, assegurando simultaneamente a mitigação dos impactos negativos nos ecossistemas e a preservação da sua biodiversidade e resiliência.

4.2.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030

Os principais desafios de Portugal no que diz respeito aos recursos marinhos, em consonância com o desenvolvimento sustentável, são:

- **Pescas:** (a) Desenvolver conhecimento que permita determinar a sustentabilidade da exploração das espécies-alvo (assegurar elevada produção de recursos e ao mesmo tempo minimizar o impacto da pesca nos ecossistemas marinhos) e adaptar a frota nacional, que é essencialmente artesanal e costeira, em consonância; (b) Melhorar os métodos de avaliação do estado de exploração dos mananciais e, em especial, desenvolver ferramentas para ensaiar e testar regras de exploração face a objetivos de conservação sustentável dos recursos, devendo ter-se em consideração as interações tecnológicas e biológicas e o desenvolvimento de modelos extremo-a-extremo (*end-to-end*), que também incluam a componente socioeconómica.
- **Aquacultura:** (a) Apostar na diferenciação (pela qualidade ambiental e usando espécies adequadas à costa portuguesa) e no aumento da produção, de forma a combater o desequilíbrio comercial resultante da importação de 2/3 do pescado que se consome em Portugal; (b) Apostar no desenvolvimento tecnológico de estruturas que permitam a aquacultura em mar aberto, recorrendo a sistemas parcialmente automatizados, atendendo à particularidade da margem portuguesa; (c) Desenvolver sistemas mais eficientes em termos de conversão de biomassa e sistemas ambientalmente sustentáveis, integrando a reutilização de nutrientes e emissões de carbono em sistemas integrados.
- **Recursos genéticos e compostos bioativos:** (a) Apostar no conhecimento da diversidade de organismos marinhos (em particular onde as maiores descobertas fundamentais de biodiversidade marinha têm sido realizadas - os organismos simbiotes e os micro-organismos do subsolo marinho (a chamada biosfera profunda)), e dos processos bioquímicos nos ecossistemas marinhos (em particular nos ecossistemas batiais e abissais), de que resulta uma vasta diversidade genética; (b) Estabelecer metodologias de produção sustentável dos compostos bioativos encontrados nos recursos genéticos; (c) Desenvolver produtos e aplicações comerciais para os referidos compostos bioativos.
- **Energias renováveis:** Apostar no aproveitamento das energias renováveis oceânicas (eólica em mar aberto e das ondas). Dadas as características físicas da plataforma continental portuguesa, o aproveitamento da energia eólica em mar aberto implica em geral a colocação de turbinas eólicas mais ou menos convencionais (normalmente de potências superiores às utilizadas em terra) em plataformas flutuantes, com os consequentes desafios associados ao desgaste mecânico provocado pelas ondas, ao fundeamento das estruturas, ao transporte da energia para terra e às necessárias operações de manutenção. O aproveitamento da energia das ondas caracteriza-se por uma variedade de tecnologias em competição, dependendo de vários fatores (localização e profundidade, mas não só), com uma larga margem de desenvolvimento.
- **Recursos minerais e energéticos:** (a) Identificar, caracterizar e modelar espacialmente o potencial de Portugal em recursos minerais e energéticos marinhos, com avaliação de áreas críticas e de reservas, incluindo os ecossistemas associados; (b) Desenvolver tecnologia inovadora para a prospeção e exploração dos recursos minerais e energéticos marinhos, com minimização dos impactos associados, assim como tecnologia para a sua monitorização em tempo real; (c) Avaliar a capacidade de sequestração de dióxido de carbono do fundo do mar português em termos de utilidade prática.

4.2.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos

No que respeita à pesca, tem-se assistido a uma progressiva alteração do paradigma de uma avaliação mono-específica dos mananciais para uma abordagem ecossistémica. Têm sido reconhecidas algumas das pressões que afetam o ambiente marinho, do qual o setor da pesca depende, entre as quais as alterações climáticas e seu impacto no afloramento costeiro, fenómeno que permite a existência das grandes populações de sardinha. No entanto, esta informação ainda não é incluída na avaliação dos mananciais e na sua gestão. O conhecimento dos recursos de profundidade e da biologia das suas espécies tem tido um grande incremento. Apesar da importância social da pesca a nível regional e local ser superior à sua expressão económica, a socioeconomia das pescas é uma área científica relativamente pouco desenvolvida em Portugal. O estado de conservação de alguns mananciais de peixes encontra-se abaixo dos referenciais biológicos de sustentabilidade e a importância económica das pescas é cada vez menor, levando a um recuo da dimensão social e aposta económica no setor. Na aquacultura verificou-se um aumento da dimensão média em cerca de 4,0%, que se deveu à autorização de novos estabelecimentos aquícolas em mar aberto, que apresentam áreas de ocupação muito alargadas.

O número de compostos marinhos bioativos conhecidos tem aumentado exponencialmente nos últimos anos. Nesta área, o desenvolvimento do conhecimento e da investigação científica e tecnológica que o país conseguiu alcançar nas últimas décadas permitiu-lhe entrar na corrida à revolução biotecnológica, garantindo uma posição atual mais favorável neste setor. Portugal goza hoje do reconhecimento europeu como um líder em recursos para aplicações de biotecnologia marinha, beneficiando da existência de inúmeros ecossistemas marinhos considerados focos (*hotspots*) de biodiversidade à escala mundial. Nos últimos 3-5 anos o setor aumentou, em parte pelo enorme estímulo europeu, mas mais recentemente também pela aposta política nacional e um estímulo grande ao empreendedorismo em geral. Novas empresas, novas aplicações e mercados, diversificação de negócio em empresas mais tradicionais e uma maior aproximação da componente académica ao mercado e à indústria têm contribuído bastante para este crescimento, embora o tecido empresarial esteja ainda numa fase de lançamento. Muito há ainda a fazer para estimular o desenvolvimento, crescimento e verdadeira implementação na sociedade e mercado global dos resultados científicos do país neste setor.

Quanto às energias renováveis, Portugal é um dos países pioneiros no desenvolvimento das tecnologias de conversão da energia das ondas e com frequente participação em projetos europeus. Nos últimos 10 anos, esta atividade incidiu principalmente na tecnologia de coluna de água oscilante com turbina de ar, a que tem conhecido maior expansão a nível internacional e a que foi utilizada na pioneira central do Pico, nos Açores, ainda em operação em 2018. No que concerne à produção de energia das ondas, nos últimos anos, a atividade nacional centrou-se no desenvolvimento de sistemas flutuantes para colocação em águas de profundidade até cerca de 80 metros, e no desenvolvimento de novos tipos de turbinas de ar e seu controlo, para instalação em variados tipos de conversores de coluna de água oscilante (desde integrados em quebra-mar até flutuantes). Quanto à energia eólica em mar aberto, a atividade é mais recente e tem-se focado na caracterização do recurso, no acompanhamento da tecnologia e no apoio à instalação e monitorização de um protótipo em Portugal. Têm sido efetuados estudos sobre a ação das ondas em estruturas flutuantes, amarrações e ligações elétricas submarinas, que têm aplicação nos dois sistemas de energias marinhas.

Nos últimos dez anos melhorou significativamente o conhecimento dos processos de formação e ocorrência dos recursos minerais e energéticos suboceânicos, incluindo na área sob jurisdição nacional, onde já foram descobertas ocorrências de várias matérias-primas (sulfuretos maciços ricos em cobre, nódulos polimetálicos, crostas ferromanganesíferas ricas em cobalto e terras raras, entre outros). A prospeção petrolífera atingiu já profundidades superiores a 3000 metros e foi recentemente desenvolvida tecnologia de elevada resolução para prospeção de vários tipos de recursos minerais. No que respeita aos

jazigos de sulfuretos maciços dos fundos marinhos, a investigação realizada em Portugal tem dado os seus frutos, que urge transformar em conhecimento com aplicação industrial. Os fundos marinhos incluem ainda ocorrências de hidrocarbonetos não-convencionais como hidratos de metano, também encontrados na margem sul portuguesa, mas cuja investigação é ainda muito preliminar.

4.2.3 As questões-chave para uma agenda de investigação

Tendo em conta os desafios e objetivos elencados na secção 4.2.1, indicam-se em baixo um conjunto de ações-chave relevantes para os implementar.

Pescas:

- Desenvolver modelos extremo-a-extremo (*end-to-end*), que incluam também a dimensão humana (o Homem como predador de topo e os fatores socioeconómicos) e sirvam de ferramentas importantes na gestão pesqueira.
- Desenvolver novas tecnologias de pesca e de valorização dos subprodutos da pesca (e.g. espécies acessórias, rejeições e derivados do processamento), que minimizem os impactos (físicos e biológicos) das artes de pesca nos habitats e ecossistemas e que garantam a conservação e a sustentabilidade dos recursos explorados, em particular ao nível do Rendimento Máximo Sustentável.
- Desenvolver estudos sobre a pesca recreativa, do ponto de vista ambiental e socioeconómico, em antecipação da próxima Política Comum de Pescas, que irá passar a abranger também esta prática.
- Perceber quais os mecanismos biofísicos que regem a produtividade dos pequenos peixes pelágicos (como por exemplo a sardinha) e como as alterações climáticas os podem alterar.
- Desenvolver sistemas de observação a bordo de embarcações de pesca, para obtenção de dados biológicos e do ambiente que permitam a construção de séries temporais longas, o mapeamento da distribuição espacial dos recursos biológicos e a sua evolução no tempo, a estimação da abundância dos recursos e a monitorização espaço-temporal da atividade pesqueira, em particular das diferentes frotas de pesca.

Aquacultura:

- Desenvolver uma aquacultura de precisão através da aplicação de tecnologias que visem o aumento e a eficiência da produção aquícola.
- Desenvolver Sistemas de Recirculação em Aquacultura, mar aberto e multi-tróficos, sempre que possível de forma integrada.
- Desenvolver dietas sustentáveis que promovam o crescimento e a robustez dos animais, garantindo o aporte de ácidos gordos ómega-3 recomendados para consumo humano.
- Controlar e reduzir agentes patogénicos.
- Avaliar e mitigar impactos da exploração.
- Aplicar modelos preditivos que permitam facilitar a tomada de decisão e gestão das aquaculturas.

- Desenvolver infraestruturas que possibilitem a aquacultura em mar aberto, incluindo sistemas robóticos para inspeção automática das instalações e sistemas de geração de energia a nível local.

Recursos genéticos e compostos bioativos:

- Detetar focos de recursos genéticos, diversos e diferenciados, nos diferentes habitats marinhos, mapeá-los e caracterizá-los.
- Avaliar os impactos da exploração de recursos genéticos, cartografando-os para conhecer o estado de referência, evitando a sua exploração direta, desenvolvendo cultivo, síntese química e biotecnologia para a domesticação de genes marinhos.
- Produzir os compostos bioativos *ex situ* em fotobiorreatores dedicados (ou outros sistemas adequados) e com diferentes escalas industriais.
- Facilitar a catalogação e acesso às coleções de culturas existentes nacionalmente.
- Fomentar a exploração de bioatividades relevantes para o mercado e desenvolvimento de *proof of concept*.
- Clarificar protocolos de acesso a estes recursos no âmbito do Protocolo de Nagoya e a partilha justa e equitativa dos benefícios que advêm da sua utilização.
- Desenvolver tecnologias melhoradas de separação de metabolitos.

Energias renováveis:

- Desenvolver novos conceitos para dispositivos de energia das ondas e sua integração em agregados ou parques, o seu controlo e os seus equipamentos específicos.
- Desenvolver estruturas flutuantes autónomas para instalação em mar aberto, com abastecimento energético a partir das ondas, para aquacultura e/ou outras aplicações marinhas.
- Desenvolver novos conceitos de plataformas flutuantes para turbinas eólicas em mar aberto, incluindo sistemas integrados de aproveitamento da energia eólica e das ondas.
- Reduzir o custo das operações de monitorização, operação e manutenção.

Recursos minerais e energéticos:

- Desenvolver novos métodos de deteção, mapeamento/caracterização e avaliação da possibilidade de exploração de ocorrências minerais nos fundos marinhos.
- Avaliar e propor medidas de monitorização e mitigação dos impactos da exploração nos fundos marinhos, incluindo medidas regulamentares e legislativas.
- Desenvolver equipamentos para a exploração e para a monitorização em tempo real das operações de exploração.
- Investigar as hipóteses de génese abiogénica de hidrocarbonetos e das suas consequências em termos de prospeção e exploração e compreender a génese de jazigos de sulfuretos maciços.

- Compreender o sequestro de dióxido de carbono e outros gases com efeito de estufa.
- Desenvolver tecnologia para deteção, quantificação e extração de concentrações de hidratos de gás.
- Identificar e estimar o impacto da exploração destes recursos na capacidade de provisão de bens e serviços dos ecossistemas.



4.3 Alterações globais, riscos naturais e antrópicos

O aumento das atividades económicas relacionadas com o mar, a grande pressão populacional na orla costeira e os impactos das alterações globais exigem um conhecimento mais aprofundado destes ecossistemas, nomeadamente da variabilidade e tendências futuras das características essenciais do oceano (e.g. temperatura, pH e oxigénio) e dos seus forçamentos atmosféricos (e.g. vento), e que terão repercussões diretas na produtividade do oceano. Para além do conhecimento da função do oceano no clima e da mitigação dos impactos das alterações globais, é essencial também estudar as respostas comportamentais, ecológicas e fisiológicas dos organismos às variações globais e os fatores que limitam a sua resiliência e distribuição. Paralelamente deverão ser estudados as implicações ao nível da produtividade e dos serviços dos ecossistemas e, conseqüentemente, sobre o bem-estar das populações costeiras e sociedade, em geral. Será prioritário estudar os efeitos de múltiplos stressores.

