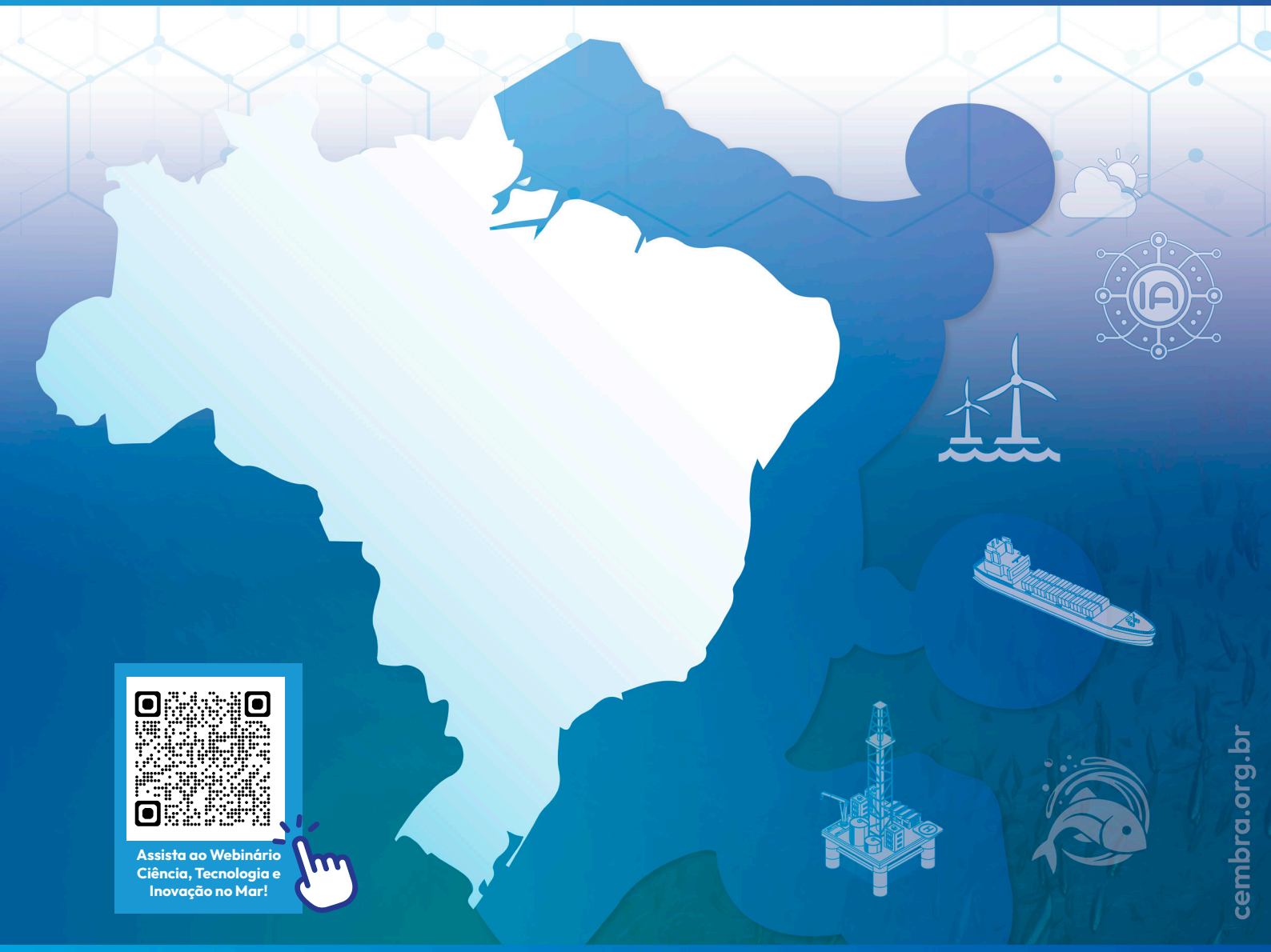
Cembra

Caderno 01/2024

Ciência, Tecnologia e Inovação no Mar, com ênfase no Desenvolvimento Sustentável



Assista ao Webinário Ciência, Tecnologia e Inovação no Mar!

cembra.org.br

MARINHA DO BRASIL
COPPE UFRJ
FURG
FEMAR
Universidade Federal Fluminense
DGDNTM
AMN

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Even3 Publicações, PE, Brasil)

C569 Ciência, Tecnologia e Inovação no Mar, com ênfase no Desenvolvimento Sustentável: Caderno Nº 1 - 2024/ Organização de Julio Soares de Moura Neto, Marcelo Francisco Campos, Sidney Luiz de Matos Mello - Niterói: Cembra, 2024.

DOI 10.293327/5406911
ISBN 978-65-272-0630-9

1. Ciência e tecnologia. 2. Ciências do Mar. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Moura Neto, Julio Soares de. II. Campos, Marcelo Francisco. III. Mello, Sidney Luiz de Matos. IV. Centro de Excelência para Mar Brasileiro (Cembra).

CDD 600

Allini Paulini - CRB-4/2185



Centro de Excelência para o Mar Brasileiro© (Cembra)
Autorizada a reprodução parcial desde que citada a fonte

Cembra

Caderno 01/2024

Ciência, Tecnologia e Inovação no Mar, com ênfase no Desenvolvimento Sustentável

O Caderno de Ciência, Tecnologia e Inovação no Mar, com ênfase no Desenvolvimento Sustentável, apresenta o conhecimento acumulado a partir do Webinário sobre Ciência, Tecnologia e Inovação no Mar, com ênfase no Desenvolvimento Sustentável, e visa servir de orientação para projetos e políticas públicas direcionadas ao Mar Brasileiro, pois foi balizado por amplo debate entre especialistas, agentes públicos e comunidade do mar.

O Caderno sintetiza cada tema e aponta diretrizes e necessidades emergentes para acelerar ações, de modo a garantir a soberania científica sobre a Amazônia Azul.

Ao publicizar este documento, o Centro de Excelência para o Mar Brasileiro (Cembra) cumpre tão somente sua missão precípua de estimular e propor ações estruturantes relacionadas à pesquisa e ao aproveitamento do Mar Brasileiro aos tomadores de decisão, reforçando sempre a consciência marítima na sociedade brasileira.



Sumário

6 **Introdução**





8 **A evolução das Ciências do Mar no Brasil:** Produção científica e formação de pessoal

18 **O oceano e as mudanças climáticas:** Biodiversidade, poluição marinha e riscos à sustentabilidade do planeta

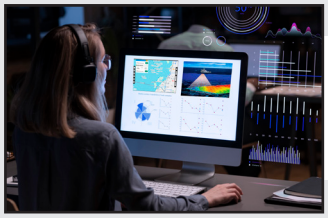




28 **Os sistemas observacionais oceânicos:** Infraestrutura de C&T oceânica para exploração oceanográfica, geológica e geofísica

31 **Energias renováveis no mar (ondas, marés, vento e solar):** Transição Energética

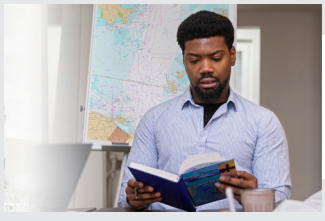




33 **Análise de Big Data, IA, IoT Marítima:** inteligência artificial na indústria marítima

35 **Diretrizes e necessidades emergentes:** A soberania em CT&I na “Amazônia Azul”





37 **Conclusões e Recomendações**

Caderno 01/2024

Ciência, Tecnologia e Inovação no Mar, com ênfase no Desenvolvimento Sustentável

Organização

Almirante de Esquadra (Ref.) Julio Soares de Moura Neto - Coordenador Executivo do Centro de Excelência para o Mar Brasileiro (Cembra)
Almirante de Esquadra (RM1) Marcelo Francisco Campos - Presidente da Fundação de Estudos do Mar (FEMAR)
Prof. Dr. Sidney Luiz de Matos Mello – Universidade Federal Fluminense (UFF)

Colaboração

Prof. Dr. Marcio de Castro Silva Filho (USP/FAPESP)
Prof. Dr. Pedro Leite da Silva Dias (IAG/USP)
Prof. Dr. Cristiano Mazur Chiessi (EACH/USP)
Prof. Dr. Jefferson Cardia Simões (UFRGS)
Profa. Dra. Margareth da Silva Copertino (FURG)
Vice Almirante (RM1) Antonio Fernando Garcez Faria (LEPLAC/DHN)
Prof. Dr. Milton Kampel (INPE)
Prof. Dr. Alex Cardoso Bastos (UFES)
Prof. Dr. Luigi Jovane (IO/USP)
Prof. Dr. Luis Americo Conti (EACH/USP)
Capitão de Mar e Guerra Paulo Roberto Costa Junior (CHM/DHN)
Capitão de Fragata (T) Vladimir Costa Maluf (CHM/DHN)
Vice Almirante (RM1) Alfredo Martins Muradas (DGDNTM)
Engenheiro Sr. Daniel Cleverson Pedroso (Petrobras)
Prof. Dr. Milad Shadman (COPPE/UFRJ)
Físico Sr. Maurício Otaviano de Queiroz (TidalWatt)
Contra Almirante (RM1) Marcos Lourenço de Almeida (IALA)
Capitão de Mar e Guerra (RM1) Carlos Norberto Stumpf Bento (ENAVNET)
Capitão de Mar e Guerra (RM1) Luiz Antonio Raymundo da Silva (Praticagem Carioca)
Engenheiro Sr. Luiz Gustavo Cruz Henriques (Porto do Açu Operações S.A)
Engenheiro Sr. Rodrigo Bermelho (Vale)
Capitão de Fragata (T) Márcia Helena Moreira Valente (IEAPM)

Revisão

Prof. Dr. Alex Cardoso Bastos (UFES)
Prof. Dr. Cristiano Mazur Chiessi (EACH/USP)
Prof. Dra. Marília de Carvalho Campos (EACH/USP)
Dra. Thaise Machado Senez Mello (UERJ)

Apoio Técnico

Capitão de Mar e Guerra (RM1) Frederico Antonio Saraiva Nogueira
Capitão de Mar e Guerra (RM1) Marco Antonio Pires de Almeida
Capitão de Mar e Guerra (RM1-T) Giovana Araújo Siqueira Costa

Assessoria de Comunicação Social

Capitão-Tenente (T) Bruno Braga Britto de Oliveira - Revisão Editorial
Terceiro Sargento (PL) Caio Cesar Paiva Lima - Projeto Gráfico

Introdução

Como Nação marítima voltada para o Oceano Atlântico Sul, o Brasil depende fortemente dos recursos oceânicos, costeiros e de ecossistemas lagunares e estuarinos para o seu desenvolvimento sustentável. A ciência, tecnologia e inovação (CT&I) para os oceanos é, de fato, uma visão global e estratégica sobre as necessidades urgentes de desenvolver pesquisa e tecnologia e inovações para a exploração sustentável dos recursos naturais dos oceanos, bem como para promover o amplo comércio marítimo, incentivar oportunidades do desenvolvimento de energias renováveis offshore (solar, eólica, ondas, dentre outras) e garantir a defesa estratégica do território nacional.

O desenvolvimento sustentável que abrange os oceanos é o caminho para a chamada Economia Azul, que preconiza o equilíbrio entre a atividade econômica e a capacidade de longo prazo dos ecossistemas oceânicos suportarem tal atividade, permanecendo resilientes e saudáveis. O desenvolvimento sustentável não pode se tornar um estrangulamento opressor do desenvolvimento de alta qualidade da economia do mar, mas sim um propulsor da CT&I em prol das Ciências do Mar, visando melhor caracterização científica do meio marinho e buscando meios tecnológicos capazes de mitigar impactos ambientais nos oceanos.

Essa premissa serviu de estímulo para o Centro de Excelência para o Mar Brasileiro (Cembra) pautar o tema Ciência, Tecnologia e Inovação no Mar, com ênfase no Desenvolvimento Sustentável, com alta relevância para o Mar Brasileiro, especialmente na Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (2021 – 2030).

Há reconhecido interesse global sobre os oceanos como fonte de alimento, energia, água, recursos minerais e naturais, comércio e defesa. Estados costeiros procuram estender a soberania sobre águas marinhas contíguas ao seu território emerso, com base em requisitos técnico-científicos aprovados pela Comissão de Limites da Plataforma Continental (CLPC), instituição criada pela Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar e vinculada à Organização das Nações Unidas (ONU).

O Brasil, por meio do Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira (LEPLAC) da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), já solicitou o reconhecimento internacional de uma área marítima com a expansão da jurisdição brasileira para cerca de 5,7 milhões de km². Este espaço integra a Amazônia Azul, que inclui o Mar Territorial Brasileiro, a Zona Econômica Exclusiva (ZEE) e a extensão da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (PCJB) para além das 200 milhas náuticas (aproximadamente 370 km), traçada a partir das linhas de base da costa brasileira. A PCJB compreende essencialmente o leito e o subsolo das áreas submarinas, que se estendem além das 200 milhas náuticas.

Se por um lado essa notável extensão da Amazônia Azul representa uma grande vantagem estratégica para o Brasil no Atlântico Sul, por outro, redobra a necessidade de investimento no levantamento de detalhamento do conhecimento submarino ao largo da costa brasileira. Apenas 25% da topografia submarina foi mapeada com precisão batimétrica ao redor do planeta e apenas 2% do fundo do mar é conhecido com precisão métrica. O conhecimento dos parâmetros oceanográficos, geológicos e geofísicos relacionados a natureza do fundo, hidrologia, correntes marítimas, propriedades ópticas e acústicas, campos magnéticos e gravitacionais é incompleto e depende sobremaneira da coleta de dados in situ.

Assim, cresce a urgência de estudos científicos de detalhe do Mar Brasileiro e uma abordagem prioritária do tema no Brasil. A soberania na Amazônia Azul requer profundo conhecimento científico e tecnológico, visando à apropriação do meio para o bem-estar da população, segurança e defesa nacional.

Nos dias 20, 22, 24 e 27 de novembro de 2023, o Cembra realizou um Webinário sobre Ciência, Tecnologia e Inovação no Mar, com ênfase no Desenvolvimento Sustentável, reunindo reconhecidos cientistas, engenheiros, oficiais da Marinha do Brasil e a iniciativa privada que atuam no segmento portuário e marítimo, para atualização do conhecimento científico marinho em tópicos de interesse. O objetivo do Webinário foi fornecer subsídios e aprofundar a compreensão sobre os oceanos, a gestão sustentável dos seus recursos vivos e não vivos e as tecnologias e inovações atualmente empregadas nas atividades marítimas e portuárias. Desta forma, o Webinário possibilitou uma análise do conhecimento nacional sobre o tema em diferentes tópicos, uma avaliação de lacunas do desenvolvimento da CT&I das Ciências do Mar no Brasil e das necessidades de formulação de políticas e programas de investimento para o futuro próximo.

Os temas abordados no Webinário foram contextualizados como desafios para o Brasil superar barreiras e concretizar o potencial da Economia Azul, a saber:

- A evolução das Ciências do Mar no Brasil: produção científica e formação de pessoal;
- O oceano e as mudanças climáticas: biodiversidade, poluição marinha e riscos à sustentabilidade do planeta;
- Os sistemas observacionais oceânicos: infraestrutura de C&T oceânica para exploração oceanográfica, geológica e geofísica;
- Energias renováveis no mar (ondas, marés, vento e solar): transição energética; e
- Análise de Big Data, Inteligência Artificial (IA) e Internet das Coisas (IoT): emprego nas atividades marítima e portuária.

O presente Caderno apresenta o conhecimento acumulado a partir do Webinário e visa servir de orientação para projetos e políticas públicas direcionadas ao Mar Brasileiro, pois foi balizado por amplo debate entre especialistas, agentes públicos e comunidade do mar. O Caderno sintetiza cada tema e aponta diretrizes e necessidades emergentes para acelerar ações, de modo a garantir a soberania científica sobre a Amazônia Azul.

Ao publicizar este Caderno, o Cembra cumpre tão somente sua missão precípua de estimular e propor ações estruturantes relacionadas à pesquisa e ao aproveitamento do Mar Brasileiro aos tomadores de decisão, reforçando sempre a consciência marítima na sociedade brasileira.



Avanços significativos na tecnologia permitiram a exploração mais profunda e abrangente dos oceanos. No início do século XX, o sonar revolucionou a navegação e o mapeamento, permitindo cartografar o fundo do mar com detalhes sem precedentes. Esta tecnologia levou à descoberta das cordilheiras mesoceânicas que propiciou evidências fundamentais para a teoria tectônica de placas. Esta teoria proporcionou uma compreensão global de processos geológicos como terremotos, atividade vulcânica, formação de montanhas e a formação de fossas oceânicas. Isto só foi possível pelo mapeamento do fundo do oceano e pelo estudo de anomalias magnéticas ao longo das cordilheiras mesoceânicas. Outra descoberta significativa foi a existência de fontes hidrotermais ao longo das cordilheiras mesoceânicas, no final da década de 1970. Os ecossistemas dessas regiões, que prosperam na ausência de luz solar, revelaram que a vida poderia ser sustentada pela quimiossíntese, mudando fundamentalmente a nossa compreensão de possíveis ambientes que dão suporte à vida.

O desenvolvimento de submersíveis e veículos operados remotamente (ROVs) permitiram que humanos e instrumentos explorassem profundidades anteriormente inacessíveis, enquanto a tecnologia de satélite desempenhou um papel crucial na ciência marinha, permitindo a detecção remota em larga escala de parâmetros oceanográficos, como a temperatura da superfície do mar, a salinidade e a concentração de clorofila.

O pós-guerra, nas décadas de 50 e 60, viabilizou a colaboração internacional e a criação de organizações dedicadas à investigação marinha. A Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI) da Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), fundada em 1960, e a Organização Marítima Internacional (IMO) são exemplos de organizações que desempenharam papéis cruciais na promoção da ciência marinha e na proteção dos ambientes marinhos. A Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (UNCLOS), adotada em 1982, foi um acordo histórico que estabeleceu diretrizes para a gestão e conservação dos recursos e ambientes marinhos.



O conhecimento atual dos oceanos sublinha sua importância fundamental para a vida na Terra e seu papel crítico no apoio e sustentação dos ecossistemas do planeta e das sociedades humanas. Tal importância cobre dimensões ecológicas, econômicas, culturais e científicas, a saber:

• Regulação climática: o oceano absorve uma quantidade significativa de radiação solar e distribui o calor por todo o globo através de suas correntes, desempenhando papel fundamental na regulação do clima. Esta distribuição de calor é essencial para criar os padrões climáticos e manter as temperaturas que sustentam a vida.

• Sumidouro de carbono: os oceanos funcionam como um importante sumidouro de carbono, absorvendo cerca de 30% do dióxido de carbono (CO2) produzido pelos seres humanos, reduzindo assim o impacto dos gases de efeito de estufa (GEEs) na atmosfera. O fitoplâncton do oceano contribui para a produção de oxigênio através da fotossíntese, fornecendo uma fonte vital do ar que respiramos.

• Biodiversidade: o oceano abriga uma vasta gama de vida, desde o menor plâncton até os maiores mamíferos. Abriga uma parcela significativa da biodiversidade mundial, incluindo muitas espécies que ainda não foram descobertas. Estes ecossistemas marinhos proporcionam habitats específicos que apoiam a sobrevivência e a diversidade da vida marinha.

• Recursos econômicos: os oceanos são fonte de alimento, energia, minerais e outros recursos naturais. A pesca e a aquicultura constituem uma fonte primária de proteínas para milhares de milhões de pessoas em todo o mundo. Além disso, o oceano oferece fontes potenciais de energia renovável a partir da conversão de energia térmica oceânica, dos sistemas eólico, de correntes marinhas, das ondas e das marés, e contém minerais e recursos genéticos que são valiosos para diversas aplicações.

• Transporte e comércio: os oceanos têm sido essenciais para transporte, exploração e comércio há milhares de anos. A maior parte do comércio internacional é conduzida através de rotas marítimas, tornando o transporte marítimo uma espinha dorsal da economia global. A importância estratégica das rotas marítimas moldou a geopolítica e as relações internacionais ao longo da história.

• Valor cultural e recreativo: para muitas culturas ao redor do mundo, o oceano é uma fonte de inspiração, recreação e significado espiritual. As comunidades costeiras e marítimas desenvolveram modos de vida únicos e profundamente ligados ao mar. O oceano também oferece oportunidades recreativas que contribuem para o bem-estar humano e o desenvolvimento econômico, incluindo turismo, desporto e atividades de lazer.

• Investigação científica e educação: o oceano é uma vasta fronteira para a exploração e investigação científica, oferecendo oportunidades, dentre outras, de ampliar o conhecimento sobre a evolução da Terra, o sistema climático e a biologia marinha. A compreensão dos processos oceânicos é crucial para o desenvolvimento de práticas de gestão sustentáveis, a proteção dos ambientes marinhos e o avanço do conhecimento médico, tecnológico e ambiental.

• Mitigação de riscos naturais: ecossistemas costeiros como manguezais, recifes de coral e zonas úmidas desempenham um papel crucial na proteção das linhas costeiras contra erosão, tempestades e inundações. Estas barreiras naturais podem ajudar a mitigar o impacto dos riscos naturais protegendo as comunidades costeiras e reduzindo os custos associados aos danos e à resposta a catástrofes.

• Comunicação internacional: atualmente existe uma super infraestrutura de cabos submarinos nos oceanos que é responsável por mais de 90% da transmissão de dados entre os países e continentes. Os cabos submarinos são conexões submersas nos oceanos — entre estações terrestres de rede — usadas para transmitir sinais de telecomunicações, como a internet. São milhares de quilômetros de cabos e repetidores atravessando mares e conectando o planeta.

> *Estima-se que o comércio de bens e serviços baseados nos oceanos valha pelo menos US$ 2,5 trilhões por ano, cerca de 3% do PIB global em 2020. As oportunidades econômicas baseadas nos oceanos para as quais ainda não existem mercados, tais como serviços de ecossistemas marinhos, são estimadas em pelo menos US$ 24 trilhões.*

O desenvolvimento das Ciências do Mar avançou graças às contribuições de numerosas instituições em todo o mundo. Estas instituições têm estado na vanguarda da inovação tecnológica, da descoberta científica, da educação e da formação de cientistas especializados em Ciências do Mar. Os esforços de colaboração entre instituições de todo o mundo continuam a ampliar os limites do nosso conhecimento do mundo marinho, abordando desafios globais como as mudanças climáticas, a perda de biodiversidade e a utilização sustentável dos recursos marinhos.