4.3.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030

O oceano global é um dos componentes principais do sistema climático da Terra em que se tem observado uma tendência de aumento da temperatura durante a segunda metade do séc. XX, sendo o Oceano Atlântico o que mais tem contribuído para esse aquecimento. Associada à variação de temperatura, verifica-se uma série de alterações que importa estudar. A localização de Portugal na fronteira leste do Oceano Atlântico e a sua soberania ou jurisdição sobre uma grande parte do Atlântico Norte, faz com que tenha as condições ideais para o estudo, observação e monitorização da sua variabilidade. Assim, é possível identificar alguns dos desafios que se vão colocar nos próximos anos à comunidade científica nacional, no que diz respeito às alterações globais, riscos naturais e antrópicos:

- **Aquecimento e acidificação do oceano:** Conhecer a variabilidade, tendências futuras e variações no passado, particularmente em períodos de transição para e durante climas quentes, das características essenciais do oceano, tais como a temperatura, o pH e o oxigénio, havendo poucas medições destes últimos parâmetros no mar português.
- **Respostas dos ecossistemas e organismos:** Apesar do avanço no desenvolvimento de modelos preditivos que auxiliam a definição de cenários futuros, é fundamental obter séries de dados empíricos e conhecimento experimental para perceber as respostas dos ecossistemas e dos organismos aos poluentes tradicionais e emergentes e às alterações globais.
- **Eventos extremos e riscos naturais:** Desenvolver sistemas (locais e regionais) de aviso precoce multiriscos (como por exemplo, tempestades, inundações, maremotos (*tsunamis*), erosão costeira e florescimentos (*blooms*) de espécies tóxicas ou invasoras).

- **Impactos antrópicos:** (a) Compreender o impacto das pressões causadas pelo homem na dinâmica dos ecossistemas (desde espécies não indígenas ao ruído marinho, passando pelos contaminantes tradicionais, disruptores endócrinos e emergentes, incluindo o lixo marinho e em particular plásticos, microplásticos e nanoplásticos, bem como os presentes em produtos de higiene pessoal, fármacos e nanopartículas) e investir no estudo de métodos e tecnologia para os combater, eliminar, degradar e/ou transformar, por forma a potenciar o crescimento sustentável da economia do mar; (b) Compreender o impacto de múltiplos stressores, dando particular destaque à avaliação dos seus impactos e efeitos cumulativos no meio marinho; (c) Desenvolver sistemas de aviso precoce de ocorrência de situações de presença elevada de múltiplos stressores, que possam conduzir a desequilíbrios locais ou regionais (e.g. episódios de contaminação, poluição pontual, libertação de poluentes específicos com ação muito deletéria em resultado de naufrágios, acidentes); (d) Desenvolver bases de dados cronológicas referentes a episódios de contaminação marinha costeira, que permitam estabelecer situações de referência; (e) Desenvolver ferramentas preditivas recorrendo a modelação para definir cenários e antecipar riscos e impactos ambientais.

4.3.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos

Esta temática tem sido impulsionada pelo grande envolvimento de Portugal no programa global IGBP (*International Geosphere-Biosphere Programme*), nomeadamente nas áreas relacionadas com o oceano. Vários estudos focaram as alterações climáticas e o seu impacto na produtividade de pequenos peixes pelágicos (por exemplo, na sardinha) e mostraram que a temperatura da superfície do mar ao longo da plataforma continental portuguesa tem aumentado desde meados do século XX e que esse aquecimento já levou a alterações na composição das comunidades biológicas, na diversidade genética das espécies existentes e na distribuição e abundância de algumas espécies de peixes e outros organismos marinhos. De salientar que Portugal participa na infraestrutura de investigação europeia EMSO, constituída por uma rede de observatórios submarinos fixos multidisciplinares, com polos no Golfo de Cádiz e nos Açores. Estes observatórios, e as linhas de investigação a eles associadas, são fundamentais para enfrentar desafios científicos e sociais urgentes (e.g. efeito das alterações climáticas e sismicidade). Portugal conta, desde o final de 2017, com um sistema de aviso precoce de maremotos gerido pelo IPMA, que assume a gestão do nó do Sistema de Alerta Precoce de Tsunamis do Atlântico Norte e Mediterrâneo (NEAMTWS), em estreita articulação com a Autoridade Nacional de Proteção Civil. Este sistema está integrado na rede internacional de alerta precoce de maremotos e insere-se na rede nacional de sismómetros e marégrafos, contando com a cooperação de outras instituições nacionais, como a Direção-Geral do Território e o Instituto Hidrográfico. Este sistema é muito relevante dado o elevado risco sismogénico associado para Portugal, como demonstrado pelo sismo de 1755 e sismos mais recentes com epicentros na margem profunda nacional.

No campo da paleoceanografia, é de referir o grande número de dados sobre a evolução das condições oceanográficas e hidroclimáticas na margem portuguesa e a influência potencial da água mediterrânica na circulação termohalina, durante os últimos 2 milhões de anos. Portugal é membro, desde 1998, do programa global IODP, que tem sido fundamental para o conhecimento do impacto de variações climáticas bruscas em termos regionais, à escala do tempo geológico (distribuição global).

Durante a última década, com a implementação das diretivas europeias DQA e DQEM, avançou-se em Portugal com o conhecimento científico sobre o bom estado ecológico e ambiental das águas e os impactos das atividades humanas. Os principais riscos antrópicos identificados para Portugal encontram-se alinhados com os descritores da DQEM e/ou DQA. A investigação sobre lixo marinho, em particular plásticos e microplásticos, iniciou-se em Portugal em 2008 e centrou-se, numa primeira fase, em estudos sobre as quantidades que ocorrem na costa portuguesa, tendo evoluído com vigor científico para a

avaliação de impactos dos microplásticos nos organismos e a possível extensão ao Homem através da dieta, bem como a sua mitigação através de bioremediação. Os principais efeitos deletérios estão relacionados com as partículas de menores dimensões e com contaminantes associados ao plástico, mas persistem ainda muitas incertezas.

No que respeita à introdução de espécies não indígenas, Portugal assumiu compromissos internacionais no âmbito da monitorização e proteção do ambiente marinho. O relatório de avaliação inicial do descritor da DQEM sobre as espécies não indígenas introduzidas pela atividade humana pôs em evidência as lacunas de conhecimento existentes relativamente à distribuição e impactos das espécies não-indígenas em Portugal. Um maior conhecimento sobre o estado atual destas espécies é determinante para o cumprimento dos requisitos da Diretiva e de vários instrumentos internacionais, nomeadamente da Convenção sobre a Diversidade Biológica (CBD (*Convention on Biological Diversity*)), estabelece que as Partes devem, tanto quanto possível e consoante o caso, “impedir a introdução, controlar ou eliminar as espécies exóticas que ameaçam os ecossistemas, habitats ou espécies”, da Convenção Internacional para o Controlo e Gestão das Águas de Lastro e Sedimentos dos Navios (quanto à prevenção, minimização e eliminação da transferência de organismos nocivos e agentes patogénicos por via do tráfego marítimo), da Estratégia Europeia para as Espécies Invasoras (Regulamento n.º 1143/2014, que considera prioritário identificar o grupo de espécies exóticas invasoras que suscita preocupação na UE e recomenda a elaboração e atualização periódica dessa lista de espécies), da CNUDM (que recomenda a tomada de medidas para evitar, controlar e reduzir a poluição do ambiente marinho causada pela introdução intencional ou acidental de espécies não-indígenas, potenciais causadoras de alterações e efeitos nocivos significativos no ambiente marinho) e da Convenção OSPAR (que considera as espécies não-indígenas marinhas como uma pressão relevante decorrente das atividades humanas e elegeu a análise das tendências das espécies recentemente introduzidas como ação prioritária no âmbito da implementação da DQEM).

O Sistema Nacional de Monitorização de Moluscos Bivalves (SNMB) tem vindo a monitorizar exaustivamente os contaminantes biológicos e químicos, amostrando semanalmente todo o litoral de Portugal Continental com vista à análise de biotoxinas marinhas e de microalgas. Esta informação tem servido para investigar as condições que despoletam os florescimentos (*blooms*) de microalgas nocivas, o seu transporte e impacto que estas provocam nas aquaculturas e no turismo (“marés vermelhas” nas praias). A investigação sobre biotoxinas emergentes em Portugal encontra-se numa fase bastante embrionária. O registo, pela primeira vez, de intoxicações por ciguatoxinas na Madeira é um alerta de que, com as alterações climáticas, estes fenómenos podem ocorrer com maior frequência nesta e noutras regiões.

4.3.3 As questões chave para uma agenda de investigação

Tendo em conta os desafios e objetivos elencados na secção 4.3.1, indicam-se em baixo um conjunto de ações chave relevantes para os implementar.

Aquecimento, acidificação e hipóxia do oceano:

- Desenvolver um sistema sustentável integrado de observações de toda a coluna de água nos seus aspetos físicos, químicos e biológicos, e de modelos (locais, regionais e globais) de previsão das alterações climáticas e dos ecossistemas, integrando informação do oceano e atmosfera.
- Conhecer as variações no passado, particularmente em períodos de transição para e durante climas quentes, da temperatura, pH e oxigénio do oceano, para entender a variabilidade e tendências atuais e futuras destas variações.

Respostas dos ecossistemas e organismos:

- Desenvolver sistemas integrados de observação (*in situ* e remota) e modelação, que permitam recolher a informação oceanográfica de base e sobre a dinâmica dos ecossistemas, para otimizar a gestão dos recursos marinhos e diminuir o impacto das alterações globais nos serviços dos ecossistemas.
- Estudar as respostas comportamentais, ecológicas e fisiológicas dos organismos às variações globais e os fatores que limitam a sua resiliência e distribuição.

Eventos extremos e riscos naturais:

- Identificar áreas particularmente vulneráveis, investigar e caracterizar as áreas onde se geram os riscos naturais e desenvolver sistemas de aviso precoce (local e regional) multirrisco (e.g. tempestades, inundações, sismos e maremotos e florescimentos de microalgas nocivas).
- Investigar e desenvolver instrumentação e monitorização de estruturas geológicas ativas com potencial sismogénico, e metodologias de previsão de maremotos.
- Determinar quais são os forçamentos cumulativos e a persistência de condições que provocam a proliferação de microalgas nocivas e qual a relação entre a mudança global e o aumento da frequência, intensidade e distribuição de eventos de florescimento de microalgas nocivas.
- Determinar os efeitos em cascata dos riscos naturais em comunidades, património cultural e infraestruturas.
- Avaliar o impacto da intrusão salina e salinização dos solos na zona costeira.

Impactos antrópicos:

- Determinar e desenvolver estratégias de mitigação dos impactos ecológicos e socioeconómicos da presença de poluição no oceano.
- Determinar e desenvolver estratégias de mitigação dos impactos ecológicos e ambientais da presença de contaminantes, em particular de microplásticos/nanoplásticos e outros poluentes emergentes, nas cadeias alimentares marinhas e avaliar o risco para a saúde humana.
- Determinar e desenvolver estratégias de mitigação dos impactos das espécies não indígenas invasoras a nível ecológico, económico e de saúde pública.
- Determinar e desenvolver estratégias de mitigação dos impactos ecológicos e socioeconómicos de multistressores, com destaque para a avaliação dos impactos/efeitos cumulativos no meio marinho e na saúde pública.
- Avaliar o risco ecológico da ação dos stressores, a nível molecular, histológico/tecidual, comportamental, bioquímico e fisiológico.
- Potenciar novas soluções e tecnologias (e.g. (bio)remediação de químicos ambientais) expeditas para avaliação do risco.



4.4 Oceano e sociedade

A boa gestão e a conservação dos ecossistemas marinhos dependem tanto da sua compreensão, como do conhecimento das dinâmicas do relacionamento do ser humano com eles. Se por um lado a atividade humana tem impactos negativos na saúde do ecossistema marinho, é igualmente verdade que a sociedade beneficia significativamente de ecossistemas marinhos saudáveis e, portanto, do sucesso dos esforços de conservação e de uma boa gestão desses recursos.

O facto de os ecossistemas costeiros e marinhos serem essencialmente bens de natureza pública, i.e., que não passam pelo mercado, pode determinar que o custo da sua degradação seja percecionado como sendo negligenciável. Tal implica que a governança do oceano ignore, ou subestime, frequentemente o valor dos ecossistemas e dos serviços por eles prestados. Neste contexto, a sua gestão não é sustentável, impondo custos para a sociedade. Assim, a gestão sustentável do oceano requer uma abordagem transdisciplinar que combine as ciências naturais e sociais de modo a compreender a forma como as pessoas interagem com o meio marinho, quais os benefícios que dele retiram, como criam e podem reagir a novas e diferentes formas de governança oceânica. Disciplinas emergentes como as humanidades ambientais, e muito em particular a história ambiental marinha, facilitam a compreensão da relação entre as comunidades e os ambientes e recursos marinhos, através da análise cronológica de longo, médio ou curto termo, avaliando, por exemplo, sobre-exploração de recursos, modificações ambientais, ou alterações climáticas. Estas disciplinas permitem ainda uma aproximação da sociedade ao oceano mais fundamentada e com maior consciência dos impactos e alterações do ambiente nos seus modos de vida.

As condições de desenvolvimento e as tecnologias disponíveis atualmente permitem a exploração do oceano num novo patamar, até aqui inalcançável. No entanto, estas possibilidades trazem consigo novas questões e desafios de governança, as quais têm vindo a ser debatidas à escala global nas últimas décadas. Novos instrumentos de política e de direito, estratégias económicas e preocupações com os impactos desta exploração – económicos, ambientais e sociais – têm emergido deste debate, configurando novos quadros de relacionamento entre indivíduos, sociedades e parcerias, que vão ao encontro do ODS 17 da Agenda 2030 (Parcerias para a implementação dos objetivos), e que importa conhecer e aprofundar.

4.4.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030

Tendo em conta os objetivos de desenvolvimento económico e social, mas também de afirmação de interesses políticos e estratégicos nacionais no quadro internacional – regional e global – para os próximos anos, constituem oportunidades e necessidades futuras para o país, no campo científico, o aprofundamento do conhecimento nas seguintes áreas:

- **Governança do mar:** (a) Melhorar a governança do mar, tanto ao nível do direito internacional do mar, como ao nível das relações internacionais e políticas e das questões de segurança; (b) Providenciar aos decisores políticos os instrumentos necessários para uma tomada de decisão mais informada e mais eficiente no contexto das políticas do mar.
- **Gestão e conservação do oceano:** (a) Analisar os impactos socioeconómicos e culturais, especialmente nas comunidades costeiras e piscatórias, do aumento da poluição do oceano, da implementação das AMPs e das diferentes alternativas de gestão dos mananciais; (b) Avaliar as preferências da sociedade por diferentes estratégias de gestão e conservação do oceano.

- **Economia do mar:** (a) Fomentar o desenvolvimento da economia do mar; (b) Analisar os impactos socioeconómicos e culturais dos modelos de organização e exploração de recursos marinhos e do desenvolvimento da economia do mar, especialmente nas comunidades costeiras; (c) Analisar os impactos sociais e económicos da atividade portuária; (d) Analisar os impactos sociais e económicos da energia renovável marinha, em especial em comunidades isoladas e em ilhas; (e) Avaliar a contribuição da economia azul no contexto nacional.
- **História e cultura marítima:** (a) Promover a história e a cultura marítima com o objetivo de reforçar o conhecimento e a compreensão das comunidades, nomeadamente através do resgate da cultura e da memória; (b) Compreender as atitudes, expectativas e dilemas das comunidades, para a definição de políticas públicas, e para a obtenção de fonte de informação relevante na investigação científica, bem como outros setores económicos com novas ideias, e elementos de diferenciação e valorização de produtos e serviços económicos; (c) Compreender a riqueza cultural marítima com base na arqueologia subaquática e promover a preservação do património cultural marítimo.
- **Capacitação e educação:** Promover a capacitação, a educação, a sensibilização e a participação para os assuntos do mar, preferencialmente de cariz interdisciplinar, que permita capacitar os cidadãos para uma mudança de atitudes na vida quotidiana, promovendo hábitos mais sustentáveis e solidários, bem como para a tomada de decisões informadas que tenham em conta a necessidade de proteger e explorar de maneira sustentável os recursos oceânicos.

4.4.2 Principais desenvolvimentos científicos nos últimos dez anos

Entre os vários desenvolvimentos científicos e assuntos que maior relevo tiveram na última década, com interesse estratégico para Portugal, destaca-se a governança dos espaços marítimos, nomeadamente do Atlântico. A nível internacional, verificou-se a ‘corrida ao oceano’ e novas relações económicas mundiais, a discussão de novas questões de soberania e de segurança marítima, as questões relativas ao aprofundamento do direito internacional do mar e direito marítimo – com delimitação de fronteiras marítimas relacionadas com os trabalhos relativos à extensão da plataforma continental no contexto da CNUDM. Num outro nível, mas igualmente relevante, colocam-se as questões relativas ao estabelecimento da proteção e a exploração sustentável do oceano como uma prioridade, promovendo desenvolvimento económico assente num uso mais eficiente dos recursos e uma economia mais competitiva e sustentável, geradora de crescimento e de emprego, e capaz de assegurar a coesão social e territorial. O ordenamento e planeamento espacial são fundamentais neste aspeto, com Portugal a ser pioneiro no ordenamento do espaço marítimo com influência em cerca de 10% do Atlântico e marcado por uma abordagem ecossistémica da gestão desse espaço. Muito tem sido feito em Portugal neste âmbito da governança dos espaços marítimos (são exemplo a LBOGEM, a ENM, a ENGIZC (Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira), entre outros).

No âmbito da gestão e conservação do oceano, o impacto das atividades humanas no estado do oceano através, por exemplo, da poluição por plásticos e microplásticos ou por outros contaminantes como o mercúrio, e sua transferência para o Homem através das cadeias alimentares marinhas com impactos na saúde humana, estão entre os assuntos que mais têm envolvido a sociedade na gestão e preservação do oceano. Destacam-se neste contexto os programas nacionais relacionados com o lixo marinho, gestão de resíduos nos portos ou eficiência energética dos navios. Ao nível do planeamento espacial, verificou-se o início do estudo dos serviços dos ecossistemas e a criação de AMPs em Portugal, medida indicada na DQEM ou no âmbito da CBD das Nações Unidas.

Na economia do mar, destaque-se a definição de metodologias e estudo de modelos de organização e estruturação das atividades económicas, e recolha e tratamento estatístico da informação.

No campo da história e cultura marítima, nomeadamente no que diz respeito à arqueologia subaquática, têm acontecido grandes avanços ao nível da deteção remota de sítios arqueológicos subaquáticos. Em particular, destaca-se: a aplicação de novas tecnologias no âmbito da geofísica e da aplicação de tecnologia 3D e ainda outros métodos de registo digital; o desenvolvimento de técnicas de análise de proveniência, como a dendrocronologia, para a identificação de embarcações antigas e proveniência de madeiras associadas; a inventariação e registo de novos contextos arqueológicos subaquáticos; e a melhoria das medidas de gestão e proteção do património cultural marítimo. Da mesma forma, novas linhas de investigação histórica com ligação direta à produção de conhecimento sobre o mar têm surgido ou sido reforçadas em Portugal, nomeadamente a história atlântica, incluindo estudos sobre cidades portuárias, a história ambiental marinha e ecologia histórica, a história dos animais, história da ciência, história do género, entre outros.

Em Portugal, os projetos dedicados à literacia do oceano têm sido promovidos por universidades públicas, institutos politécnicos, centros de investigação, centros do Ciência Viva, museus e aquários, organizações não governamentais (ONGs), entidades dos ministérios da ciência e do mar, sem contudo haver uma ação concertada nem uma estratégia comum a médio-longo prazo.

4.4.3 As questões-chave para uma agenda de investigação

Tendo em conta os desafios e objetivos elencados na secção 4.4.1, indicam-se em baixo um conjunto de ações-chave relevantes para os implementar.

Governança do mar:

- Desenvolver investigação em modelos e sistemas de governação transfronteiriça dos espaços marítimos do Atlântico, incluindo geopolítica do Atlântico e que promova a discussão de novas questões de soberania, cooperação e interdependência internacional e de segurança marítima.
- Desenvolver investigação em direito internacional do mar e direito marítimo, incluindo os trabalhos relativos à extensão da plataforma continental no contexto da CNUDM, e as questões relativas à interpenetração e mútua influência dos sistemas jurídicos internacional, europeu e nacional, bem como outros temas relacionados com o direito administrativo e o ambiental, tendo em conta os princípios ambientais (precaução, avaliação ambiental estratégica, avaliação de impacto ambiental, conceito de poluidor-pagador, responsabilidade e recuperação).
- Analisar os impactos económicos, ambientais, sociais e políticos ou jurídicos dos sistemas de governança e novos modelos - capacidades e instituições – de governança para a sustentabilidade oceânica e costeira.
- Avaliar as preferências/aceitação da sociedade por diferentes estratégias de governança oceânica e costeira.
- Aplicar metodologias de investigação que assegurem a participação adequada e efetiva de diversas comunidades costeiras na gestão e governança oceânica e costeira.

Gestão e conservação do oceano:

- Identificar e avaliar zonas prioritárias para a criação de AMPs, tendo em vista o reforço da coerência ecológica e da representatividade de habitats na rede de AMPs atual, assim como a conectividade de populações.

- Medir e mitigar os impactos ambientais, sociais e culturais dos processos de dinâmica sedimentar costeira e erosão costeira.
- Definir e sistematizar a recolha de indicadores de bom estado ambiental, caracterizar estados de referência, proteger espécies e habitats.
- Medir e mitigar os impactos ambientais da poluição marinha.
- Medir, monitorizar e mitigar impactos ambientais, sociais e culturais, incluindo benefícios e riscos, das atividades humanas no oceano.
- Medir, monitorizar e mitigar os impactos ambientais, sociais e culturais do uso dos serviços dos ecossistemas e das AMPs.
- Avaliar as preferências/aceitação da sociedade por diferentes estratégias de gestão e ordenamento do oceano.
- Estimar os benefícios económicos, sociais e ambientais de diferentes alternativas de gestão e ordenamento.
- Comparar os benefícios das estratégias de gestão e conservação do oceano com os custos necessários à sua implementação, através de análises de custo-benefício.

Economia do mar:

- Desenvolver modelos de exploração responsável e sustentável de recursos marinhos e desenvolvimento da economia.
- Desenvolver a socioeconomia das pescas, promovendo pescas mais sustentáveis do ponto de vista ambiental e económico.
- Analisar o impacto económico da cadeia de valor da aquacultura e pequena pesca de forma a identificar estrangulamentos e oportunidades de geração de valor.
- Avaliar os impactos socioeconómicos e culturais dos modelos de organização e exploração de recursos nas comunidades costeiras – quais as estruturas estratégicas de tomada de decisão necessárias para estabelecer um equilíbrio social e ecologicamente sustentável entre a exploração de recursos /atividades económicas e os ecossistemas marinhos.
- Avaliar os impactos sociais e económicos da atividade portuária.
- Avaliar a viabilidade económica para produção de energias renováveis (e.g. eólica costeira, eólica em mar aberto, ondas).
- Avaliar o impacto ambiental e económico das diferentes atividades turísticas (e.g. hotelaria, náutica de recreio, pesca recreativa).
- Estimar o valor económico do património cultural marítimo existente.
- Avaliar a contribuição dos ecossistemas marinhos e costeiros para a Conta Satélite do Mar.

História e cultura marítima:

- Aprofundar o conhecimento da história marítima de Portugal, promovendo a leitura de padrões de comportamento nacional, o relacionamento com oceano e com outras sociedades.

- Desenvolver inquéritos identitários nacionais e bases de dados sobre perceções da sociedade civil relativamente ao oceano.
- Compreender modelos históricos de relacionamento político, diplomático, estratégico e económico, cultural e ambiental.
- Perceber o papel da história marítima contemporânea como campo de provisão de conhecimento científico sobre a evolução das instituições e modelos de economia do mar, e sobre a evolução das cadeias de valor dos serviços ecossistémicos.
- Identificar elementos chave de cultura imaterial, mas também materializada, no património histórico e cultural existente.
- Salvar o património cultural e natural de um modo integrado, a nível local e nacional, e resgatar a memória local sobre práticas ancestrais nas comunidades marítimas, incluindo o património cultural subaquático.
- Avaliar os impactos históricos e sociais da maritimidade nas comunidades costeiras e litorais, nomeadamente na sua coesão social e identitária, bem como os impactos históricos das alterações do ambiente nessas mesmas comunidades.

Capacitação e educação:

- Intensificar a educação científica sobre o oceano, numa abordagem técnica, científica e interdisciplinar, seguindo uma visão integrada e integradora das várias ciências naturais e sociais e em todos os níveis de educação, e promovendo sinergias entre as instituições científicas e culturais.
- Estruturar e implementar um programa educacional intencional e adequado, para inclusão do oceano no currículo do ensino obrigatório e superior, neste caso em educação marinha e património cultural, bem como cursos de formação de professores no âmbito da literacia do oceano e formação profissional e universitária em áreas da inovação, tecnologia, empreendedorismo, direito, gestão, história e património, especificamente ligadas ao setor do mar. Estes programas devem ser claramente multidisciplinares, focados nas áreas estratégicas de desenvolvimento de uma presença marítima de Portugal no contexto global, e devem ser desenvolvidos em estreita colaboração entre os ministérios com a tutela da educação, ciência e mar.
- Investigar e promover a capacitação em profissões emergentes ligadas ao mar.
- Promover a capacitação em profissões ligadas às engenharias e tecnologias de conceção e construção de equipamento marítimo e oceânico.
- Incentivar o desenvolvimento de projetos de investigação na área da didática / educação, para a criação de ferramentas de avaliação da implementação e impacto de projetos educativos na área do oceano, e para a criação de ferramentas de análise de alteração de atitudes e comportamentos e de conhecimento nos jovens antes e após implementação de ações concertadas no âmbito da melhoria da literacia do oceano.
- Desenvolver programas de criação cultural e artística em torno de temas contemporâneos de literacia do oceano, nomeadamente dos riscos.



4.5. Fatores críticos para o desenvolvimento futuro nos quatro subtemas identificados

Para o sucesso de uma agenda de investigação no mar destacam-se alguns fatores críticos ao seu desenvolvimento.

Infraestruturas

O estudo, exploração e gestão do oceano requer um conjunto de estruturas e equipamentos adequados à magnitude das escalas espaciais e temporais de muitos dos seus processos. Importa tornar Portugal um país operacional em termos de infraestruturas. A inexistência ou insuficiência das mesmas é contrária ao progresso desejado, pois não permite que existam pólos integradores de equipas multi e interdisciplinares essenciais a uma gestão adequada do oceano e zonas costeiras, assim como de locais de interface entre os especialistas e a população em geral. Particularmente relevantes serão os meios para a investigação em mar aberto, desde a superfície até grandes profundidades abissais (como por exemplo navios de investigação, boias ou AUVs). Por outro lado, o acesso a navios de investigação, com a cooperação/interesse mútuo entre utilizadores e entidades detentoras dos navios, bem como o acesso a instalações para a integração e teste de sistemas e veículos robóticos marinhos por equipas multidisciplinares, ou o acesso a zonas piloto no mar aberto, é essencial para o desenvolvimento das ciências do mar e conhecimento holístico do oceano, assim como para o desenvolvimento e teste de protótipos tecnológicos, a todos os níveis, incluindo as energias renováveis e a aquacultura. A existência de infraestruturas laboratoriais que permitam estudar o efeito das ondas em veículos e plataformas flutuantes é também indispensável ao desenvolvimento de protótipos de energias renováveis e de aquacultura em mar aberto e ao planeamento de complexas operações marítimas.