Inúmeros institutos de pesquisa em Ciências do Mar se destacam no cenário internacional. O Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI, fundado em 1930, em Massachusetts, EUA), é um dos principais centros mundiais de pesquisa, exploração e educação oceânicas. O Scripps Institution of Oceanography (fundado em 1903, na Califórnia, EUA) é um dos maiores e mais importantes centros de pesquisa, educação e serviço público em ciências oceânicas e terrestres do mundo. O Lamont-Doherty Geological Observatory (LDGO, fundado em 1949, na Universidade de Columbia, EUA), agora Lamont-Doherty Earth Observatory, se mantém como um dos principais centros. Cientistas do Lamont foram os primeiros a mapear globalmente o fundo dos oceanos e a desenvolver um modelo computacional que pudesse prever um evento climático El Niño. Os cientistas do mesmo instituto também foram os primeiros a fornecer provas concretas para a teoria das placas tectônicas e a revelar o papel dos oceanos no desencadeamento de mudanças climáticas abruptas. O National Oceanography Centre (NOC, com sede no Reino Unido) é uma instituição líder em investigação oceanográfica, incluindo ecologia de águas profundas, circulação oceânica e mudanças climáticas. O NOC opera dois dos navios de investigação do Reino Unido, o RRS James Cook e o RRS Discovery, e esteve envolvido em descobertas significativas, como a compreensão dos ecossistemas de águas profundas e os impactos das mudanças climáticas na dinâmica dos oceanos. O Marine Institute, criado sob a Lei do Instituto Marinho de 1991, é a Agência Estatal responsável pela investigação marinha, desenvolvimento tecnológico e inovação na Irlanda, realizando pesquisas ambientais, de pesca e de aquicultura e programas de monitoramento para atender aos requisitos legais nacionais e internacionais. A Agência Japonesa de Ciência e Tecnologia Marinha-Terrestre (JAMSTEC, fundada em 1971) concentra-se em pesquisas em águas profundas, exploração submarina e pesquisas sobre terremotos e tsunamis. Ela opera vários navios de pesquisa e submersíveis de alto mar, incluindo o Shinkai 6500. As contribuições da JAMSTEC para as Ciências do Mar incluem estudos sobre terremotos submarinos, biologia e geologia do fundo do mar, avançando significativamente nossa compreensão dos ambientes submarinos da Terra. O Institut Français de Recherche Pour l'Exploitation de la mer (IFREMER, fundado em 1984, a partir do Centre National pour l'Exploitation des Oceans - CNEXO) é uma instituição líder em investigação marinha e opera sob a supervisão conjunta dos ministérios franceses do Ensino Superior,

Investigação e Inovação, Agricultura e Alimentação e Transição Ecológica. O trabalho do IFREMER abrange, desde a exploração em alto mar até a gestão costeira, pesquisa pesqueira, biotecnologia marinha e monitoramento ambiental. O GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research (Kiel, Alemanha) é uma fundação de direito público, líder em pesquisa marinha no mundo, desde o fundo do mar até a atmosfera, cobrindo um espectro único de processos físicos, químicos, biológicos e geológicos no oceano. Outro instituto alemão que se destaca nas Ciências do Mar é o MARUM – Center for Marine Environmental Sciences (Bremen), comprometido com pesquisa fundamental e imparcial em prol da sociedade, do meio ambiente marinho e da sustentabilidade dos oceanos.

As Ciências do Mar no Brasil evoluíram de forma mais lenta e com recursos financeiros e tecnológicos menos significativos do que os exemplos anteriores. Os brasileiros foram movidos pela curiosidade científica e pela necessidade de produzir conhecimento, formando pessoal para assumir liderança estratégica no Oceano Atlântico Sul. As agências de fomento nacionais, Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e, mais recentemente, as Fundações de Apoio à Pesquisa Estaduais (FAPs) juntamente com as universidades públicas brasileiras assumiram papel de destaque na formação de nossos cientistas, sobretudo em colaboração com grandes centros nacionais e internacionais de Ciências do Mar.

Dentre os primeiros institutos de pesquisa brasileiros voltados para as Ciências do Mar está o Instituto Paulista de Oceanografia (IPO, fundado em 1946) que, em 1951, mudou para a Universidade de São Paulo (USP), ficando conhecido como Instituto Oceanográfico (IO). A criação do IPO abriu caminho para a institucionalização das Ciências do Mar no Brasil. Em março de 1953 foi criada a Sociedade de Estudos Oceanográficos do Rio Grande, embrião do curso de oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Nos anos 1960, surgiram o Núcleo de Biologia Marinha da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e a Estação de Biologia Marinha, depois transformada no Laboratório de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará (UFC).



A operação oceanográfica GEOMAR I, realizada em 1969, ao longo da plataforma continental norte do Brasil pelo Navio Oceanográfico Almirante Saldanha, da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, foi um marco na oceanografia brasileira. Esta operação reuniu representantes da Petrobras, Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) e pesquisadores de várias universidades brasileiras. Na época, foi criado o Laboratório de Geologia Marinha (LAGEMAR) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que em 1984 migrou para Universidade Federal Fluminense (UFF). Em paralelo, foi criado o Centro de Estudos Costeiros e Oceanográficos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Neste mesmo ano, a DHN promoveu, com a apoio do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), o "1º. Encontro de Diretores de Instituições de Pesquisas no Mar", visando estabelecer um programa nacional para a pesquisa marinha, até então inexistente. A partir deste encontro, nasce o "Programa Plurianual de Pesquisas no Mar", com o objetivo organizar a utilização dos navios da DHN pelas universidades/laboratórios integrantes do então criado Programa de Geologia e Geofísica Marinha (PGGM). Hoje, o PGGM é formado por 28 instituições efetivas e colaboradoras, atua como instância consultiva para órgãos de governo e mantém projetos de interesse nacional e internacional.

O Projeto Cabo Frio, idealizado pelo Almirante Paulo de Castro Moreira da Silva, em 1974, atualmente incorporado ao Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM), foi criado para ser autossustentável, por meio: da indústria de pesca local; e do desenvolvimento da fertilização das enseadas fronteiriças a Arraial do Cabo, para a produção de peixes, mariscos e camarões, servindo como referência de universidade do mar. Atualmente, o IEAPM abriga inúmeros projeto de ciência e tecnologia no mar e mantém um programa de mestrado e doutorado em biotecnologia marinha.

Em 1972, foi assinado o maior convênio em Ciências do Mar do País, destinado ao Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira (REMAC). Foi o mais integrado, eficiente e eficaz projeto nacional de investigação oceanográfica, geológica e geofísica realizado no Brasil. O projeto congregou universidades brasileiras por meio do PGGM, da DHN e instituições internacionais como o WHOI, LDGO e à época o CNEXO, hoje IFREMER. O conhecimento produzido pela REMAC garantiu em poucos anos o sucesso da exploração de petróleo e gás na margem contimental Brasileira.





Na década de 1980, com a realização do I Plano Setorial para Recursos do Mar (I PSRM), o fomento de projetos e pesquisas em Ciências do Mar passou para a Comissão Interministerial para Recursos do Mar (CIRM). A CIRM constitui um colegiado estabelecido, há 50 anos, para integrar todos os Ministérios com atribuições e interesses relacionados ao mar, visando ao fortalecimento do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), à criação de infraestrutura para pesquisa (equipamentos, repositório de amostras e banco de dados), à utilização de meios flutuantes da Marinha do Brasil para a realização das expedições GEOMAR e GEOCOSTA e, sobretudo, o direcionamento estratégico para as pesquisas. Neste contexto, foi criado em 1988 o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) e, mais tarde em 1989, o Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira (LEPLAC).

A despeito do período auspicioso de pesquisa em Ciências do Mar sob orientação e protagonismo da CIRM, já no final dos anos 1990, a política havia mudado e outros ministérios passaram a ter responsabilidade, por exemplo o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e o Ministério das Minas e Energia (MME). Este último é hoje responsável, desde 1997, pelo Programa de Avaliação do Potencial Mineral da Plataforma Continental Brasileira (REMPLAC) e, desde 2009, pelo Programa de Prospecção e Exploração dos Recursos Minerais da Área Internacional do Atlântico Sul e Equatorial (PROAREA).

O Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil é referência em oceanografia operacional com destacados programas, tais como: GOOS-Brasil, componente GOOS brasileira da Aliança Regional para a Oceanografia no Atlântico Sudoeste Superior e Tropical – OCEATLAN; GLOSS (Global Sea Level Observing System), com atividades relacionadas ao estudo e monitoramento dos oceanos; GLOSS-Brasil, com atividades relacionadas ao monitoramento do nível do mar em águas jurisdicionais brasileiras; e PNBOIA, implementado a partir de dois subprogramas complementares de boias, em face da extensa área de responsabilidade do Brasil, de acordo com a Organização Meteorológica Mundial (OMM), para efeito de monitoramento e previsão do tempo, assim como os fenômenos meteorológicos e oceanográficos e dos regimes climáticos observados no Brasil.

O quadro atual de pesquisas em Ciências do Mar no Brasil apresenta, em termos de produção científica, um crescimento exponencial a partir do ano 2000. Em destaque estão a USP, a UFRJ, a FURG, a UFF e a UFRGS. As áreas de conhecimento desta produção envolvem oceanografia, mudanças climáticas, geologia e ecologia e conservação, enquanto os órgãos de fomento são capitaneados pelo CNPq, CAPES, FAPESP, Fundação Carlos Chagas de Amparo à Pesquisa, National Science Foundation (EUA), Petrobras, Agência Nacional do Petróleo (ANP), National Environment Research Council (Reino Unido) e Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), dentre outros. Sistemas de publicações científicas internacionais registraram cerca de 1.800 citações de artigos científicos produzidos por pesquisadores nacionais, denotando a qualidade da produção do conhecimento no País.

A produção científica em Ciências do Mar em 2022 alcançou 13 mil artigos científicos, esboçando no período, um aumento de 40% na colaboração internacional. Os maiores parceiros científicos dos brasileiros são os EUA, França, Australia, Portugal e Argentina. Porém, a capilaridade da pesquisa em Ciências do Mar brasileira alcança países de todos os continentes, demonstrando enorme inserção internacional. Um grande número das pesquisas em Ciências do Mar lideradas ou integradas por brasileiros resultaram em dados e informações relevantes para agências internacionais, como a FAO, União Europeia, OMS, World Metereological Organization, United Nation Environmental Program, UNESCO, dentre muitas outras. E também serviram para agregar conhecimento como políticas públicas em outros países como: EUA, União Europeia, França, Canadá, Reino Unido, Australia, Alemanha, dentre outros. Mais de 295 instituições em 56 países se beneficiaram da pesquisa brasileira de alguma forma.

A formação de recursos humanos em Ciências do Mar vem sendo historicamente fomentada pelas universidades brasileiras por meio do Ministério da Educação (MEC), com apoio da CAPES e CNPq na formação pós-graduada. A partir do VI Plano Setorial para Recursos do Mar, a CIRM criou o PPG-Mar com o propósito de apoiar, consolidar e avaliar a formação de recursos humanos em cursos de graduação e pós-graduação em Ciências do Mar. O PPG-Mar é coordenado pela CAPES. Entre 1974 e 2024 foram graduados 5.700 estudantes em oceanografia, tendo como base 14 cursos de norte a sul do País. Não foram computados aqui estudantes de graduação de outros cursos como geologia, geofísica, biologia, meteorologia e geografia, que direcionam suas vocações para o mar. Ao todo existem 40 cursos de graduação com modalidades reconhecidas na área de Ciências do Mar. A Plataforma Sucupira da CAPES mostrou 94 programas de pós-graduação com mestrado e doutorado, bem como linhas de pesquisa e produção científica envolvendo a temática Ciências do Mar. O número de mestres e doutores formados em 2022 foi 212 e 94, respectivamente. No ano de 2022, constou no repositório da CAPES 5.271 dissertações de mestrado e 1.808 teses de doutorado.