Recursos humanos

A formação de recursos humanos científicos e, em particular, técnicos, e a possibilidade da sua contratação, são vitais para a compreensão do oceano e para o desenvolvimento de novas tecnologias de observação e exploração sustentável do oceano. Saliente-se a necessidade de formação multidisciplinar, atendendo à multiplicidade de vetores nas CTM. Neste sentido, sugere-se que os programas de formação avançada deverão focar-se na área das CTM, proporcionando uma formação interdisciplinar, e não estar diluídos nos programas de outras áreas científicas. Refira-se que a situação atual de precaridade de grande parte destes recursos humanos, bem como o envelhecimento dos quadros existentes, pode tornar-se, a curto e médio prazo, num fator crítico ao desenvolvimento, identificando-se a necessidade de criação de um estatuto adequado aos especialistas desta área. Salienta-se, ainda, a insuficiência de recursos humanos ligados à I&I no mar e à divulgação de ciência e educação sobre o mar. Acresça-se ainda a necessidade de contratar gestores de ciência e tecnologia qualificados, para ajudar as instituições na procura de financiamento, apresentação de candidaturas, manutenção de redes e plataformas, gestão e disseminação. Estes recursos, incluindo doutorados, fazem toda a diferença no desempenho de uma instituição.

Financiamento

Seria útil proceder a uma alteração do paradigma no financiamento e funcionamento da área do mar em Portugal. Seria importante definir para o financiamento uma área disciplinar principal das ciências do mar, promovendo multi e interdisciplinaridade, focadas principalmente na integração entre ciências naturais, de engenharia e sociais (e.g. economia e sociologia). Esta alteração de paradigma no financiamento e funcionamento da área do mar em Portugal poderia consistir nas seguintes possibilidades: (1) abertura de concursos para este tipo de projetos interdisciplinares na área do mar e com critérios de avaliação específicos para os avaliar, que poderiam ter co-financiamento por parte de entidades, privadas ou públicas, que apliquem posteriormente as conclusões dos projetos; (2) criação de um programa de investigação interdisciplinar de longa duração na área do mar para apoiar claramente a definição de

políticas públicas para o mar (e.g. energia, ambiente e economia); e (3) dotar a comunidade de tempo de navio (e infraestruturas associadas) atribuído por concurso, anual, sem encargo para os investigadores ou projetos de investigação. No que diz respeito à investigação oceânica, por todas as suas características, são necessários programas de longo prazo, para pelo menos uma década, que integrem equipas nacionais e promovam uma maior colaboração a nível nacional e presença internacional. É necessária a criação de laboratórios, consórcios, redes ou programas plurianuais que promovam essa integração com instrumentos próprios. Particularmente interessante será o investimento público com base em programas dedicados. É também muito importante reduzir a burocracia e constrangimentos (e.g. depreciação de equipamento) associada ao financiamento, permitindo regularidade e continuidade do mesmo. Conjuguar verbas de fundos diferentes poderá ser uma solução, ainda que possa ser difícil de operacionalizar em termos práticos.

Multidisciplinariedade / Redes

É premente fomentar, no seio da comunidade científica nacional, a partilha de conhecimento, dados e equipamentos, tendencialmente com acesso em condições equivalentes, bem como a colaboração pluridisciplinar, interdisciplinar e intersetorial (academia, institutos, indústria, PMEs (Pequena e Média Empresa) e ONGs) e a promoção de uma KIC (*Knowledge and Innovation Community*) para o mar, com vista ao desenvolvimento do conhecimento e de soluções comuns no que respeita à exploração dos recursos, compatibilizando a exploração com a minimização dos impactos associados. A investigação na área do mar em Portugal beneficiará de uma verdadeira integração entre ciências naturais e ciências sociais e económicas. Um aspeto importante tem a ver com a promoção do acesso aberto aos dados, assegurando um enquadramento que garanta a sua produção, alojamento e gestão de forma eficiente e fidedigna. Refira-se que o acesso aberto a dados de observação e monitorização só é integralmente possível com financiamento. Um novo PDCTM, na sequência do anterior, que permitiu um enorme avanço na capacitação nacional, seria de grande importância.

Internacionalização

Portugal tem feito parte de consórcios científicos e de consórcios que determinam as políticas internacionais de envolvimento da sociedade na economia e gestão do oceano. Este tem sido um fator determinante para acompanhar o estado-da-arte nos diferentes tópicos e metodologias. É fundamental estabelecer e aprofundar colaborações/parcerias científicas com instituições estrangeiras possuidoras de grande experiência e meios (técnico-científicos e financeiros) para a investigação particularmente do mar profundo, assegurando a presença em redes internacionais e grandes programas, especialmente aqueles que determinam a investigação no Atlântico. É ainda fundamental que Portugal continue a participar, e estenda a sua participação, nas infraestruturas europeias de investigação e observação global relacionadas com o oceano.

Setor privado

Muito embora se tenha verificado uma aproximação entre as instituições académicas e o tecido empresarial na área do mar através, sobretudo, de incubadoras de empresas, *start-ups* e associações empresariais, há ainda um potencial inexplorado nestas parcerias. É importante promover a transferência de tecnologia e conhecimento entre a academia e a indústria, continuar a potenciar a criação de PMEs e aceleradores de empresa, que em parceria com as Universidades, Laboratórios do Estado e demais instituições do sistema científico nacional, desenvolvam soluções inovadoras e potenciem a criação de empregos na economia do mar. É igualmente importante estudar modelos de mecenato para apoio à investigação no mar.

Sociedade civil

Dado que a literacia do oceano é uma componente fundamental para sensibilizar a população sobre a importância do mar e sobre os impactos da sociedade no mesmo, assim como para criar uma cultura no consumidor nacional de abertura ao consumo de novos produtos (novas espécies piscícolas e aquícolas na

dieta humana), constitui-se como fator crítico a escassez de financiamentos próprios e específicos para a literacia do oceano, assim como a escassez de formação de professores e a fraca cooperação/interação entre a área da educação e da investigação e o setor empresarial. Constata-se uma escassez de projetos de investigação em literacia do oceano e de uma estratégia nacional de educação promotora da literacia do oceano. Neste sentido, o papel das instituições culturais e patrimoniais, nomeadamente os Museus e Aquários, enquanto mediadores importantes, é fundamental.

Capítulo 5 – Perspetivas de Inovação Social e Tecnológica

A economia do mar, e a inovação a ela associada, está ainda numa fase de arranque, mas existe a convicção de que deverá tornar-se a médio prazo uma parte significativa da economia global, através da intensificação da produção de alimento, de compostos bioativos, de energia e de minerais críticos. O desenvolvimento da inovação na economia do mar requer recursos exploráveis, conhecimento e tecnologia. Os recursos são variáveis, mas de algum modo proporcionais à extensão do território marítimo e por conseguinte Portugal é um dos países que mais poderá beneficiar das oportunidades de desenvolvimento na economia do mar. As vantagens que Portugal terá neste processo dependem do conhecimento científico - para avaliar o recurso e o potencial de exploração - e do domínio das tecnologias necessárias à exploração e monitorização dos impactos ambientais associados. O investimento atempado nestes dois campos trará vantagem a Portugal na exploração dos seus recursos, e poderá proporcionar às instituições portuguesas capacidade para prestar serviços à escala global, fomentando empregos, criação de novas empresas, valorização económica do conhecimento científico nacional e a captação de investimento estrangeiro no setor do mar.

As secções seguintes detalham as 4 dimensões identificadas com maior potencial em Portugal e por isso identificadas como prioritárias para a inovação social e/ou tecnológica na economia do mar nos próximos anos (**Tecnologias para a observação e estudo integrado do oceano**; **Tecnologias para a exploração dos recursos vivos marinhos**; **Energias Marinhas**; e **Tecnologias de suporte ao uso e gestão do oceano**). No fim do capítulo apresentam-se os fatores críticos para a implementação das questões-chave identificadas.



5.1 Tecnologias para a observação e estudo integrado do oceano

A implementação de sistemas de observação e de previsão no oceano cria oportunidades para os agentes económicos. A inovação nas tecnologias de apoio à observação e ao estudo integrado do oceano podem, assim, contribuir para promover a economia do mar.

5.1.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030

O desenvolvimento de produtos e serviços para a observação e estudo integrado do oceano, que suportem a economia do mar e a segurança marítima, é o principal desafio que a comunidade de inovação nacional enfrentará nos próximos anos, com prioridade para:

- **Recolha de dados:** Otimizar e desenvolver novas tecnologias para recolha de dados abrangentes em termos espaciais e temporais e em termos de parâmetros, a custos reduzidos, e fazê-los chegar em tempo útil ao utilizador, como por exemplo sensores, que possam ser colocados em satélites, em estações fixas ou em plataformas móveis.
- **Modelação operacional:** Apostar na implementação de modelos operacionais e em tecnologias que promovam a validação dos seus resultados de modo a criar serviços de previsão fiáveis e adaptados à necessidade dos utilizadores.
- **Plataformas informáticas de gestão de dados:** Apostar em tecnologias que permitam a disponibilização em plataformas informáticas de dados recolhidos e de resultados de modelos que facilitem o acesso às

condições do momento, a condições futuras e a condições passadas, possibilitado o seu uso por quem está no mar, por quem está a planear operações e por quem recolheu dados e precisa de outros dados para os interpretar ou completar.

5.1.2 Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos

Na última década o progresso na observação do oceano através de sensores e sua integração em modelos operacionais foi enorme. A observação do oceano por satélite teve grande impulso. Foram lançados novos satélites, equipados com sensores com maior resolução (como por exemplo os satélites Sentinel) e assistiu-se ao aparecimento de novas empresas e de novos serviços. A comunidade oceanográfica portuguesa participou deste movimento e tem acesso à informação obtida à escala global e regional.

O recurso a dados de satélite – da NASA (*National Aeronautics and Space Administration* dos EUA) e da ESA (*European Space Agency*) - é transversal à generalidade das equipas envolvidas em estudos oceanográficos, com especial relevo para as equipas envolvidas na modelação da circulação (recurso a imagens de temperatura) e para as equipas envolvidas no estudo da produção primária, que recorre regularmente, para sua quantificação, a imagens de temperatura e cor do oceano como *proxy* do afloramento costeiro, ou seja, de nutrientes e consequente produção primária, recorrendo ao suporte de dados *in situ* para validação destas quantificações derivadas de dados de satélites. A já boa qualidade destes produtos deverá melhorar ainda mais com os dados de alta resolução obtidos com os novos satélites Sentinel.

Ressalve-se que continua, no entanto, a ser crítica a aquisição de dados a partir de navios de investigação.

Em Portugal, a modelação operacional em modo de previsão de parâmetros físicos (correntes, temperatura e salinidade) teve grande desenvolvimento, com contributos científicos e tecnológicos importantes para o estado da arte global ao nível do desenvolvimento de modelos e da produção de resultados à escala regional e à escala local. Portugal tem também contributos importantes no desenvolvimento de plataformas para publicação e utilização dos resultados para o desenvolvimento de modelos operacionais biogeoquímicos, mas a sua utilização requer a implementação de um programa de validação sistemática dos resultados.

5.1.3 Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação

Os desafios e objetivos elencados na secção 5.1.1 permitiram identificar as seguintes oportunidades:

Recolha de dados:

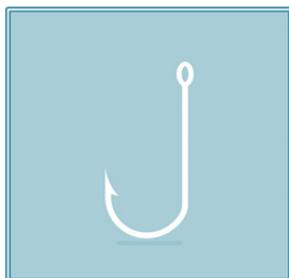
- Continuar a desenvolver um sistema de observação combinando deteção remota e *in situ*, para caracterização do estado do mar e da produtividade oceânica, incluindo tempestades e florescimento de microalgas nocivas, que põem em causa infraestruturas em mar aberto ou os recursos explorados, a saúde pública e o turismo.

Modelação operacional:

- Melhorar os sistemas de previsão existentes e desenvolver a prestação de serviços de previsão de eventos naturais (à escala nacional e internacional) para suporte às atividades no mar e em especial à exploração de recursos marinhos.

Plataformas informáticas de gestão de dados:

- Desenvolver plataformas informáticas que uniformizem o acesso a dados e a resultados de modelos, facilitando a sua visualização e avaliação e o seu uso para a geração de novos produtos e serviços.



5.2. Tecnologias para a exploração responsável dos recursos vivos marinhos

A extensão do mar português contém um vasto potencial de recursos marinhos biodiversos, que é preciso conhecer para poder explorar responsabilmente. A utilização destes biorrecursos poderá catalisar o desenvolvimento alargado de novos setores económicos através do uso da biotecnologia e tecnologias associadas, com impacto em diferentes indústrias e valor acrescentado elevado, promovendo a modernização, abertura de novos mercados e a dinamização da economia, com impacto muito para além dos mais tradicionais.

A nível mundial temos vindo a assistir a uma crescente substituição dos produtos da pesca (captura) por produtos de aquacultura (produção), como consequência do aumento da população e da redução dos mananciais pesqueiros. O desenvolvimento de soluções inovadoras e alternativas para uma aquacultura em terra (*in land*) mais sustentável e o movimento para o mar aberto, com desenvolvimento de tecnologias inovadoras nos domínios da robótica marinha e da geração de energia, aproveitando também os desenvolvimentos da indústria do petróleo, são alternativas às soluções atuais, cuja capacidade de produção é baixa.

A crescente tendência para a descarbonização da economia, a forte aposta na circularidade dos modelos de negócio industriais e a procura de soluções biosustentáveis para muitas indústrias assentes atualmente nos derivados dos combustíveis fósseis representam também uma grande oportunidade para o desenvolvimento da inovação derivada dos biorecursos marinhos.

5.2.1 - Desafios e objetivos para Portugal até 2030

Nesta dimensão foram identificadas duas grandes áreas de atuação: sustentabilidade e modernização da aquacultura, e recursos genéticos e produtos de elevado valor acrescentado, agrupadas em 6 grandes desafios e prioridades. A aposta nestas prioridades permitirá colocar Portugal na linha da frente fortalecendo a sua imagem e posição como líder em biotecnologias marinhas e tecnologia aquática, fomentando empregos, criação de novas empresas, comercialização do conhecimento científico nacional e captação de investimento estrangeiro no setor.