Em 1984, o MEC liberou recursos para a construção de quatro embarcações denominadas Laboratórios de Ensino Flutuantes, as quais se tornaram realidade entre 2014 e 2020. Os navios, conhecidos como Ciências do Mar I, II, III e IV, estão, respectivamente, sob a responsabilidade regional da FURG, UFMA, UFF e UFPE, com papel de promover pesquisa e a experiência embarcada para estudantes ao longo de plataforma continental brasileira. Os navios possuem 32 metros de comprimento, autonomia de 3.300 milhas náuticas e capacidade para acolher 17 pesquisadores e 9 tripulantes, sendo equipados para atividades de oceanografia, geologia e geofísica a partir de projetos específicos.



Navio Oceanográfico Alpha Crucis do IO-USP e Navio de Pesquisa Hidroceanográfico (NPqHo) Vital de Oliveira da Marinha do Brasil.

Apenas dois navios de pesquisas nacionais atendem requisitos para ampla pesquisa oceanográfica além da plataforma continental brasileira: (1) Navio de Pesquisa Hidroceanográfico (NPqHo) Vital de Oliveira da Marinha do Brasil e (2) Navio Oceanográfico Alpha Crucis do IO-USP. O País ainda carece de investimentos em pesquisa no mar, bem como de equipamentos científicos, considerando a extensão da Amazônia Azul e a necessidade de formar de recursos humanos especializados no mar.

Os dados refletem a vanguarda dos EUA, Europa e Ásia nas Ciências do Mar em todos os aspectos em razão de tempo, volume de investimento e visão estratégica. No entanto, é importante destacar que a formação de recursos humanos no Brasil vem sendo exitosa, a despeito do País dispor de poucos navios oceanográficos razoavelmente equipados para pesquisa além da plataforma continental. Os equipamentos para pesquisas no mar são importados, custosos e escassos nas instituições brasileiras. Por isto, a cooperação internacional tem servido para promover trabalhos de campo conjuntos no mar e alçar padrões internacionais de competitividade. A comunidade científica nacional tem respeitabilidade global não só pela sua formação em universidades brasileiras e internacionais como pela sua produção científica, que tem alta qualidade embora numericamente menor que a dos países da América do Norte, Europa e Ásia. Este é um grande desafio brasileiro a ser superado em prol de um futuro promissor de conhecimento em Ciências do Mar.

A agenda nacional para as Ciências do Mar é ambiciosa, conforme o Plano Setorial para Recursos do Mar (PSRM) e repleta de atores responsáveis pela organização. São inúmeros planos, programas e projetos com demanda diferenciada de recursos e pessoal. Vale destacar, dentre muitos outros, o Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR), o Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (REMPLAC), Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE), Programa de Prospecção e Exploração de Recursos Minerais da Área Internacional do Atlântico Sul e Equatorial (PROAREA) e Programa de Pesquisa Científica em Ilhas Oceânicas (PROILHAS). Os recursos necessários para a logística, o financiamento da pesquisa em programas e projetos e a guarda dos dados coletados não está em consonância com a realidade nacional. Há um longo caminho pela frente para uma tomada de decisão estratégia factível com investimento em pesquisa oceânica e projeção de metas para infraestrutura e resulta-

dos para fins nacionais. Vários ministérios são responsáveis por esta extensa agenda, demandando recursos muitas vezes na mesma fonte de financiamento governamental. A centralidade na política de Ciência do Mar no Brasil deve ser fortalecida sob a égide da CIRM, considerando ser notória a primazia das universidades brasileiras e seus pesquisadores nas condições de levantamentos científicos e na execução das missões oceanográficas.

A centralidade da política de Ciência do Mar no Brasil, muito fortalecida sob a égide da CIRM, durante a década de 1980, evidencia a importância de maior sintonia estratégica entre objetivos e recursos no contexto de prioridades, financiamento, execução e a avaliação dos resultados para o País. Ministérios e órgãos de governo tomam para si responsabilidades sem os recursos necessários e pessoal para desenvolver e executar programas e projetos, mantendo extensa estrutura organizacional de baixa eficiência.

Paradoxalmente, desde 2008, o MCTI criou o Programa Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCTs) para articular e agregar, em nível nacional, os melhores grupos de pesquisa em áreas de fronteira da ciência e campos estratégicos para o desenvolvimento sustentável do País e impulsionar a pesquisa científica competitiva internacionalmente. Uma alternativa estratégica de maximização da estrutura e formar recursos humanos altamente qualificado instalados em universidades e institutos no País. Vale destacar, dentre muitos outros, os seguintes Institutos: INCT-Mar COI; INCT – AmbTropic; INCT Pro-Oceano; INCT-Atlântico; INCT – TMCOcean; e INCT - Energia e Ambiente e INCT da Criosfera.

Desta forma, há uma evidente dispersão de recursos em bases organizacionais, descontinuação de programas e criação de novos, enquanto exemplos internacionais de sucesso apontam para necessidade de organização centralizada estatal, expansão e consolidação da infraestrutura de pesquisa embarcada, o compartilhamento dos dados para geração de conhecimento, a contínua capacitação e formação de pessoal, o fortalecimento e consolidação de banco de dados nacional (i.e., BNDO) aos moldes de bancos internacionais de armazenamento, guarda, acesso interativo e auditoria científica.

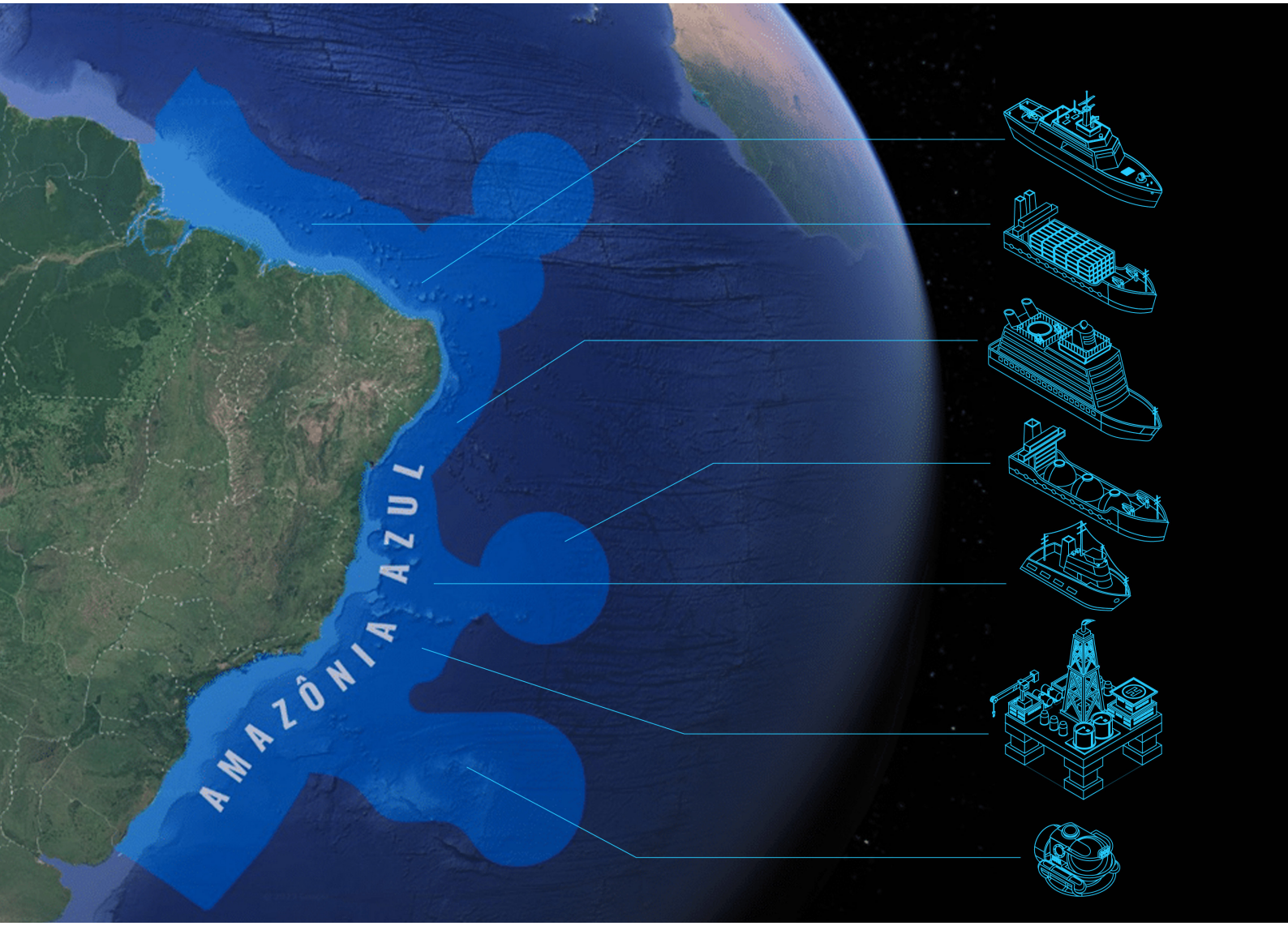
Ademais, o Planejamento Espacial Marinho (PEM) é instrumento público, multissetorial, indispensável para garantir a governança e a soberania da Amazônia Azul, a qual demanda pleno conhecimento científico do meio físico marinho e seus usos, interesses e aplicações estratégicas, econômicas e sociais. É um desafio aprimorar o uso compartilhado do ambiente marinho de forma planejada e organizada, compreendendo dimensões do território nacional e o interesse dos diferentes setores atuantes no mar.

Em 2017, durante a Conferência da ONU para os Oceanos, o Brasil assumiu o compromisso voluntário de implantar o PEM até 2030. O Decreto nº 10.544/2020, aprovou o X Plano Setorial para os Recursos do Mar (X PSRM), incluindo o PEM como uma de suas Ações.

O PEM permitirá o desenvolvimento da Economia Azul em nosso País, por meio do fomento do uso compartilhado e sustentável do ambiente marinho e da geração de divisas e de empregos para o Brasil, garantindo a necessária segurança jurídica para os investidores. O BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Social e Econômico), em parceria com a CIRM, lançou, em 9 de dezembro de 2022, Edital de Seleção Pública para contratação de um parceiro executor, a fim de elaborar estudo técnico para a implantação do Projeto-Piloto do PEM na região marinha do Sul do Brasil, englobando os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Em paralelo, as seguintes atividades relacionadas ao PEM estão sendo desenvolvidas pela CIRM: a capacitação de dezenas de gestores governamentais e não governamentais por meio da realização de cursos; interações com o executivo na elaboração de decreto sobre energia; audiências públicas; participação em dezenas de congressos e em atividades técnicas relacionadas ao ordenamento do espaço marinho; atualização do Vade Mecum do Ambiente Marinho; e carregamento de dados da Amazônia Azul na Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), que permitirá a elaboração de planos de gestão e mapas de diagnóstico e zoneamento do espaço marinho, os quais contemplarão as áreas de proteção e de conservação, bem como a distribuição espacial e temporal dos usos e das atividades em curso no Brasil e potenciais no futuro.

A centralização da gestão e operação para Ciências do Mar no País é fundamental para a apropriação estratégica social, científica e econômica da Amazônia Azul. Urge a expansão e consolidação da infraestrutura de pesquisa embarcada, o compartilhamento dos dados para geração de conhecimento, a contínua capacitação e formação de pessoal, o fortalecimento e consolidação do BNDO aos moldes internacionais como armazenamento, guarda, acesso interativo e auditoria científica. Esses elementos são indispensáveis para o desenvolvimento científico e tecnológico de uma nação marítima.



O oceano e as mudanças climáticas: biodiversidade, poluição marinha e riscos à sustentabilidade do planeta



O sol é a principal fonte de energia para o sistema climático da Terra. Grande parte dessa energia recebida é absorvida nos oceanos, sem, no entanto, implicar em aumento significativo da sua temperatura.