- **Segurança alimentar, rastreabilidade/certificação de origem dos produtos da pesca e da aquacultura:** Rastrear, documentar e certificar produtos de origem marinha em águas nacionais, contribuindo para o posicionamento de liderança portuguesa no setor ao nível internacional, para valorizar social e economicamente os produtos e serviços do mar nacional e contribuir simultaneamente para um aumento da segurança alimentar associada a estes produtos.
- **Novas formas de cultura e produção, novas dietas, novos produtos alimentares e valorização de coprodutos:** (a) Aumentar o nível de automação das unidades de aquacultura, nomeadamente a

monitorização em tempo real e remotamente do desempenho de equipamentos dos sistemas de suporte de vida, de parâmetros físico-químicos da água e parâmetros biológicos dos organismos em cultivo, através de soluções já existentes, para prevenção de potenciais falhas catastróficas que coloquem em causa o funcionamento das unidades de produção, incluindo surtos de doença; (b) Promover uma produção aquícola sustentável (exemplo, aquacultura multi-trófica integrada) que permita uma utilização integral dos nutrientes fornecidos ao sistema produtivo em operação e a incorporação de todos os coprodutos gerados em cadeias bem estabelecidas (e.g. farinhas) e/ou emergentes (e.g. cosmética, nutracêutica, medicina), contribuindo para um aumento da viabilidade económica da atividade e gestão do risco de inovação; (c) Promover a utilização de novos ingredientes na formulação de rações aquícolas de modo a evitar a dependência da farinha de peixe e do óleo de peixe, o que será vital para poder assegurar uma maior previsibilidade do preço do alimento formulado para os organismos em cultivo; (d) Implementar, à semelhança do que já vem acontecendo com os produtos da pesca, formas inovadoras de apresentação dos produtos aquícolas que lhes agreguem valor (e.g. conservas de produtos aquícolas de origem biológica/produção orgânica); (e) Repensar a valorização dos recursos pesqueiros na sua totalidade, tendo em conta a limitação atual das quotas de pesca, a geração de quantidades significativas de subprodutos nas unidades industriais de processamento de peixe (cuja valorização, numa lógica de biorrefinaria e economia circular, está associada à biotecnologia azul abordada mais em baixo) e a enorme relevância económica e social destes setores a nível nacional.

- **Aquacultura em mar aberto e sistemas de recirculação:** Aplicar tecnologia que colmate a pouca experiência existente em Portugal nas áreas da aquacultura em mar aberto ou em sistemas de recirculação, as duas únicas formas que a aquacultura tem para crescer em Portugal. No primeiro caso, a resistência e a segurança das instalações e o maneiio da produção são fatores determinantes para o risco do investimento, e no segundo, o controlo da qualidade da água recirculada e da água descarregada no meio recetor, bem como as condições de temperatura, são aspetos essenciais respetivamente para a qualidade sanitária, o sucesso da instalação e o seu impacto sobre o meio recetor.
- **Produção de juvenis:** A produção de juvenis deverá evoluir em paralelo com a produção da aquacultura, mas o desenvolvimento tecnológico necessário à sua produção deverá ser promovido antecipadamente, de preferência em colaboração com as empresas do setor, tendo em consideração a necessidade de introdução de novas espécies adaptadas à aquacultura *offshore* em Portugal.
- **Biotecnologia azul:** (a) Otimizar e desenvolver novas tecnologias *in vitro* e *in loco* que potenciem a eventual comercialização de compostos bioativos marinhos com aplicações nas indústrias farmacêutica, nutracêutica e cosmeceutica, ou outras, e bem assim a produção de biocombustíveis renováveis; (b) Construir biobancos centralizados de coleções marinhas por tipologias quemo-taxonómicas, geográficas, ou qualquer outro critério adequado, o que facilitará não só a gestão do seu acesso e cumprimento de disposições legais em vigor, como também a sua prospeção e determinação de bioatividade, constituindo um ativo nacional muito forte para potenciar o desenvolvimento de uma economia azul sustentável e sustentada; (c) Fomentar o desenvolvimento pré-comercial dos compostos bioativos já identificados e atualmente disponíveis nas coleções nacionais, através do investimento e capacitação nacional em tecnologias de processamento e separação de metabolitos, desenvolvimento de estudos *proof of concept* e processos de *scale up* para volumes pré e industriais.
- **Desafios tecnológicos e legais para mapeamento, exploração e valorização da biodiversidade (hotspots):** Desenvolver a tecnologia e os aspetos legais, nomeadamente que tenham em conta a proteção ambiental, que regulem o mapeamento, a exploração comercial e a valorização da biodiversidade dos fundos marinhos, incluindo pesquisa de compostos bioativos e especialização no

desenvolvimento de produtos de valor acrescentado para indústrias globais nas áreas alimentar, agrícola, farmacêutica e saúde, cosmética, e biomateriais, entre outras, que pode conter os primórdios de uma nova atividade económica diferenciadora e relevante no contexto internacional.

5.2.2 Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos

Nos últimos 10 anos a ciência, e a tecnologia em particular, no campo da exploração de recursos vivos marinhos, evoluiu bastante no sentido da otimização, automatização, rastreabilidade e capacidade tecnológica a profundidades cada vez maiores. A aquacultura, pescas e aplicações de biotecnologia marinha são os principais componentes da temática da utilização dos recursos vivos marinhos.

A monitorização dos recursos pesqueiros mediante a realização de campanhas oceanográficas e hidrográficas (batimetria, correntes e marés) utilizando navios e sistemas de radares tem sido levada a cabo pelos Laboratórios de Estado, detentores da principal infraestrutura de monitorização. Os dados são normalmente públicos, devendo a facilidade de acesso aumentar com a entrada em funcionamento da plataforma SNIMAR.

Apesar de, em Portugal, o setor da aquacultura não ter acompanhado o crescimento verificado a nível mundial, mantendo-se os níveis de produção estáveis há mais de 10 anos, não obstante os apoios públicos ao investimento e ao desenvolvimento técnico e científico das instituições de investigação, houve progressos no que respeita à segurança alimentar e à verificação da origem dos recursos e produtos. Foram já desenvolvidos, e validados, métodos de espetrometria de massa para determinação de assinaturas geoquímicas e bioquímicas de organismos marinhos, de microbiologia molecular, e de identificação de códigos moleculares de ADN (*DNA barcoding*), únicos para cada espécie, que permitem certificar a origem dos produtos, frescos ou já processados, e expor situações de fraude, que visem a comercialização de espécies de menor valor de mercado em substituição de outros com maior valor.

No que se refere às novas formas de cultura e produção, novas dietas, novos produtos alimentares e valorização de coprodutos, existem já alguns desenvolvimentos tecnológicos relevantes que deverão ser considerados. A utilização de estratégias de produção multitrófica integrada e utilização de modelos de balanço de massa permitem uma utilização mais eficiente e cada vez mais integral dos nutrientes fornecidos às espécies em cultivo nos sistemas produtivos (sob a forma de rações). O esforço crescente de validação da utilização de ingredientes alternativos à farinha e óleo de peixe tem permitido a substituição parcial destes ingredientes clássicos por outros mais sustentáveis, tendo por base as macroalgas e mais recentemente a farinha de insetos. Tem sido possível assegurar a utilização de novas espécies aquícolas (autóctones ou não) destinadas quer ao consumo humano, quer a outro tipo de aplicações de elevado valor (e.g. isco vivo, rações de acabamento *premium*, cosmética). A valorização dos produtos marinhos tem sido igualmente conseguida através da sua apresentação sob formas inovadoras ao consumidor (e.g. conserva e/ou desidratado, novas combinações com outros alimentos), conotada com uma imagem de bem-estar e saúde (e.g. sal verde produzido a partir de plantas halófitas).

O conhecimento gerado noutros setores da economia do mar, com ênfase para a exploração petrolífera em mar aberto, tem contribuído de forma determinante para o desenvolvimento de soluções técnicas do ponto de vista da engenharia e da utilização de novos materiais com propriedades anti corrosão, que permitem explorar o potencial aquícola em mar aberto, há muito antecipado para Portugal. Este manancial de conhecimento disponível permite que se possam projetar estas estruturas aquícolas não apenas para as condições atuais do mar português, como também, e sobretudo, em cenários evolutivos futuros considerando, por exemplo, as condições ambientais previstas para as próximas décadas. Relativamente aos sistemas de recirculação, o contributo da revolução 4.0 no setor das bioindústrias tem sido determinante, pois tem vindo a permitir uma intensificação crescente da produção associada a uma

diminuição dos custos de mão-de-obra, do uso de água e dos gastos energéticos inerentes a este tipo de operações. O grau de automação já existente, ao nível do processo produtivo e da sua monitorização em sistemas de recirculação, permite diminuir de forma significativa a ocorrência de potenciais falhas catastróficas fortemente associadas ao erro humano. Deste modo, é já possível antecipar e corrigir de forma cada vez mais fiável os potenciais desvios que possam afetar de forma negativa a produção das espécies em cultivo.

Os inúmeros desenvolvimentos da biotecnologia marinha incluem a diversidade de amostras utilizadas como substrato, mas também as mais diversas aplicações que se tem dado aos produtos naturais marinhos (PNM). Além disso, muito se tem desenvolvido em sistemas de rastreio de bioatividade para vários alvos e aplicações. No entanto, é ainda baixa a eficiência das tecnologias de produção e processamento para obtenção do bioativo em média e larga escala, dadas as poucas infraestruturas disponíveis na Europa e baixo conhecimento prático das especificidades de cada setor de aplicação final, o que tem afetado o desenvolvimento da cadeia de valor. Em 2010 houve ainda a adoção do Protocolo de Nagoya (sobre o acesso a recursos genéticos e a partilha justa e equitativa dos benefícios provenientes da sua utilização) e da CBD alargada a vários países europeus, Portugal incluído, que regula o acesso a recursos genéticos e a partilha justa e equitativa dos benefícios que advêm da sua utilização. Por outro lado, houve ainda muito investimento na bioprospeção que gerou uma panóplia de coleções marinhas existentes e dispersas pelo país. Em suma, o setor da biotecnologia tem aumentado de forma lenta, mas constante nos últimos 10 anos, tendo o seu desenvolvimento começado a acelerar nos últimos 3-5 anos, em parte pelo enorme estímulo europeu a este setor, mas mais recentemente também pela aposta política nacional no mesmo e um estímulo grande ao empreendedorismo em geral. Hoje temos inovação nacional azul quer seja em novos agentes anti-incrustantes (*anti-fouling*) para a indústria naval e infraestruturas oceânicas, assim como novos materiais e têxteis derivados de subprodutos marinhos, ou ainda novos compostos bioativos marinhos para as indústrias alimentares, agrícolas, cosméticas, farmacêuticas ou biomédicas. No entanto, o número de empresas âncora em território nacional é praticamente nulo, e o número de novas *startups* azuis muito incipiente e limitado, quer por falta de incentivos nacionais dedicados ao empreendedorismo científico e setorial, quer por falta de formação dedicada e especializada em empreendedorismo e inovação para estes cientistas.

No que se refere à biosfera profunda, nos últimos anos muito se tem investido em sistemas de exploração e robótica submarina até 6000 metros de profundidade (como o ROV LUSO e outros) e têm também decorrido, a nível internacional, o mapeamento de 35 locais foco (*hotspots*) de biodiversidade atuais com tentativas de cartografia geofísicoquímica dos locais de interesse, mas esta catalogação está longe de estar terminada, com muito ainda por descobrir e catalogar.

5.2.3 Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação

Tendo em conta os desafios e objetivos elencados na secção 5.2.1, indicam-se em baixo um conjunto de oportunidades e aplicações relevantes para os implementar.

Segurança alimentar, rastreabilidade/certificação de origem dos produtos da pesca e da aquacultura:

- Criar Propriedade Intelectual (PI) e comercializar tecnologias/*softwares* de monitorização e expansão geográfica para outros mercados.
- Criar PI e comercializar serviços de rastreabilidade, fornecer selo de DOC e serviços associados, através das metodologias de espetrometria de massa, microbiologia molecular e de identificação de códigos moleculares de ADN.

- Operacionalizar sistemas de alerta precoce de microalgas nocivas que permitam minimizar riscos dos investimentos privados em aquacultura.

Novas formas de cultura e produção, novas dietas, novos produtos alimentares e valorização de coprodutos:

- Promover a crescente automação das unidades de aquacultura, otimizando os processos produtivos e diminuindo o erro associado ao operador através das soluções de automação, de monitorização e decisão em tempo real.
- Criar PI e comercializar tecnologias/*softwares* de automação, de monitorização e decisão.
- Otimizar custos associados à administração de alimento para produção aquícola e diversificação da oferta de produtos da aquacultura para consumo humano e outras aplicações de valor acrescentado, nomeadamente com a formulação de novos produtos e apresentação sob forma inovadora.
- Desenvolver novos substratos e fórmulas alimentares, probióticos e prebióticos marinhos, e promover a inclusão de algas (micro e macro) na alimentação animal e humana.

Aquacultura em mar aberto e sistemas de recirculação:

- Desenvolver e aplicar novas tecnologias nas maternidades, pré-engorda e engorda para as novas espécies em aquacultura em mar aberto e em sistemas de recirculação.
- Adaptar as embarcações de apoio e as instalações portuárias à aquacultura em mar aberto. Considerar em particular a operação das embarcações na interface com as estruturas de aquacultura em condições de mar agitado.
- Aplicar materiais e tecnologias de construção resistentes à corrosão devido ao ambiente exposto em mar aberto e que se adequem às condições climáticas atuais e previstas para as próximas décadas.
- Aplicar novos modelos económicos que combinem a produção em sistemas de recirculação em terra com engorda em mar aberto, principalmente para peixes de grande porte (e.g. corvina, lírio e atum), de forma a permitir um crescimento mais rápido dos juvenis, o encurtamento do período de crescimento no mar (potencialmente duplicando a produção dos locais marinhos existentes), redes de maior malhagem e maior resistência às condições de mar.

Biotecnologia azul:

- Criar uma central/banco de coleções marinhas nacionais (inventariado, com políticas de acesso e gestão transparentes e manutenção do banco central nacional).
- Criar infraestrutura de base e partilhada para desenvolvimento de processos e produção de compostos bioativos em média e larga escala (e.g. fermentadores, bioreatores, entre outros, e respetivas unidades de pós-processamento com tecnologias de separação e deteção de compostos bioativos).
- Promover novas plataformas para rastreio de bioatividade e PI associada em aplicações com maior relevância nos mercados atuais (e.g. novos compostos bioativos para as indústrias alimentar, cosmética, saúde e farmacêutica, bioengenharia e medicina regenerativa, têxtil, papel, agrícola ou construção civil/naval, entre outros).