A circulação meridional oceânica distribui o calor entre os hemisférios, movendo águas quentes das baixas latitudes em direção aos polos e águas frias dos polos em direção às baixas latitudes. Tal fenômeno é acoplado com a atmosfera, uma vez que o processo de evaporação e condensação de água oceânica transfere calor latente para a atmosfera. Assim, os oceanos desempenham papel fundamental no armazenamento e distribuição de energia no sistema climático.

O Oceano Atlântico é diferenciado nesse contexto uma vez que é o único que apresenta transporte de calor integrado rumo ao norte nos dois hemisférios. A circulação nesse oceano é denominada de Célula de Revolvimento Meridional do Atlântico (CRMA) e desempenha papel fundamental no equilíbrio térmico global.

As mudanças climáticas afetam o funcionamento desse enorme reservatório de energia. Uma mudança climática pode ser definida como uma mudança no estado do clima que pode ser identificada por alterações na média e/ou na variabilidade de suas propriedades (e.g. padrões de temperatura, precipitação, vento) e que persiste por um período prolongado (décadas ou mais). As mudanças climáticas podem ser atribuídas a processos internos naturais ou forçantes externas, como mudanças no ciclo solar, erupções vulcânicas e mudanças antropogênicas na composição da atmosfera ou no uso da terra.

Assista às palestras relativas a este assunto no Painel 1 do Webinário Ciência, Tecnologia e Inovação no Mar, disponíveis no canal do Cembra do Youtube.

Diversas atividades humanas têm o potencial de induzir mudanças climáticas. A queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) como fontes de energia, o desmatamento, os processos industriais e certas práticas agrícolas e de gestão de resíduos liberam grandes quantidades de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera (e.g., CO2, CH4, N2O).

Os oceanos absorvem cerca de 30% do CO2 emitido pelas atividades antropogênicas, amortecendo os impactos do aquecimento global. À medida que as mudanças climáticas se intensificam, o delicado equilíbrio das funções oceânicas é perturbado, com consequências de longo alcance para a humanidade.

A expansão térmica da água do mar juntamente com o derretimento das calotas polares e dos glaciares têm provocado o aumento do nível do mar, ameaçando as comunidades costeiras com o aumento das inundações, da erosão e da intrusão de água salgada nos recursos de água doce. A maior capacidade de absorção de calor dos oceanos sob aquecimento global pode promover eventos climáticos mais frequentes e severos, como furacões, tufões e ciclones. Estas catástrofes devastam comunidades, mas também impõem custos econômicos pela destruição de infraestruturas e da interrupção das atividades econômicas. A absorção contínua de CO2 pelos oceanos pode provocar acidificação, alterando a composição química da água do mar. Isto põe em risco a vida marinha, particularmente os organismos com conchas ou esqueletos de carbonato de cálcio, como os corais e algumas espécies de plâncton, que constituem a base da cadeia alimentar marinha. O colapso destes ecossistemas afeta a pesca, fonte primária de proteínas para milhões de pessoas.

Para além da pesca, o impacto das mudanças climáticas nos sistemas oceânicos afeta a segurança alimentar global. As alterações nos padrões de precipitação e na disponibilidade de água, impulsionadas pelos processos oceânicos, podem afetar a produtividade agrícola terrestre, resultando em escassez e aumento dos preços dos alimentos.

Há um esforço internacional da ONU, no âmbito da Conferência das Partes (COP), de avaliar a evolução das mudanças climáticas e garantir o cumprimento dos objetivos do Acordo de Paris. Neste acordo foi estipulado que o aquecimento global deve ser mantido bem abaixo de 2ºC, em relação ao período pré-industrial, idealmente 1,5ºC. Nesse contexto, os oceanos têm atraído muita atenção, uma vez que desempenham papel fundamental na regulação climática. Sua preservação tem ganhado destaque nos planejamentos nacionais de prevenção, mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Consequentemente, as Ciências do Mar vêm sendo cada vez mais valorizadas.

Pesquisadores brasileiros de diferentes universidades, institutos e centros de pesquisa têm trabalhado intensamente no tema, inclusive no âmbito dos INCTs do MCTI, os quais reúnem pesquisa altamente qualificada, formação de recursos humanos e interface com a sociedade. Pesquisas nacionais têm contribuído com dados e modelos para acompanhar a eficiência da absorção e transferência de calor nos oceanos. Este processo é complexo, envolvendo vários mecanismos de troca de calor dentro do oceano e entre o oceano e os demais componentes do sistema climático, como a atmosfera, a criosfera e as superfícies terrestres.

Climatologia e (paleo)climatologia no Brasil

O Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) foi estabelecido, nos moldes do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), grupo fundado no âmbito das Nações Unidas pela Organização Meteorológica Mundial e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. O PBMC é um organismo científico nacional com objetivo de reunir, sintetizar e avaliar informações científicas sobre os aspectos relevantes das mudanças climáticas no Brasil. O grupo científico foi criado pelo governo do Brasil para estudar o tema do aquecimento global na perspectiva brasileira.

A (paleo)climatologia é relevante em face à necessidade de se atribuir causas às mudanças ocorridas no clima da Terra no passado, auxiliando na elaboração de cenários climáticos futuros. As diretrizes que norteiam o PBMC são: 1) a necessidade de um profundo conhecimento sobre a variabilidade climática da Terra para que se possa separar os processos climáticos naturais dos antrópicos; 2) a necessidade de se validar os resultados de modelos numéricos utilizados em projeções climáticas futuras com eventos climáticos de natureza extrema, registrados no passado geológico; e 3) a necessidade de se conhecer as possíveis respostas do sistema climático e dos ecossistemas frente a modificações significativas em parâmetros climáticos específicos, tais como a concentração atmosférica dos GEE e aerossóis, atividade solar, temperatura média da atmosfera, além do nível do mar e da temperatura da superfície do mar.

A América do Sul e os oceanos adjacentes apresentam condições climáticas extremamente diversas, envolvendo desde ambientes equatoriais até altas latitudes. O registro instrumental do clima no Brasil e na América do Sul é relativamente curto, raramente ultrapassando 100 anos de duração. Para capturar todas as escalas temporais e mecanismos de variabilidade do sistema climático deve-se recorrer a registros paleoclimáticos, tais como sedimentos marinhos e lacustres, espeleotemas, corais, testemunhos de gelo, anéis de crescimento de árvores, bem como a registros históricos.

Os resultados dos estudos do desenvolvidos pelo PBMC foram apresentadas na forma de painel, descritos a seguir:

• As mudanças na insolação recebida pela Terra em escala de tempo orbital foram a principal causa de modificações na precipitação e nos ecossistemas das regiões tropical e subtropical do Brasil, principalmente àquelas sob a influência do Sistema de Monções da América do Sul (SMAS). Períodos de insolação de verão mais intensa no hemisfério sul foram associados com o fortalecimento do SMAS e vice-versa;

• Em escala de tempo milenar, foram observadas fortes e abruptas oscilações no gradiente meridional de temperatura do Oceano Atlântico, bem como na pluviosidade associada ao SMAS, à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A causa destas mudanças climáticas abruptas reside, provavelmente, em marcantes mudanças na intensidade da Célula de Revolvimento Meridional do Atlântico (CRMA). Períodos de enfraquecimento desta célula foram associados a um aumento na precipitação das regiões tropicais e subtropicais do Brasil;

• Eventos extremos de secas e estiagens prolongadas, principalmente nos biomas da Amazônia, Cerrado e Caatinga, devem aumentar, tornando-se essas mudanças acentuadas a partir da metade do século XXI;

• A temperatura na Amazônia deve aumentar progressivamente de 1ºC a 1,5ºC até 2040, acompanhada de uma diminuição de 25% a 30% no volume de chuvas; entre

3ºC e 3,5ºC entre 2041 e 2070, associadas a uma redução de 40% a 45% na ocorrência de chuvas; e entre 5ºC e 6ºC entre 2071 e 2100;

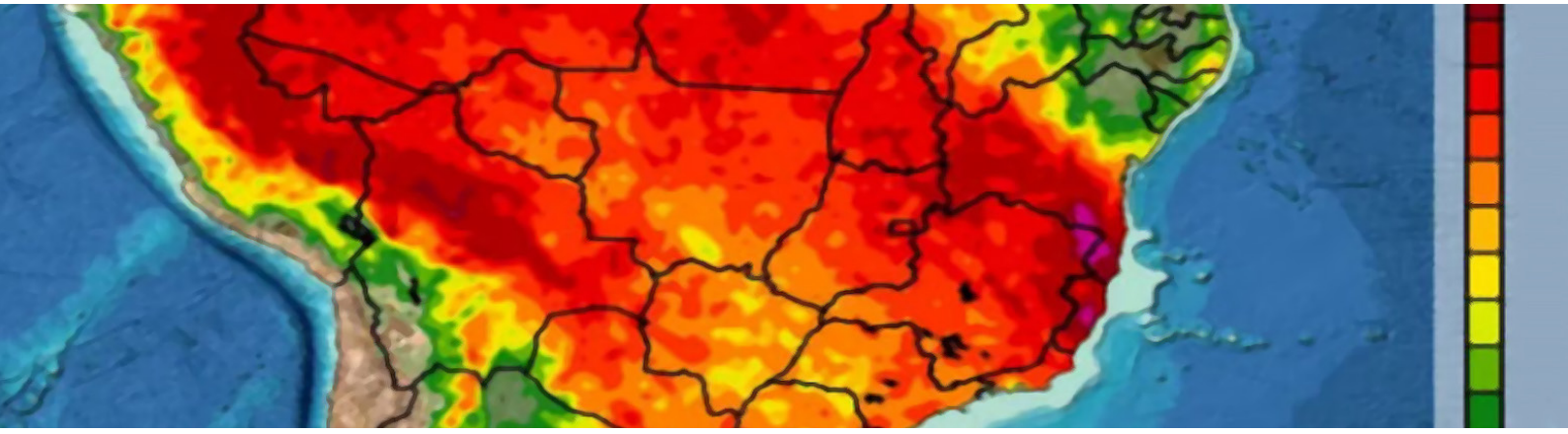
• O nível relativo do mar na costa do Brasil atingiu até cinco metros acima do nível atual entre aproximadamente seis e cinco mil anos calibrados antes do presente e diminuiu gradativamente até o início do período industrial; e

• Análises paleoantracológicas (análises de restos de carvões pretéritos) indicam que por um longo período do Quaternário tardio – isto é, ao longo das últimas dezenas de milhares de anos – o fogo tem sido um fator de grande perturbação em ecossistemas tropicais e subtropicais e, juntamente com o clima, de suma importância na determinação da dinâmica da vegetação do passado geológico.

A intensidade da CRMA, que transporta calor do Atlântico Sul para o Atlântico Norte, poderá diminuir drasticamente ainda neste século. Se isso ocorrer, as consequências poderão ser dramáticas, tanto em escala global quanto, principalmente, nas porções litorâneas dos três continentes banhados pelo Atlântico: América, Europa e África. Tal célula já colapsou no passado geológico, devido a fatores naturais, e seu último colapso teve papel crucial no processo de deglaciação. Grande parte da energia térmica atualmente transportada para as altas latitudes do Atlântico Norte deve ficar retida no Atlântico Sul e no Oceano Austral, impactando os centros de alta e baixa pressão, o regime dos ventos, a intensidade e duração das chuvas, dentre outros padrões.

Esses impactos, reconstituídos com base na análise de testemunhos sedimentares marinhos, são diversos e multifacetados. Cristiano Chiessi, líder do Laboratório de Paleoceanografia e Paleoclimatologia (P2L) da EACH/USP e integrante do PBMC, assinala os seguinte impactos: 1) mudanças nos padrões de precipitação e erosão no Nordeste do Brasil; 2) mudanças na estratificação da porção superior da coluna de água do Atlântico equatorial; 3) mudanças na temperatura do oeste do Atlântico Sul e do leste da América do Sul; 4) mudanças no intercâmbio de águas entre o Oceano Índico e o Atlântico Sul; 5) mudanças na variabilidade multissecular e multidecadal da precipitação sobre o sudeste da América do Sul; e 6) mudanças na posição dos ventos de oeste.

O nível da pesquisa (paleo)climática no Brasil parece muito avançado e competitivo internacionalmente, conforme os resultados alcançados pelo PBMC. O grupo confere ao Brasil enorme respeitabilidade científica internacional, contribuindo para o painel global. Os relatórios publicados pelo PBMC são importantes como referência para tomadores de decisão com vistas a investimentos em recursos humanos, laboratórios e grupos de pesquisa; mais importante ainda pelos resultados estrategicamente centralizados, consistentes e validados, que entrega ao País.



Pesquisa Antártica

A criosfera tem importante papel no sistema climático, o que explica o interesse da ciência brasileira na maior massa de gelo da Terra, a Antártica (90% do volume do gelo do planeta, 13,6 milhões de km², 25 milhões de km³). A Antártica tem grande influência sobre a circulação atmosférica e oceânica da América do Sul e oceanos adjacentes, bem como os processos atmosféricos, biológicos e oceânicos que ocorrem naquela região afetam diretamente o território brasileiro. Dada às suas peculiaridades, a Antártica é uma das regiões do planeta mais sensíveis às mudanças climáticas.

Entre 2013 e 2022, vigorou o Plano de Ação do MCTI no âmbito do PROANTAR, com foco em cinco programas que exploraram conexões entre o ambiente antártico e sul-americano, com ênfase nos processos que afetam particularmente o Brasil, a saber: (1) o papel da criosfera no sistema terrestre e as interações com a América do Sul, com foco na relação entre aquele continente e o clima do Hemisfério Sul, especialmente no continente sul-americano e na evolução dos processos biogeoquímicos ao longo dos últimos 12 mil anos; (2) efeitos das mudanças climáticas na biocomplexidade dos ecossistemas antárticos e suas conexões com a América do Sul; (3) mudanças climáticas e o Oceano Austral, com foco nas investigações dos processos físicos e biogeoquímicos associados às mudanças na circulação do Oceano Austral e sua interação com o gelo marinho e as plataformas de gelo; (4) geodinâmica e história geológica da Antártica e suas relações com a América do Sul; e (5) dinâmica da alta atmosfera na Antártica, interações com o geoespaço e conexões com a América do Sul.

O INCT da Criosfera, com liderança do Centro Polar e Climático (CPC) do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), faz parte desse esforço de pesquisa na região Antártica dentro do PROANTAR, sendo responsável por aproximadamente 60% da pesquisa antártica nacional. É financiado conjuntamente pelo CNPq, CAPES e pela Fundação de Apoio a Pesquisas do Estado do Rio Grande do Sul (Fapergs).



Módulo “Criosfera 1” que tem como objetivo um monitoramento atmosférico ininterrupto, um fator-chave para a melhor compreensão das mudanças e variações climáticas recentes na Antártica.

Por meio de pesquisas na Antártica, foi possível constatar que as concentrações de GEE na atmosfera não encontram precedentes pelo menos nos últimos 800 mil anos. Apesar do efeito estufa ser um processo natural, o planeta vivencia um efeito estufa intensificado, graças às atividades antrópicas, especialmente a partir da revolução industrial. Pesquisas realizadas pelo Laboratório de Estudos do Oceano e da Atmosfera

(LOA/INPE) mostraram que a região antártica vem apresentando aumentos de temperatura e variações ambientais devido às mudanças climáticas dos últimos anos. Com o oceano e a atmosfera mais quentes, a instabilidade das camadas de gelo e das plataformas de gelo é mais pronunciada. Esses últimos processos afetam principalmente o abastecimento de água doce no Oceano Austral, o que pode afetar a formação e exportação de massas de água e, consequentemente, o clima global. Ao redor da Península Antártica, o Mar de Bellingshausen (a oeste), com águas relativamente mais quentes, apresenta maiores taxas de derretimento glacial e de gelo marinho, tipicamente com clima oceânico frio. E a leste, o Mar de Weddell apresenta uma geografia semifechada que sustenta condições muito mais frias, caracteristicamente sob um regime polar-continental frio. Em virtude do derretimento, o aumento da intrusão de águas relativamente mais frias e de menor salinidade nesse oceano altera a estratificação da coluna d'água, afetando a formação de gelo marinho, reduzindo as interações oceano-atmosfera e, consequentemente, afetando o ciclo global da água.

É importante ressaltar a importância do papel da PETROBRAS para as Pesquisas na Antártica devido a sua condição de principal provedora de recursos financeiros, em decorrência de um Termo de Cooperação com a Marinha do Brasil. A logística para a participação dos navios Almirante Maximiano e Ary Rongel na OPERANTAR somente é viável com o combustível adquirido com os recursos da empresa. Além disso, a aquisição de diversos equipamentos e insumos para pesquisa, inclusive para o funcionamento da Estação Antártica Almirante Ferraz - EACF, também são possíveis a partir desses mesmos recursos.

Há que ser reconhecida a relevância da pesquisa polar no Brasil e seus avanços nas últimas décadas graças ao PROANTAR. Os desafios pela frente são enormes, sobretudo na continuidade de investimentos em equipamentos bem como na extensão da pesquisa para outras áreas do vasto continente Antártico, mensurando e avaliando as mudanças pretéritas e atuais.



Militares e pesquisadores seguindo em direção ao Navio Polar Almirante Maximiano.

Biodiversidade Marinha na Amazônia Azul

A biodiversidade resulta de milhões de anos de evolução biológica, sendo componente do suporte à vida em nosso planeta. Além do valor intrínseco de cada espécie, seu conjunto, bem como o de interações entre espécies e destas com o meio físico-químico, resultam em funções ecossistêmicas imprescindíveis para manter a vida na Terra. A ciência da biodiversidade é amplamente reconhecida como área prioritária de investigação científica. No Brasil, a pesquisa em biodiversidade pode ser dividida em três principais vertentes: 1) descoberta e caracterização da biodiversidade, inclusive marinha e em paisagens alteradas - sistemática e taxonomia; 2) compreensão do funcionamento de ecossistemas e serviços ambientais, inclusive marinhos e em paisagens alteradas; e 3) bioprospecção da quimiodiversidade da biota brasileira.

A partir da publicação do Decreto 8.099, de 04 de setembro de 2013, os Centros Nacionais de Pesquisa e Conservação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) assumem o papel de conservação da biodiversidade marinha, a saber: 1) CEPSUL (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Sudeste e Sul), com a missão de coordenar e executar as atividades de pesquisa pesqueira nas regiões Sudeste e Sul; 2) CEPENE (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Nordeste) para subsidiar e orientar os investimentos em frotas e instalações industriais, na pesca e aquicultura de recursos pesqueiros marinhos, estuarinos e de água doce, além de proporcionar informações básicas para aumentar a produtividade na área de captura, dinamizando o sistema de estatística pesqueira para o ordenamento da pesca regional; e 3) CEPNOR (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação da Biodiversidade Marinha do Norte), que tem por objetivo executar pesquisas regionais nas áreas marinhas, estuarinas e de água doce, visando integrar as ações, programas políticos institucionais de gestão integrada da pesquisa em recursos naturais renováveis aquáticos, cabendo-lhe ainda, executar programas e projetos de apoio ao desenvolvimento da pesca artesanal e industrial da região.

Paralelamente, o objetivo principal do INCT da Biodiversidade da Amazônia Azul é estabelecer uma Rede Nacional de Cooperação em Ciência e Tecnologia com ampla capacidade de pesquisa, formação de recursos humanos e extensão sobre a diversidade biológica da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) brasileira e alto mar de forma integrada e multidisciplinar, visando sua investigação e monitoramento que permitam análises



qualificadas para ampliar o potencial preditivo sobre os efeitos das mudanças climáticas e impactos antropogênicos e assim propor estratégias de mitigação para a conservação da biota e todo seu potencial biotecnológico e demais serviços ecossistêmicos.

Desde 2009, o CNPq, criou o Programa “Sistema Nacional de Pesquisa em Biodiversidade” - SISBIOTA BRASIL, com o desafio de alcançar novos patamares para a pesquisa sobre a biodiversidade brasileira. A SISBIOTA MAR, é uma Rede Nacional de Pesquisa em Biodiversidade Marinha que reuniu estudos antes realizados separadamente por universidades, muitas vezes somente em trechos restritos do litoral. A Rede envolve várias universidades brasileiras (com sede na UFSC), com mais de 30 pesquisadores que passaram a planejar e executar estudos em conjunto, com reuniões periódicas para avaliar seu funcionamento. As três frentes principais são: ecologia, conectividade genética e prospecção de substâncias químicas de organismos marinhos.

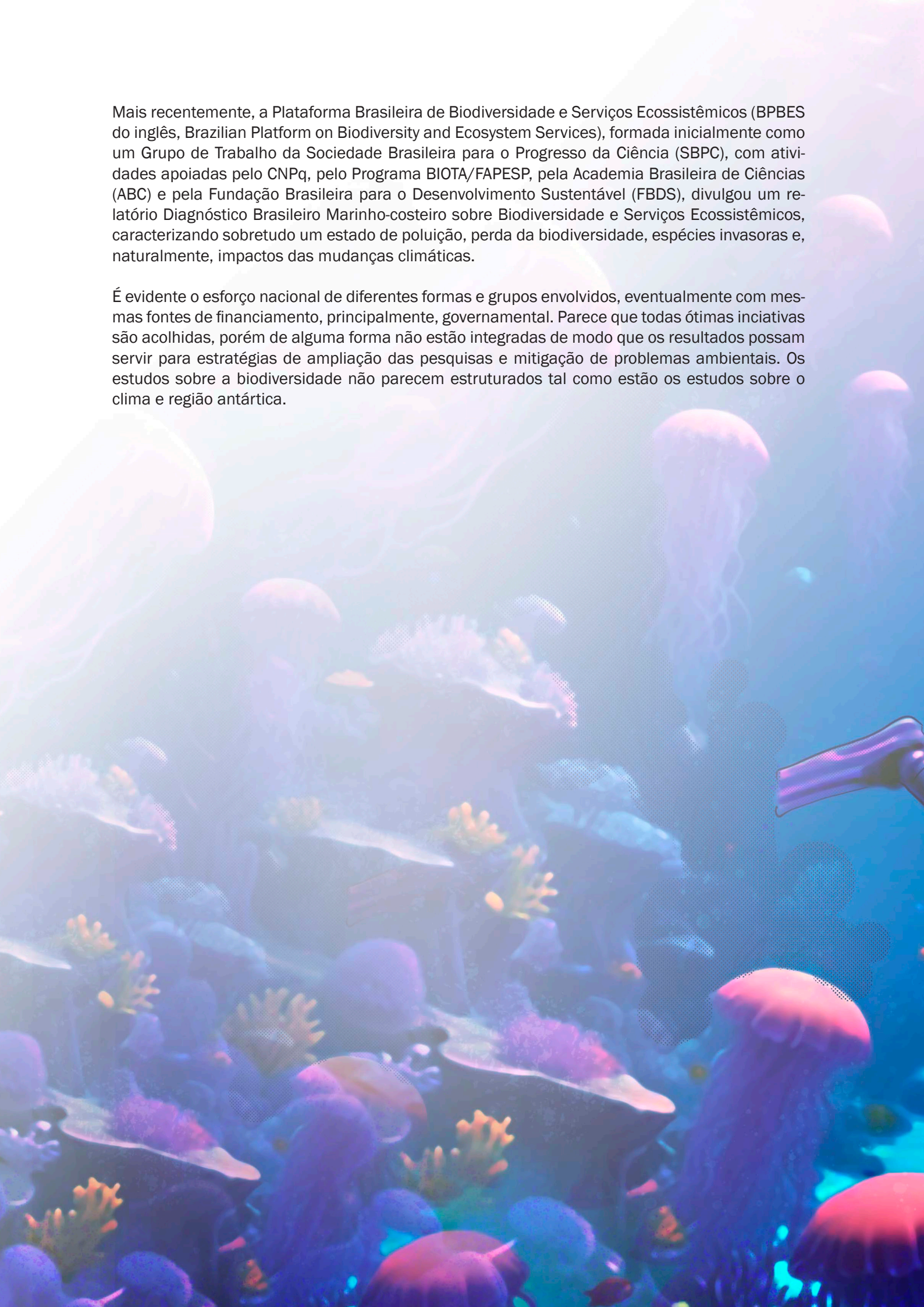
Ademais, pesquisadores da Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros (ReBentos), dedicada ao estudo de organismos que vivem nos substratos marinhos, como algas e corais, lançaram um livro digital (“e-book”) com propostas metodológicas para o monitoramento contínuo e de longo prazo desses ecossistemas no litoral brasileiro. A obra, intitulada Protocolos para o Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros, foi elaborada com a participação de mais de 100 especialistas de todo o País, com organização de Alexander Turra e Márcia Regina Denadai, ambos do IO-USP. A ReBentos com auxílio do programa SISBIOTA reúne atualmente 166 pesquisadores em toda a costa brasileira, pertencentes a 57 instituições de ensino e pesquisas nacionais e internacionais com atuação nos 17 Estados costeiros.