- Estimular a inovação e o *proof of concept* em desenvolvimento pré-comercial de PNM já identificados para novos mercados e nichos.
- Fomentar o desenvolvimento e investimento no conceito de biorefinaria, em média e larga escala, adaptando-o a uma vasta gama de outros mercados (alimentar, bebidas, veterinário, industrial/*pest control*, etc.) e comercializar produtos e serviços associados.
- Caracterizar e melhorar vias metabólicas em microalgas e afins, na base da formação de lípidos (para eventual produção de biodiesel) e de hidrogénio (para eventual produção de bio-hidrogénio) sob a égide dos combustíveis renováveis.
- Caracterizar e melhorar vias metabólicas em microalgas e afins, associadas à produção de metabolitos de elevado valor acrescentado – para eventual utilização como agentes antimicrobianos, antibióticos, antioxidantes e antitumorais.
- Consolidar o centro de atividade nacional em biotecnologia azul, assim como da rede de infraestruturas existentes e com riqueza de biodiversidade com potencial de mercado, levando a mais pedidos de licenças de exploração e recolhas.

Desafios tecnológicos e legais para mapeamento, exploração e valorização da biodiversidade (*hotspots*):

- Criar PI e comercializar/rentabilizar novos equipamentos desenvolvidos para o mapeamento, exploração e valorização da biodiversidade.
- Prestar serviços de rastreio de bioatividade em biomoléculas produzidas por organismos marinhos presentes noutros focos de biodiversidade internacionais.
- Desenvolver serviços associados ao fornecimento de mapas e dados biológicos, geológicos, físicos e químicos.
- Atribuir licenças para recolha de amostras e exploração sustentável de biorecursos nas águas e solo e subsolo marinhos nacionais.



5.3 Energias marinhas

Nesta dimensão foram identificadas as energias renováveis oceânicas. O setor renovável em mar aberto agrega uma diversificada quantidade de recursos, tais como ondas, correntes de marés, vento, gradiente de salinidade e OTEC (Conversão de energia térmica do oceano), onde cada tecnologia possui as suas próprias necessidades e requisitos especiais de acordo com o seu TRL (Nível de Preparação de Tecnologia) e especificações tecnológicas. Em todo o setor, há uma enorme pressão para reduzir os custos de operação e manutenção, de forma a torná-lo mais atrativo quando comparado com outras tecnologias de produção de energia tradicionais. A Europa coloca-se como o maior investidor no setor de energia renovável mundial em que, para garantir o objetivo de reduzir as emissões de gases de efeito de estufa, necessita que este investimento seja reforçado durante a próxima década.

5.3.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030

O objetivo nacional será consolidar a posição de Portugal como líder na área de energias renováveis em mar aberto, fomentando o desenvolvimento e teste de novas tecnologias, a criação de novas empresas e captação de investimento estrangeiro. O desafio passa por adequar estas energias à realidade nacional:

Sistemas de produção de energias renováveis marinhas adequadas para as características do litoral português: (a) Desenvolver e demonstrar plataformas inovadoras de produção de energia oceânica apropriadas para a exploração na costa portuguesa. Para que estas plataformas sejam economicamente viáveis é necessário recorrer, por exemplo, a novos materiais, configurações e sistema de amarrações, adaptados às características físicas da margem atlântica portuguesa, que diminuam o custo médio de energia; (b) Desenvolver um sistema de energia oceânica pré-comercial entre 2023 e 2028 e atingir a maturidade comercial, com atividade significativa em 2030; (c) Para o caso particular dos sistemas eólicos em mar aberto é necessário desenvolver plataformas inovadoras - incluindo sistemas de amarração - apropriadas para a sua utilização na plataforma continental portuguesa, nomeadamente, o desenvolvimento de plataformas que sejam economicamente viáveis para a operação em águas profundas e que diminuam o custo médio de energia.

Todos os sistemas apresentados acima terão de ser suportados por sistemas de apoio a testes ao protótipo, que pode ser integrado com outras áreas tecnológicas (e.g. aquacultura, pescas e monitorização ambiental), de forma a permitir a simulação das condições nominais de operação e a monitorização do desempenho do protótipo e das condições de teste.

5.3.2 Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos

Portugal tem um enorme potencial na exploração dos recursos de energia oceânica e conquistou a sua posição como líder mundial no setor de energia renovável marinha. Esta é uma consequência do esforço nacional e do investimento aplicado neste setor nos últimos 17 anos, onde a eletricidade produzida a partir de fontes renováveis aumentou de 3%, em 2000, para 27%, em 2012. Este aumento foi impulsionado principalmente pela penetração do eólico em terra no setor de energia renovável, juntamente com alguns sistemas de protótipos de energia de ondas e eólico em mar aberto. Portugal esteve na vanguarda do setor renovável marinho. Com a construção na ilha do Pico em 1999 do primeiro protótipo experimental de energia das ondas, de tipo de coluna de água oscilante com potência elétrica instalada de 400 kW, abriu-se a porta para testar dispositivos de energia de ondas em outros territórios nacionais.

Atualmente, Portugal tem uma posição de destaque nas atividades de I&D em energia das ondas. Instituições nacionais públicas e privadas ocupam posições de liderança na Europa, estando entre as entidades mais significativas da Europa em termos da participação e liderança de projetos de I&D europeus (em Portugal houve o envolvimento em 43 projetos de I&D europeus, 24 nacionais e 4 projetos de teste de protótipos no mar).

5.3.3 Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação

Para implementar o desafio identificado na secção 5.3.1, indicam-se em baixo um conjunto de oportunidades e aplicações.

Sistemas de produção de energias renováveis marinhas adequadas para as características do litoral português:

- Desenvolver sistemas de energia renovável marinhas para o fornecimento de energia elétrica (podendo estar associada a outros setores da economia do mar como, por exemplo, a aquacultura em mar aberto, sistemas de monitorização de zonas remotas, mineração, petróleo e gás);
- Desenvolver, construir, testar e demonstrar a viabilidade económica de novas plataformas eólicas flutuantes para águas profundas.



5.4 Tecnologias de suporte ao uso e gestão do oceano

Muito embora o uso e gestão do oceano abarque um conjunto alargado de temáticas, destacam-se nesta agenda três áreas de inovação e tecnologia: (a) a literacia do oceano - incluindo as tecnologias e a ciência - e a educação para o mar, (b) a poluição marinha e (c) o transporte marítimo e construção naval.

A literacia do oceano e a educação para o mar são dois fatores essenciais para aproximar a sociedade ao meio marinho e às atividades marítimas, potenciando o desenvolvimento das profissões ligadas ao mar. Reconciliar os jovens com estas profissões, mostrar como podem ser gratificantes e altamente qualificadas, é um desafio a ultrapassar para o desenvolvimento das ciências do mar e da economia azul. É certamente desejável mais consciência da cidadania numa nação marítima e costeira. Fomentar o desenvolvimento de capacidades e competências nos setores de inovação e empreendedorismo azul poderá ainda potenciar o crescimento de novas profissões e setores ligados à economia azul.

A poluição do mar nas suas variadas formas, visível como no caso dos plásticos ou invisível (produtos de higiene pessoal, fármacos e nanopartículas), impacta o ecossistema e pode ter efeitos nocivos na saúde humana. Para além de ser importante minimizar, importa perceber os impactos das pressões provenientes de terra e geradas no mar – incluindo a navegação - e sensibilizar os agentes geradores dessas pressões e a opinião pública para os impactos, de forma a mudar hábitos e a promover novas tecnologias e novas soluções. Investir em tecnologias escaláveis e sustentáveis, assim como em inovação associada à minimização deste problema atual, é crucial.

5.4.1 Desafios e objetivos para Portugal até 2030

Os principais desafios de inovação e tecnologia nas áreas apresentadas são definidos de seguida.

- **Literacia do oceano e educação para o mar:** (a) Apostar na relação da sociedade com o oceano, desenvolvendo tecnologias de informação, de baixos custos e frequentes atualizações, que facilitem o aumento da literacia do oceano; (b) Inovar na forma como o país promove ações de sensibilização e de relacionamento dos jovens com o mar, a iniciar desde os primeiros anos de escolaridade, tendo em vista a formação adequada de todos os níveis de profissionais marítimos; (c) Fomentar o ensino de inovação e empreendedorismo azul para potenciar novas profissões e setores azuis junto das mentes jovens e mais criativas.

- **Poluição marinha:** (a) Inovar e desenvolver tecnologias para monitorizar e simular a trajetória e destino e os efeitos biológicos da poluição emergente (incluindo o lixo marinho, nomeadamente plásticos, microplásticos e nanoplásticos, produtos de higiene pessoal, fármacos e nanopartículas), desde a sua origem, e o seu impacto sobre o ecossistema, detetando *hotspots* e avaliando a viabilidade de limpar o oceano dessa poluição, desenvolvendo novas soluções e materiais a partir destes resíduos; (b) Implementar sistemas de monitorização da navegação e de avaliação do impacto da poluição atmosférica por navios e de origem terrestre; (c) Desenvolver os sistemas de prevenção e mitigação do impacto da poluição atmosférica e de acidentes graves de poluição (e.g. derrames); (d) Investir e fomentar o desenvolvimento de novas tecnologias de recolha, processamento e reutilização de plástico marinho, assim como de soluções biotecnológicas escaláveis e sustentáveis para tratamento *in loco*.
- **Transporte marítimo e construção naval:** (a) Avaliar a sustentabilidade das atuais soluções tecnológicas para o transporte marítimo e promover o desenvolvimento de navios alternativos, menos poluentes, mais eficientes energeticamente, mais seguros e de maior resiliência a acidentes; (b) Promover um aumento da segurança marítima através da monitorização e controle ativo do tráfego na área portuguesa; (c) Promover soluções avançadas de manutenção condicionada e de exploração do tratamento de grandes volumes de dados (*big data*), incluindo uma maior interação entre os navios e os centros em terra; (d) Promover soluções em que o transporte marítimo de curta distância ofereça soluções menos poluentes e de maior eficiência energética do que o transporte rodoviário; (e) Promover soluções de transporte marítimo de passageiros que fomente o turismo nas zonas ribeirinhas; (f) Promover o desenvolvimento de conceitos inovadores para a náutica de recreio e de alta competição.

5.4.2 Principais desenvolvimentos tecnológicos nos últimos dez anos

Portugal foi o primeiro país europeu a adotar um programa de literacia do oceano, em 2011. A Ciência Viva liderou esse processo, que envolveu instituições científicas que trabalham na área das ciências do mar. Na sequência desse trabalho colaborativo, foi produzida uma matriz de apoio aos professores do ensino Pré-Escolar, Básico e Secundário, onde estão identificadas as disciplinas e temas onde é possível abordar os princípios da literacia do oceano. Estes programas são suportados por documentos, apresentações presenciais e meios audiovisuais convencionais.

O relatório “Gestão do currículo: Ensino Experimental das Ciências — Relatório 2015”, publicado em 2017 pela Inspeção-Geral da Educação e da Ciência, refere a necessidade de mais trabalho pedagógico de base laboratorial, experimental e de campo, e a capacitação de mais professores nesta área. O projeto europeu H2020 *Sea Change* identificou as mesmas lacunas, com o agravamento, no caso das ciências marinhas, da falta de oportunidades para saídas de mar e visitas de estudo. Apesar de tudo, é significativo o número de escolas e professores que participam em projetos e iniciativas de promoção da literacia do oceano, mas a maioria dos programas educativos está centrada na biologia marinha, existindo um grande défice na área da oceanografia e de tecnologias marinhas como a robótica ou a construção naval. Os professores com conhecimentos tecnológicos estão pouco despertos para o meio marinho e os que participam em projetos de ciências do mar não têm em geral conhecimentos que lhes permitam abordar a tecnologia marinha com os seus alunos. É de esperar que a situação melhore porque a maioria das instituições científicas portuguesas e ONGs que atuam na área do mar desenvolvem projetos de extensão junto de escolas e do público em geral e colaboram com a Ciência Viva e/ou com o programa educativo Escola Azul.

A nível da inovação relativamente ao combate à poluição no meio marinho, da última década até à atualidade surgiu a temática do plástico marinho para a qual se estão a pesquisar as melhores soluções tecnológicas. A tecnologia de combate à poluição até então desenvolvida teve, nomeadamente, em conta

os derrames de hidrocarbonetos, na sequência dos acidentes dos navios Erika e Prestige. As tecnologias desenvolvidas permitiram localizar e seguir a evolução de manchas de hidrocarbonetos por radar e sonda ou imagem de satélite, bem como estimar a deslocação previsível dessas manchas, com base em modelos sobre circulação oceânica e tendo em conta as condições meteorológicas do momento. Mais recentemente foram já identificados potenciais sistemas biológicos para deteção e degradação de “ilhas de plástico” flutuantes, com consequente acção *in loco*. A escalabilidade destes sistemas está ainda em desenvolvimento e necessita de investimento para diminuição do risco associado.

No que respeita ao transporte marítimo, a inovação tecnológica refletiu-se tanto na construção de navios de maior capacidade, com vista a aproveitar as economias de escala para redução de custos, como nos sistemas de informação e comunicação que permitam a gestão das cadeias logísticas, otimizando o transporte à escala global. As temáticas do controlo de emissões, bem como a otimização energética da operação de navios, têm estado na visão de inovação deste setor.

5.4.3 Oportunidades e aplicações para uma agenda de inovação

Tendo em conta os desafios e objetivos elencados na secção 5.4.1, indicam-se em baixo um conjunto de oportunidades e aplicações relevantes para os implementar.