O objetivo do Protocolo é padronizar a coleta de dados e garantir que seja obtida uma amostragem mínima durante o monitoramento. Como nem todas as regiões do Brasil contam com boa infraestrutura, os métodos foram definidos buscando-se presteza, simplicidade dos procedimentos e baixo custo. A costa brasileira e sua diversidade de vegetação e ecossistemas são capazes de armazenar milhões de toneladas de carbono, o que torna o Brasil um bom lugar para testar novos mecanismos para avaliar e conservar o chamado carbono azul. Há preocupação que a falta de estudos de longo prazo da biodiversidade tenha deixado o Brasil para trás na avaliação global das consequências das mudanças climáticas globais em ecossistemas costeiros. O papel da ReBentos é ampliar o conhecimento desse assunto não só no meio acadêmico, mas também para estudantes e o público geral.



Mais recentemente, a Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (BPBES do inglês, Brazilian Platform on Biodiversity and Ecosystem Services), formada inicialmente como um Grupo de Trabalho da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), com atividades apoiadas pelo CNPq, pelo Programa BIOTA/FAPESP, pela Academia Brasileira de Ciências (ABC) e pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS), divulgou um relatório Diagnóstico Brasileiro Marinho-costeiro sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos, caracterizando sobretudo um estado de poluição, perda da biodiversidade, espécies invasoras e, naturalmente, impactos das mudanças climáticas.

É evidente o esforço nacional de diferentes formas e grupos envolvidos, eventualmente com mesmas fontes de financiamento, principalmente, governamental. Parece que todas ótimas inciativas são acolhidas, porém de alguma forma não estão integradas de modo que os resultados possam servir para estratégias de ampliação das pesquisas e mitigação de problemas ambientais. Os estudos sobre a biodiversidade não parecem estruturados tal como estão os estudos sobre o clima e região antártica.





Os sistemas observacionais oceânicos: infraestrutura de C&T oceânica para exploração oceanográfica, geológica e geofísica

Os sistemas de observação nas ciências marinhas servem para investigar, monitorar e compreender a dinâmica complexa dos ambientes marinhos. Esses sistemas abrangem uma variedade de ferramentas, plataformas e metodologias projetadas para coletar dados desde a superfície do oceano até as regiões mais profundas. O objetivo é adquirir dados precisos e contínuos sobre aspectos físicos, químicos, biológicos e geológicos dos ecossistemas marinhos. Sem esta informação, o avanço do conhecimento científico se torna mínimo para apoiar as indústrias marítimas, exploração de recursos naturais e caracterizar áreas de conservação.

Tipos de sistemas observacionais

• Sensoriamento Remoto por Satélite: satélites equipados com sensores orbitam a Terra para monitorar as temperaturas da superfície dos oceanos, o aumento do nível do mar, as concentrações de clorofila (indicando a abundância de fitoplâncton) e outros parâmetros. Esta tecnologia permite a cobertura global e a monitorização de fenômenos de grande escala como o El Niño e a produtividade oceânica.

• Observações in situ: incluem boias fixas e flutuantes, “drones” subaquáticos planadores e veículos subaquáticos autônomos (AUVs) e instrumentos ancorados que medem uma série de dados como temperatura, salinidade, correntes e níveis de nutrientes. Os sistemas in situ fornecem dados de alta resolução cruciais para a compreensão dos processos locais e regionais.



Midjourney© Wirestock© Marinha do Brasil© Saipem©

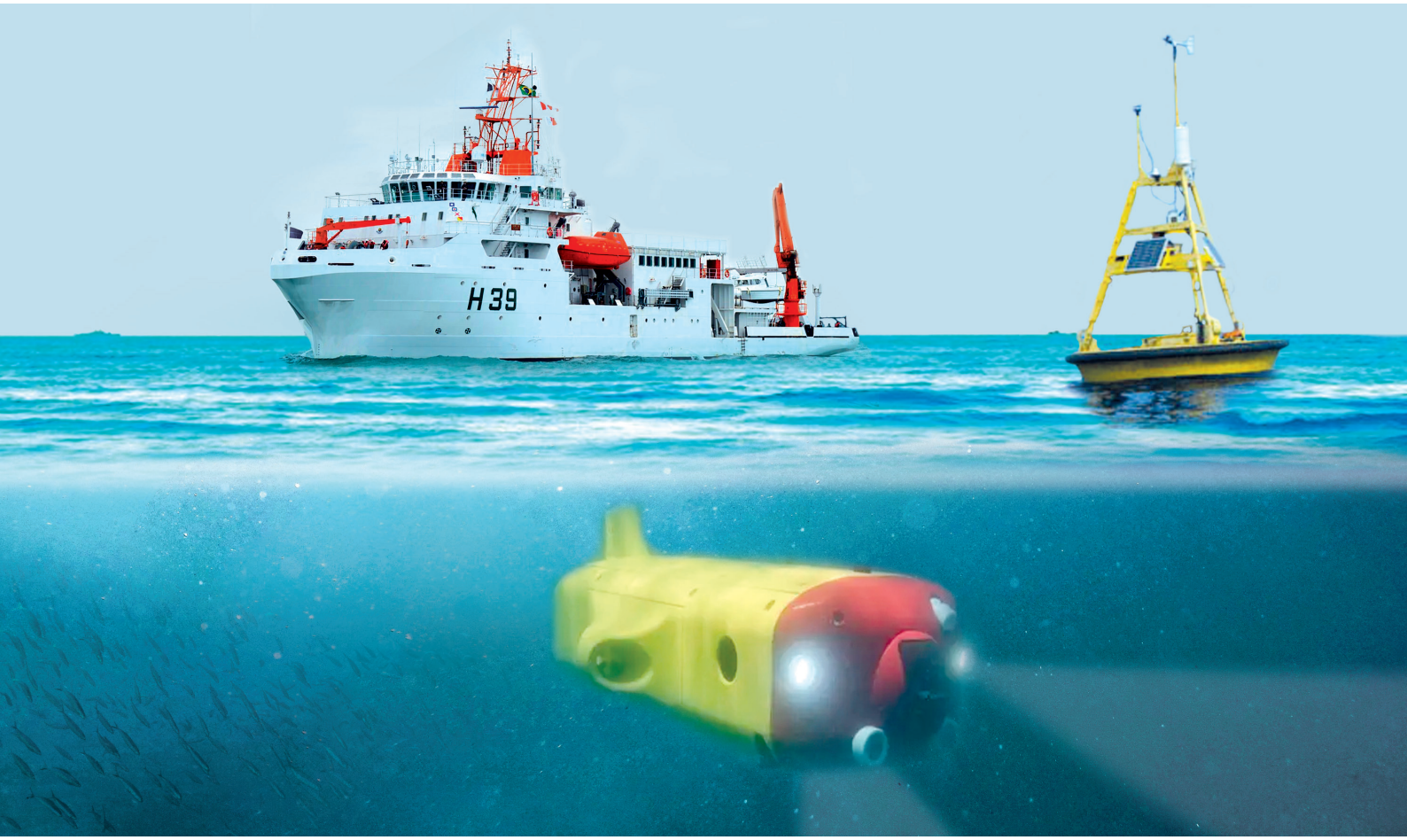
Assista às palestras relativas a este assunto no Painel 2 do Webinário Ciência, Tecnologia e Inovação no Mar, disponíveis no canal do Cembra do Youtube.

• Navios de Pesquisa: navios equipados com instrumentos e laboratórios avançados são fundamentais para a realização de pesquisas oceanográficas. Eles realizam amostragem de coluna d'água e sedimentos, implantam instrumentos de observação e permitem que os cientistas conduzam experimentos diretamente no ambiente marinho.

• Observatórios oceânicos: São redes de sensores e plataformas conectadas, fixas e móveis, que fornecem monitoramento em tempo real e de longo prazo das variáveis oceanográficas. Os exemplos incluem a Iniciativa de Observatórios Oceânicos (OOI) e o programa de flutuação Argo, que implanta milhares de sensores flutuantes em todo o mundo para medir perfis de temperatura e salinidade.

• Programas de Ciência Cidadã: a participação pública na investigação científica expande as capacidades de observação através de atividades como amostragem de água, identificação de espécies e recolhimento de dados sobre detritos marinhos. Estes programas complementam os esforços de investigação profissional e envolvem a comunidade na conservação marinha.

No documento intitulado, "Organização para Pesquisa Oceânica", elaborado pela Secretaria de Políticas para Formação e Ações Estratégicas do MCTI, o Ministério atesta que é fundamental promover a pesquisa científica e tecnológica multidisciplinar dos oceanos e suas interações com a atmosfera e continentes. Há um reconhecimento de que no Brasil não existe uma infraestrutura de guarda de dados marinhos de forma sistemática, concentrada, em tempo real, acessível, e que consiga se integrar com outros sistemas consolidados como o Banco Nacional de Dados Oceanográficos da Marinha do Brasil (BNDO), as componentes marinhas do Biota Brasil e do Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SIBBr), o Ocean Biogeographic Information System (OBIS) e o Global Ocean Observing System (GOOS). Além disso,



destaca a importância de uma infraestrutura que permita a integração de dados de projetos e sistemas de observação continuados de longa duração financiados pelo governo como o Prediction and Research Moored Array In the Tropical Atlantic (PIRATA); Monitoramento da Variabilidade Regional do transporte de calor e volume na camada superficial do Oceano Atlântico Sul (MOVAR) e Sistema de Monitoramento da Costa (SIMCosta), dentre outros.