Literacia do oceano e educação para o mar:

- Produzir documentos audiovisuais baseados em realidade virtual e em realidade aumentada, capazes de fornecer a explicação científica das observações do oceano, de permitir a realização de experiências virtuais ou de realizar jogos pedagógicos.
- Inovar em disciplinas existentes, como por exemplo marinharia prática, modelismo naval, introdução à navegação através de disciplinas de geografia, meteorologia e introdução à construção naval, mas também em disciplinas onde o mar enquanto elemento vivo é esquecido como as artes, a literatura, a história e o património.
- Introduzir temas marítimos no ensino básico e secundário e/ou incluir nas áreas de projeto o encontro dos alunos com as atividades marítimas em geral, mostrando aos adolescentes que o mar existe e pode ser a base de uma opção profissional credível.
- Inovar na criação de novas e mais disciplinas de inovação e empreendedorismo azul como forma de potenciar a criatividade e abertura de espírito para novas atividades e profissões.
- Continuar a garantir e promover o acesso a uma formação superior nas CTM.

Poluição marinha:

- Promover a criação de estações de monitorização da poluição atmosférica nas rotas marítimas ao longo da costa ocidental e algarvia, em colaboração com as autoridades portuárias, e criar modelos de simulação da dispersão desta poluição.
- Avaliar o impacto da poluição de origem terrestre ao longo da costa portuguesa e o seu impacto nos recursos biológicos, identificando os vetores, as pressões e os impactos.
- Promover a ligação da monitorização do tráfego marítimo com modelos de previsão da probabilidade de colisões e encalhe de navios, difundindo um alerta para os serviços de combate à poluição marinha.

- Identificar os processos de geração de lixo marinho, a sua trajetória e destino final no oceano e o seu impacto sobre os ecossistemas, e consequente desenvolvimento de estratégias de prevenção e redução.
- Avaliar as possibilidades técnicas de recolha do lixo marinho, seu tratamento adequado, e potencial para a valorização, nomeadamente através do aumento das quantidades e tipos de plásticos reciclados e da inovação na produção de materiais para novos usos, na ótica da economia circular.
- Avaliar o desenvolvimento de novos materiais que possam substituir o plástico e apoiar no desenvolvimento de novas cadeias de valor associadas à recolha, degradação, reciclagem e redistribuição do plástico oceânico.
- Desenvolver novas tecnologias biológicas e sustentáveis de deteção e degradação de plásticos oceânicos, *in loco* ou não. Aposta em novas formas de bioplásticos e substitutos.

Transporte marítimo e construção naval:

- Desenvolver tecnologia para responder às necessidades impostas pela legislação e pelas convenções ratificadas por Portugal (e.g. Convenção MARPOL -Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios).
- Desenvolver tecnologia para a construção de navios menos poluentes e inovadores, incluindo os de controlo remoto e de tripulação reduzida.
- Promover conhecimentos avançados de eficiência energética e hidrodinâmica dos navios.
- Desenvolver tecnologia para melhorar a eficiência operacional dos navios.
- Desenvolver tecnologia e soluções estruturais para aumentar a resistência de navios a colisões e encalhes.
- Desenvolver conceitos inovadores de embarcações de recreio e competição náutica.



5.5 Fatores críticos para o desenvolvimento futuro nas quatro dimensões identificadas

Os fatores críticos para o desenvolvimento com sucesso de uma agenda de inovação no mar podem ser agrupados em três grandes temas: instalações-piloto para teste e demonstração, disponibilidade de recursos humanos e necessidades financeiras.

Instalações piloto para teste e demonstração

A exploração comercial dos produtos da inovação e por vezes a própria criação de mercado requerem a criação de protótipos e de programas de demonstração. Com efeito, a qualidade da investigação demonstra-se essencialmente através da publicação, mas a qualidade da inovação prova-se sobretudo pela demonstração e implementação em contexto pré-comercial.

Os protótipos devem ser instalados em zonas piloto (e.g. para aquacultura em mar aberto ou extração de energias marinhas) as quais devem ser objeto de monitorização intensa e de modelação operacional que deve gerar previsões que serão validadas com dados de monitorização e que ajudarão a extrapolar os resultados para outros ambientes, condição essencial para a sua comercialização.

As instalações piloto devem ainda ser acompanhadas por:

- Melhoria da capacidade de disseminação de resultados de investigação, desenvolvimento e inovação para aumento de visibilidade e credibilidade;
- Aumento da capacidade de gestão de dados;
- Acesso a dados e a modelos de monitorização de escala regional;
- Apoio ao desenvolvimento de sistemas 4.0 mais acessíveis financeiramente aos utilizadores;
- *Em específico para a aquacultura*
 - Validação de modelos de fluxos de massa para otimização de processos produtivos e maximização da retenção dos nutrientes fornecidos sob a forma de rações;
 - Validação do ciclo de vida associado aos modelos de produção em mar aberto e recirculados em terra;
 - Validação da cadeia de valor para produtos de aquacultura;
 - Validação da capacidade de sobrevivência das estruturas flutuantes de aquacultura a tempestades representativas da costa portuguesa;
 - Validação da capacidade de operação dos navios de apoio às instalações de mar aberto, nomeadamente da sua interação com as infraestruturas flutuantes;
- *Em específico para os recursos genéticos*
 - Implementação do Protocolo de Nagoya a nível nacional e criação de *front office* único para licenciamento de amostragem e obtenção de amostras, assim como de comercialização e definição de condições de acesso e partilha de material genético;
 - Criação de um banco nacional de coleções marinhas com catalogação adequada e acesso agilizado, transparente e devidamente enquadrado do ponto vista legal;
 - Desenvolvimento de infraestruturas nacionais (e até europeias), partilhadas e que podem prestar serviços comerciais, para rastreio, desenvolvimento de processos e produção de compostos bioativos em média e larga escala, com as respectivas unidades de pós-processamento;

- Potenciamento do desenvolvimento de novos produtos marinhos derivados de recursos genéticos já identificados e com potencial bioativo já definido (*proof of concept*);
- *Em específico para os recursos energéticos*
 - Desenvolvimento/reequipamento de laboratórios para a realização de testes à escala de forma a validar protótipos com baixo nível de TRL (e.g. tanque de ondas e correntes).

Recursos humanos

Uma cultura de inovação implica a formação de recursos humanos com preparação técnica, científica e empresarial, através da cooperação entre universidades, institutos e empresas, para facilitar a adaptação dos *curricula* à realidade de um mercado em evolução muito rápida, onde o empreendedorismo tem grandes oportunidades. Aqui também é fundamental o desenvolvimento de programas de formação avançada multidisciplinares focados nas ciências, tecnologias e gestão do mar, e neste caso com forte contexto empresarial, de forma a contribuir para o aumento da incorporação por parte das empresas de meios humanos altamente qualificados. No campo da literacia do oceano, importa potenciar as competências de comunicação dos investigadores junto de professores e educadores das áreas mais focadas nas tecnologias marinhas, para através destes chegar aos jovens e desenvolver vocações para as CTM.

É fundamental estimular a mobilização de equipas interdisciplinares para soluções de inovação, numa base colaborativa, que potencie a aceleração do desenvolvimento de cada disciplina através da exploração das interfaces com outras disciplinas. Também a promoção da cooperação entre setores tradicionais e emergentes, e entre a academia e a indústria, tem um potencial de alavancar a economia do mar através da incorporação do conhecimento científico no desenvolvimento tecnológico.

Financiamento

O financiamento dos custos de proteção da PI e dos custos de transferência de tecnologia entre universidades e institutos e empresas, estimulando o desenvolvimento de investigação aplicada direcionada para o mercado, deve ser promovido através do desenvolvimento de protótipos e de instalações piloto (referido acima) e da criação de institutos de interface entre instituições de investigação e empresas, que deverão gerir produtos pré-comerciais. Alguns destes financiamentos devem ser de longo prazo (na ordem da década), como sejam os sistemas de observação e modelação do oceano.

PARTE III

Capítulo 6 – Conclusões

6.1 Desafios: a agenda e a sociedade Portuguesa

O foco que o mar tem tido na agenda internacional e nacional é incontornável e essa crescente atenção não é separada da evolução do conhecimento científico e das novas tecnologias como base fundamental para uma governação responsável do oceano. O oceano é fonte de recursos, de regulação, de bem-estar, de possibilidade de movimento, numa sociedade cada vez mais global. Pela sua dimensão, com uma ZEE considerável e no decorrer do processo de extensão da plataforma continental para além das 200 milhas marítimas, e pela sua posição geoestratégica, com posição de charneira no Oceano Atlântico e às portas do Mar Mediterrâneo, bem como dimensão cultural, Portugal afigura-se como um dos países com elevado potencial de desenvolvimento a partir do mar.

Ligar este desenvolvimento e a compreensão das grandes alterações globais e os riscos ligados ao mar, e abordados nesta agenda, ao conhecimento científico e técnico, e à capacidade de inovar e empreender, será necessário para a tomada de decisão consciente e como base de um desenvolvimento sustentável.

Portugal é mar e a sociedade portuguesa pode beneficiar, desde as populações na zona costeira ao interior, de uma cadeia de valor associada aos serviços marinhos e marítimos, constituindo a exploração do mar um pilar da economia nacional. Esse benefício deverá estar associado à noção de responsabilidade social para a sustentabilidade do meio marinho, assente na preservação e conservação dos seus ecossistemas, na exploração responsável e sustentável dos seus recursos, e no equilíbrio entre as vertentes social e económica e na promoção do bem-estar da sociedade portuguesa. Este é o grande desafio desta agenda do mar, que nos próximos 10 anos se deverá focar na I&I no espaço atlântico e, principalmente, no oceano aberto e no mar profundo.

6.2 As áreas estratégicas para a Investigação e a Inovação até 2030

A nível nacional existe já uma comunidade científica e tecnológica que pode aspirar a ser um dos líderes mundiais de I&I do oceano, sendo necessário um grande esforço, consenso, colaboração e envolvimento de todos os intervenientes da comunidade científica, tecnológica e de inovação, de forma a dotar o país das infraestruturas e recursos humanos, necessários à I&I ao nível da bacia atlântica. Estes objetivos só se podem atingir com políticas de I&I e educação focadas para estes desafios, numa lógica de cooperação internacional de forma a gerar financiamentos e sinergias que permitam atingir uma posição de liderança. O AIR Centre deverá vir a ter um papel de relevo na cooperação com países de fora da UE.

Os Acordos de Galway e de Belém e a Década das Nações Unidas da Ciência do Oceano para o Desenvolvimento Sustentável 2021-2030 são iniciativas que Portugal deve aproveitar para levar a bom termo a presente agenda. A resposta aos requisitos impostos pela DQEM cria também oportunidades de I&I, exigindo ferramentas inovadoras de monitorização e de gestão. Os ODS das Nações Unidas, para acabar com a pobreza, promover a prosperidade e o bem-estar de todos, proteger o meio ambiente e combater as alterações climáticas, têm no oceano muitas das respostas para os atingir e, portanto, são mais um dos mecanismos que a comunidade científica e de inovação ligada ao oceano deve aproveitar.

Na presente agenda um grupo alargado de peritos da comunidade nacional científica, tecnológica e de inovação ligada ao mar focou grandes áreas em que Portugal deve apostar no futuro: 1) conhecimento

integrado do oceano; (2) conhecimento e na exploração responsável e sustentável dos recursos marinhos; (3) avaliação dos riscos naturais e antrópicos, dos impactos das alterações globais, e no desenvolvimento e implementação de medidas para a sua mitigação; e (4) conhecimento do passado e evolução do oceano e na promoção de uma relação mais participativa da sociedade com o oceano.

A partir destas áreas, importa salientar que a I&I em Portugal necessita de projetos de demonstração que dêem visibilidade ao conhecimento e tecnologias disponíveis no seio de equipas portuguesas, de forma a facilitar o acesso dessas equipas ao mercado mundial, propondo-se três programas prioritários: (1) Observação e Previsão da Evolução das Margens Continentais e do Atlântico Profundo; (2) Exploração de Recursos Marinhos; e (3) Adaptação à Mudança Global. A implementação destes projetos em rede é a forma mais eficaz de divulgação das equipas portuguesas e por isso o AIR Centre, com projetos focados no Oceano Atlântico e nas suas margens continentais, será relevante na criação de oportunidades de promoção da investigação e do potencial de inovação das universidades e das empresas portuguesas.

Um programa **Observação e Previsão da Evolução das Margens Continentais e do Atlântico Profundo**, teria como objetivo a implementação de projetos regionais e/ou locais, produzindo conhecimentos e tecnologias partilháveis à escala do Atlântico e informação que, combinada, melhore o conhecimento do Atlântico à escala global. Tradicionalmente as margens oceânicas são estudadas à escala local e regional e a interação entre esta escala e a escala global faz-se numa perspetiva de *downscaling*, ou seja, o modelo local é ajustado pelos resultados de modelos globais. Assim, a escala global fornece serviços à escala regional/local, mas não recebe serviços fornecidos por esta, i.e., não há *upscaling*. No entanto, se os dados obtidos *in situ*, portanto localmente (e os resultados dos modelos validados a partir deles), forem assimilados pelos modelos de escala global (*upscaling*), a qualidade dos resultados à escala global melhora, melhorando a solução global, com benefícios para todos os utilizadores. O mesmo racional se aplica a projetos de estudo do oceano profundo, embora sejam menos comuns do que os de estudo da margem. A observação e modelação e previsão de variáveis no Oceano Atlântico devem, por conseguinte, ser abordadas nas suas múltiplas escalas e multidisciplinariedade, com enfoque nos processos de *downscaling* e de *upscaling*, de forma a criar conhecimento e serviços ao longo das margens do oceano e de regiões do mar profundo, tendo em vista a exploração responsável e sustentável de recursos biológicos, minerais e energéticos. Este é um programa alinhado essencialmente com os ODS 13 e 14. Especial atenção deve ser dada à investigação, instrumentação e monitorização de estruturas geológicas ativas com potencial sísmogénico, e metodologias de previsão de maremotos, dado o elevado risco associado em Portugal.

Um programa **Exploração de Recursos Marinhos** justifica-se porque, com a extensão da plataforma continental, Portugal fica com soberania sobre os recursos do solo e subsolo marinhos de uma vasta área do nordeste do Oceano Atlântico. Além disso, os problemas que se colocam à exploração responsável e sustentável dos recursos são também semelhantes no Atlântico Sul, nomeadamente no Sistema da Corrente de Benguela (Angola, Namíbia e África do Sul) e dos seus recursos pesqueiros (e.g. sardinha e biqueirão), mas também em zonas do Atlântico Sudoeste (Brasil, Uruguai e Argentina), podendo referir-se, como exemplo, os recursos biológicos e minerais da Elevação do Rio Grande. Em muitas destas zonas da bacia atlântica existem importantes ecossistemas marinhos vulneráveis, muito ricos em biodiversidade, que é preciso conhecer, mapear e preservar. Em cerca de 99% dos ecossistemas marinhos falta um conhecimento básico e adequado do ecossistema como um todo, da biodiversidade existente, em particular de biodiversidade não animal, e apenas 5% do fundo do oceano está atualmente mapeado, em grande parte com baixa resolução. Esta lacuna de conhecimento não permite que se tomem medidas adequadas de gestão, mas desde já necessárias, para preservar os ecossistemas marinhos nacionais, especialmente os do mar profundo. Este é um programa alinhado essencialmente com os ODS 2 e 14.

O programa **Adaptação à Mudança Global** justifica-se pelo papel fundamental que o oceano tem no sistema climático terrestre. Sem conhecer o oceano e a paleoceanografia não é possível ter previsões

credíveis sobre futuros cenários de alterações globais, nomeadamente climáticas e, por conseguinte, tomar medidas de adaptação. Existe uma tendência do aumento da temperatura global do oceano, sendo o Atlântico Norte quem mais tem contribuído para esse aquecimento. É também necessário perceber que papéis têm na saúde dos ecossistemas marinhos os impactos cumulativos das alterações climáticas, poluição marinha e outras pressões antrópicas, em comparação com as tendências de variação a grande escala dos sistemas. O fitoplâncton marinho produz 50% do oxigénio terrestre e é a base da cadeia alimentar marinha até aos peixes, mamíferos e aves. Alterações nesta cadeia alimentar, devido a mudanças globais, podem em última análise afetar o consumo de produtos alimentares de origem marinha e a saúde humana. Este é um programa para multirrisco alinhado essencialmente com os ODS 7, 13 e 14. A adaptação à mudança global envolve a escala global do Atlântico e por isso beneficia diretamente do “upscaling” descrito acima.

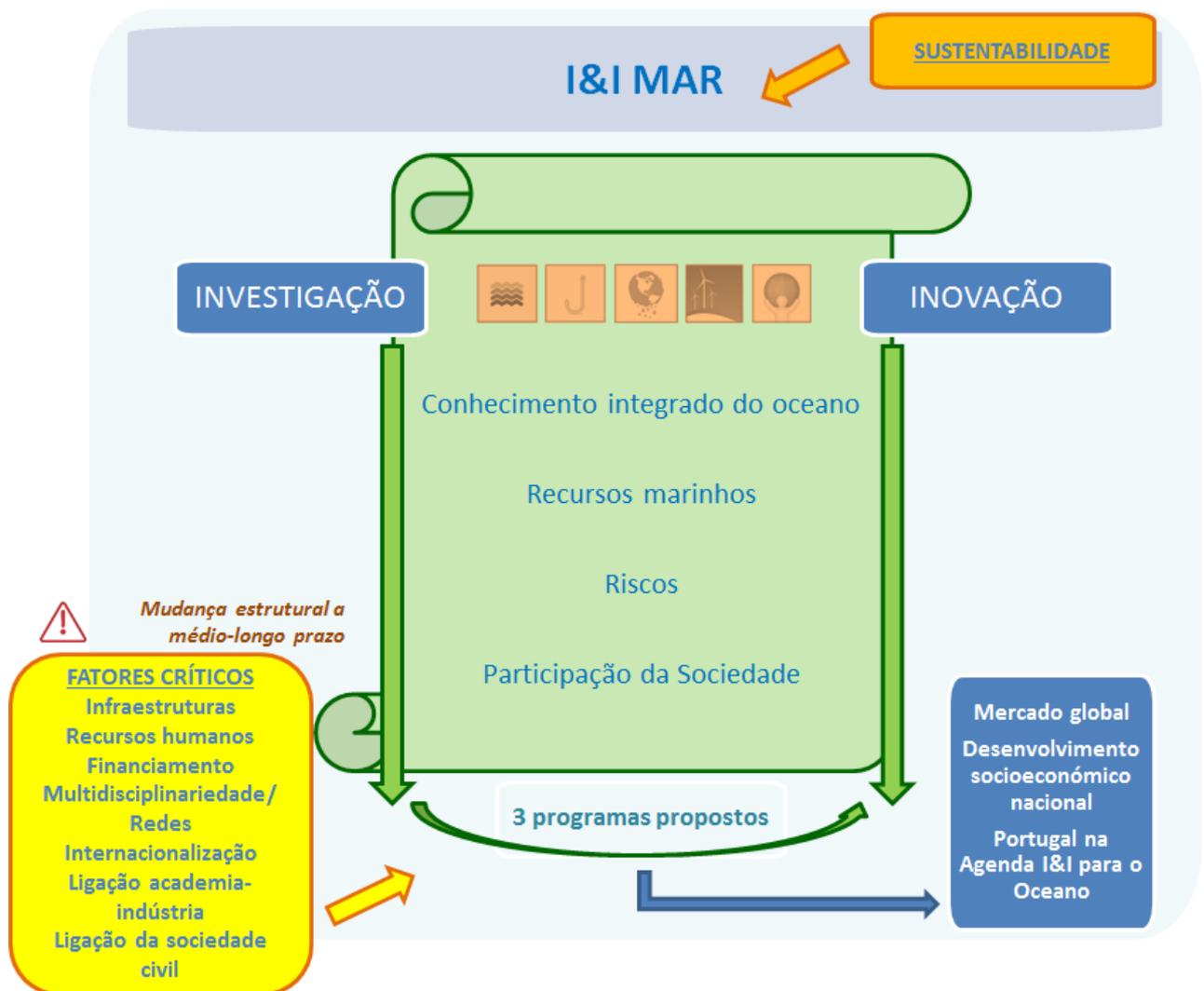


Figura 10: Esquema ilustrativo das dinâmicas da Agenda de I&I para o Mar.

6.3 Inovação, governança e desenvolvimento socioeconómico

AI&D para a economia do mar entrou nos anos mais recentes na mira das estatísticas nacionais, o que é revelador do interesse em acompanhar a investigação e a inovação no mar como forma de potenciar o desenvolvimento do país. De igual forma, as estruturas criadas para acompanhar a ciência no mar, a política do mar, a exploração dos recursos marinhos, a educação e a literacia do oceano, mostram a importância do oceano para Portugal.

Para que a I&I no mar potencie o desenvolvimento socioeconómico, os objetivos preconizados por esta agenda devem ser atingidos de forma inclusiva, visando promover mudanças estruturais e não conjunturais, pois estas, embora sejam mais fáceis de atingir, são menos duradouras. Para que a médio/longo prazo o oceano seja central na I&I em Portugal, considera-se necessário e transversal aos programas propostos fomentar a interdisciplinariedade para o mar e uma colaboração mais estreita entre as várias instituições nacionais que promovem a I&I no mar, que permita capacitar os cidadãos para tomar decisões informadas que tenham em conta a necessidade de proteger, usar e explorar de maneira responsável e sustentável os recursos oceânicos, bem como apostar na relação da sociedade com o oceano e inovar na forma como o país promove ações de sensibilização e de relacionamento dos jovens com o mar. A implementação da agenda deverá conduzir à criação de infraestruturas colaborativas e meios humanos e à mobilização dos meios materiais necessários a uma verdadeira I&I no mar, para que Portugal acompanhe a agenda internacional da I&I para o oceano.

Acrónimos

- ADN – Ácido Desoxirribonucleico
- AMP – Área Marinha Protegida
- ASVs - Autonomous Surface Vehicle
- AUVs - Autonomous Underwater Vehicle
- BD – Bolsas de doutoramento
- BLUEMED – Iniciativa de investigação e inovação para promover a economia azul na bacia do Mediterrâneo através da cooperação
- BPD – Bolsas de pós-doutoramento
- CBD - Convenção sobre a Diversidade Biológica, ou *Convention on Biological Diversity*
- CLIVAR – Climate and Ocean: Variability, Predictability and Change
- CNUDM - Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar
- COI – Comissão Oceanográfica Intergovernamental
- COSMO - Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental
- CTM – Ciências e Tecnologias do Mar
- CSM – Conta Satélite do Mar
- DGEEC - Direção Geral de Estatísticas de Educação e Ciência
- DGPM – Direção-Geral de Política do Mar
- DOC – Denominação de origem controlada
- DQA - Diretiva-Quadro da Água
- DQEM - Diretiva-Quadro Estratégia Marinha
- EBSAS – Ecologic Biologic Significant Areas
- EEA - Espaço Económico Europeu
- EI-ERRO - Estratégia Industrial para as Energias Renováveis Oceânicas
- EMB – European Marine Board
- EMBRC – European Marine Biological Research Centre
- EMODnet - European Marine Observation and Data Network
- EMSO - European Multidisciplinary Seafloor and water-column Observatory
- ENEA - Estratégia Nacional de Educação Ambiental 2020
- ENEI - Estratégia Nacional de Investigação e Inovação para uma Especialização Inteligente
- ENGIZC - Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira
- ENM – Estratégia Nacional para o Mar
- ENM – Estratégia Nacional para o Mar 2013-2017
- EOOS - European Ocean Observing System

ERIC – European Research Infrastructure Consortium

ESA - European Space Agency

G7 - Grupo dos Sete (Alemanha, Canadá, EUA, França, Itália, Japão e Reino Unido)

G20 – Grupo dos 20 (África do Sul, Argentina, Brasil, Canadá, EUA, México, China, Japão, Coreia do Sul, Índia, Indonésia, Arábia Saudita, Turquia, Alemanha, França, Itália, Rússia, Reino Unido, Austrália, União Europeia)

GES - Good environmental status

GLOBEC - Global Ocean Ecosystem Dynamics

GO-SHIP – The Global Ocean Ship-Based Hydrographic Investigations Program

H2020 - Programa-Quadro de Investigação e Inovação da União Europeia para o período 2014-2020

HAB - Harmful algal bloom

I&D – Investigação e Desenvolvimento

I&I - Investigação e Inovação

IGBP - International Geosphere-Biosphere Programme

IODP - International Ocean Discovery Program (2013-2023)

IODP - International Ocean Drilling Program (2003-2013)

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P.

IPSFL – Instituição Privada sem Fins Lucrativos

JPI Oceans – Iniciativa de programação conjunta Mares e Oceanos Saudáveis e Produtivos

KIC – Knowledge and Innovation Community

LBOGEM – Lei de Bases do Ordenamento e Gestão do Espaço Marítimo Nacional

Litoral XXI - Plano de Ação para o Litoral

LO – Literacia do Oceano

MARPOL - Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios

MCTES – Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior

MNE – Ministério dos Negócios Estrangeiros

MOHID - Water Modelling System

MSG - Satélite geostacionário Europeu Meteosat de Segunda Geração

NASA - National Aeronautics and Space Administration dos EUA

NEAMTWS - Tsunami Early Warning and Mitigation System in the North-eastern Atlantic, the Mediterranean and Connected Seas

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration (dos Estados Unidos da América)

OBIS - Ocean Biogeographic Information System

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU (ODS 2 – Erradicar a fome; ODS 7 – Energias renováveis e acessíveis; ODS 9 – Indústria, inovação e infraestruturas); ODS 13 - Ação Climática; ODS 14 - Proteger a Vida Marinha; ODS 17 – Parcerias para a implementação dos objetivos).

ONG – Organização Não Governamental

ONU - Organização das Nações Unidas

OSPAR - Convenção para a Proteção do Meio Marinho no Atlântico Nordeste

OTEC – Ocean Thermal Energy Conversion, ou conversão de energia térmica do oceano

PAGES - Past Global Changes (projeto)

PANGAEA – base de dados *Data Publisher for Earth & Environmental Science*

PI – Propriedade Intelectual

PIB - Produto Interno Bruto

PDCTM – Programa Dinamizador das Ciências e Tecnologias do Mar

PME - Pequena e Média Empresa

PNM – Produtos Naturais Marinhos

PMP – Plano Mar-Portugal (da ENM 2013-2020)

POC - Programas da Orla Costeira

POEM – Plano de Ordenamento do Espaço Marítimo

Protocolo de Nagóia - Protocolo sobre o acesso a recursos genéticos e a partilha justa e equitativa dos benefícios que advêm da sua utilização

PT2020 – Acordo de Parceria entre Portugal e a Comissão Europeia para o período 2014-2020, que reúne a atuação dos cinco Fundos Europeus Estruturais e de Investimento (FEEI) com vista à coesão e desenvolvimento económico, social e territorial de Portugal, entre 2014 e 2020.

QREN – Quadro de Referência Estratégico Nacional (enquadramento para a aplicação da política comunitária de coesão económica e social em Portugal no período 2007-2013)

REACH - Registo, Avaliação, Autorização e Restrição de Substâncias Químicas

ROMS - Regional Ocean Modeling System

ROV – Remotely Operated Vehicle

SCAR - Standing Committee on Agricultural Research

SNCT – Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia

SNIMAR - Sistema Nacional de Informação do Mar

SNMB - Sistema Nacional de Monitorização de Moluscos Bivalves

SPTHA – Seismic Probabilistic Tsunami Hazard Assessment

TRL - Technology readiness levels, ou Nível de Preparação de Tecnologia

UE - União Europeia

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

VAB - Valor Acrescentado Bruto

WOCE – World Ocean Circulation Experiment

7.ºPQ - Sétimo Programa-Quadro de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico da União Europeia, para o período 2007-2013



FUNDAÇÃO PARA A CIÊNCIA E A TECNOLOGIA

AV. D CARLOS I, 126, 1249-074 LISBOA, PORTUGAL
T. [+351] 213 924 300

WWW.FCT.PT