O MCTI mostra que qualificou o INPO para apoiar estudos, pesquisas e outras atividades científicas nas áreas de oceanografia, interação oceano atmosfera; pesca e aquicultura marinha; engenharia costeira e submarina; instrumentação submarina e biodiversidade marinha e costeira, com vistas ao desenvolvimento científico e tecnológico do País. Dentre seus inúmeros objetivos está apoiar a manutenção, ampliação e modernização da infraestrutura nacional, laboratorial e embarcada, em apoio às suas atividades, mediante a modernização e/ou a implantação de laboratórios, centros de pesquisa, bancos de dados, preferencialmente em cooperação com instituições públicas ou privadas. Ademais, o INPO será responsável por gerir pesquisas e infraestruturas embarcadas oceanográficas em coordenação com órgãos públicos competentes, tais como o Navio Hidroceanográfico Vital de Oliveira e o Navio Hidroceanográfico Cruzeiro do Sul, de uso compartilhado com a Marinha do Brasil. Consequentemente, apoiará a manutenção adequada e incremento dos equipamentos que compreendem sistemas de observação oceânica, bem como implantar uma Infraestrutura de Dados Oceânicos, um sistema nacional de dados para o gerenciamento de informações e uma política de manutenção, armazenamento, controle de qualidade e distribuição de dados para a sociedade.

O País carece de meios flutuantes e equipamentos, salvo a infraestrutura para pesquisa do IO-USP e do INPE (este especificamente na área de sensoriamento remoto). Todavia, possui uma comunidade científica muito desenvolvida em todas as áreas das ciências oceânicas, contando com centros de pesquisa e ensino que realizam pesquisas e mantem sua infraestrutura de pesquisa com apoio da indústria do petróleo (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP) e programas de cooperação internacional, como por exemplo: as perfurações científicas do fundo oceânico.Existem vários INCTs do MCTI com os melhores cientistas do Brasil, que mantém seus laboratórios e equipamentos com mínimos recursos. Enquanto isso, órgãos de governo ampliam a agenda com inúmeros planos, programas e projetos nacionais sem a mínima condição operacional e financeira de realização. O pessoal qualificado está essencialmente nas universidades brasileiras e centros de pesquisa. Os órgãos de governo não têm pessoal para execução em parte ou no todo de projetos e programas agendados. Não obstante, novos organismos são criados para controle e apoio, como uma solução, mesmo sem qualquer infraestrutura de pessoal e equipamentos. Há um flagrante descompasso entre metas, objetivos e recursos, com o propósito de gerar entregas, bem como uma concorrência interna por recursos e espaços de gestão; não há priorização de meios e muito menos de projetos e programas.

Energias renováveis no mar (ondas, marés, vento e solar): Transição Energética

A transição para fontes de energia renováveis é tida como componente crítica no combate às alterações climáticas e na consecução do desenvolvimento sustentável. Os mares e oceanos oferecem um potencial vasto e inexplorado para a geração de energia renovável através das ondas, marés, vento e energia solar. O aproveitamento destes recursos pode desempenhar um papel significativo na transição energética global, afastando-se dos combustíveis fósseis em direção a um sistema energético mais sustentável e de baixo carbono.

A conversão da energia das ondas utiliza a energia contida nas ondas do oceano para gerar eletricidade. Dispositivos como absorvedores pontuais, colunas de água oscilantes e atenuadores são implantados no mar para capturar a energia gerada pelas ondas. Esta forma de energia é abundante, especialmente em regiões costeiras com forte atividade das ondas, e tem potencial para fornecer uma quantidade significativa de eletricidade limpa. Esta fonte não vem sendo aplicada, porém o Brasil manteve, entre 2010 e 2014, uma única usina-teste de geração elétrica a partir das ondas do mar, no porto de Pecém, no estado do Ceará.

A energia das marés aproveita a força dos movimentos das marés – a subida e descida do nível do mar. Existem dois tipos principais de energia das marés: sistemas de correntes de maré, que utilizam a energia cinética da água em movimento, e sistemas de amplitude de maré, que utilizam a energia potencial na diferença de altura entre as marés alta e baixa. A energia das marés é altamente previsível, o que a torna uma fonte confiável de energia renovável. Porém no Brasil, o maior potencial para a geração de energia das marés se encontra somente nas regiões Norte e Nordeste do País e que ainda não foi explorado. A energia das correntes marítimas pode igualmente gerar energia pelo aproveitamento da energia cinética das correntes. Embora não seja amplamente usada atualmente, a energia das correntes marítimas possui um importante potencial para a futura geração de eletricidade. As correntes marítimas são mais previsíveis que o vento.

Os parques eólicos offshore utilizam turbinas eólicas colocadas no mar para capturar energia eólica. Essas turbinas podem ser fixadas no fundo do oceano em águas rasas ou flutuantes em áreas mais profundas. A energia eólica offshore é mais consistente e mais forte do que em terra, levando a taxas de geração de eletricidade mais altas. Avanços significativos na tecnologia e reduções nos custos fizeram da energia eólica offshore um setor em rápido crescimento dentro das energias renováveis. Os desafios incluem impactos visuais, ruído e efeitos potenciais sobre as aves e a vida marinha, que estão a ser abordados através de uma seleção cuidadosa do local e de melhorias tecnológicas.



Freepik©

Assista às palestras relativas a este assunto no Painel 3 do Webinário Ciência, Tecnologia e Inovação no Mar, disponíveis no canal do Cembra do Youtube.

A matriz energética brasileira deve ser ampliada com a regulamentação da geração de energia eólica offshore. Nessa modalidade, os aerogeradores são instalados no mar ao longo da costa brasileira. Atualmente, há 78 projetos de eólica offshore em desenvolvimento em oito estados brasileiros, nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste. A Confederação Nacional da Industria (CNI) aponta que o Brasil tem capacidade para gerar 700 GW, ou seja, 3,6 vezes a capacidade total de energia elétrica já instalada e conectada ao Sistema Interligado Nacional (194 GW). O marco regulatório da energia eólica offshore precisa ser aprovado no senado. O projeto de lei 11.247, concebido em 2018, estabelece o marco regulatório das eólicas offshore, permitindo a outorga pelo governo de áreas marítimas para a exploração da atividade.

A Coppe (UFRJ), que está na vanguarda de pesquisas sobre o tema, mostrou que nenhum porto brasileiro está preparado para a operação plena da montagem de parques eólicos offshore, embora possam ser expandidos em razão da regulamentação prevista para o setor. Os pesquisadores enumeraram alguns desafios como a localização dos projetos eólicos offshore e o desalinhamento entre cronogramas de geração e transmissão e propriedade e obrigações referentes à infraestrutura de transmissão marítima. Há indicação de que o País deve começar a implementar parques eólicos offshore nos subsistemas do Nordeste e do Sudeste, pela complementaridade com as hidrelétricas, para aproveitar a expertise acumulada na exploração de óleo e gás offshore. Além disso, a proximidade com os grandes centros urbanos destas regiões permite reduzir as despesas com linhas de transmissão e as perdas decorrentes da transmissão de energia para longas distâncias.

Embora os painéis solares sejam predominantemente utilizados em terra, há um interesse crescente na sua implantação na superfície do mar, especialmente em áreas com disponibilidade limitada de terra. Painéis solares flutuantes, ou “fotovoltaicos”, podem ser instalados em corpos d’água calmos, incluindo reservatórios e áreas costeiras. Esta tecnologia reduz a evaporação da água e mantém os painéis frescos, melhorando a eficiência. No entanto, a energia solar marítima deve enfrentar desafios como a corrosão, o crescimento marinho e o impacto das tempestades.

Transição energética depende também do papel das energias renováveis marinhas, pois devem ser eficazmente integradas à rede energética existente. Isto requer políticas de apoio, incentivos ao desenvolvimento e investimento, e avanços na infraestrutura da rede para acomodar fontes de energia renováveis variáveis. A investigação e a inovação contínuas são vitais para superar os desafios tecnológicos e econômicos associados às energias renováveis marinhas. Isto inclui melhorar a eficiência, reduzir custos e minimizar os impactos ambientais. O desenvolvimento das energias renováveis marinhas deve prosseguir de uma forma que seja ambientalmente sustentável e socialmente responsável. Isto envolve a realização de avaliações completas de impacto ambiental e o envolvimento com as comunidades locais e as partes interessadas.

Em conclusão, as energias renováveis no mar oferecem caminhos promissores para a transição energética global, fornecendo energia limpa e abundante, reduzindo ao mesmo tempo as emissões de gases com efeito de estufa e a dependência de combustíveis fósseis. À medida que a tecnologia avança e os custos diminuem, as energias renováveis marinhas deverão tornar-se uma parte cada vez mais importante do cabaz energético mundial, contribuindo para a mitigação das alterações climáticas e para os objetivos de desenvolvimento sustentável.

Análise de Big Data, Inteligência Artificial (IA) e Internet das Coisas (IoT): Emprego nas atividades marítima e portuária



A integração da Análise de Big Data, da Inteligência Artificial (IA) e da Internet das Coisas (IoT) marítima está revolucionando a indústria marítima. Estas tecnologias estão remodelando a forma como as companhias marítimas e a infraestrutura portuária operam, melhorando a eficiência, a segurança e a sustentabilidade ambiental. A indústria marítima, caracterizada pela sua escala global e métodos operacionais tradicionais, cada vez mais vem adotando estas tecnologias inovadoras para enfrentar os desafios contemporâneos, melhorar a competitividade e cumprir os requisitos regulamentares.

A Análise de Big Data na indústria marítima envolve o processamento e a análise de grandes volumes de dados. No sector marítimo, os dados recolhidos de diversas fontes — incluindo navios, portos, carga e sistemas meteorológicos — podem ser analisados para otimizar rotas, melhorar a eficiência de combustível e prever falhas de equipamento. O Big Data permite a manutenção preditiva, reduzindo o tempo de inatividade e prolongando a vida útil dos ativos marítimos. Também apoia uma melhor tomada de decisões, fornecendo informações sobre tendências de mercado, fluxos de carga e eficiências operacionais.

A Inteligência Artificial (IA) na indústria marítima, oferece soluções que vão desde navios autônomos até ao manuseamento inteligente de cargas. As tecnologias de IA incluindo aprendizagem automática e aprendizagem profunda, são aplicadas para melhorar a navegação, automatizar operações e melhorar a segurança. Por exemplo, os sistemas alimentados por IA podem analisar dados de sensores a bordo e fontes externas para tomar decisões de navegação em tempo real, reduzindo o risco de colisões e encalhes. A IA também desempenha um papel crucial na manutenção preditiva, onde analisa dados de máquinas para prever falhas antes que elas ocorram, minimizando assim a manutenção não planejada e reduzindo os custos operacionais.

Assista às palestras relativas a este assunto no Painel 4 do Webinário Ciência, Tecnologia e Inovação no Mar, disponíveis no canal do Cembra do Youtube.

A Internet das Coisas Marítima (IoT) refere-se à rede de dispositivos e sistemas conectados a bordo de navios e nos portos. Os dispositivos IoT coletam e trocam dados, permitindo monitoramento, rastreamento e gerenciamento em tempo real das operações marítimas. Esta conectividade permite o fluxo contínuo de informações entre navios, portos e fornecedores de logística, otimizando a cadeia de abastecimento e reduzindo atrasos. As tecnologias IoT facilitam o monitoramento remoto do desempenho da embarcação, das condições da carga e dos parâmetros ambientais, melhorando a eficiência operacional e a conformidade ambiental.

Na navegação as tecnologias de IA e IoT estão abrindo caminho para navios autônomos, que prometem transformar a navegação, melhorando a segurança, a eficiência e reduzindo o erro humano. Estas embarcações utilizam algoritmos de IA para navegar, tomar decisões e operar sem intervenção humana direta. As operações portuárias e logística são otimizadas por meio de programação e logística inteligentes, reduzindo os tempos de entrega e melhorando o rendimento. As tecnologias IoT permitem portos inteligentes, onde a troca de dados em tempo real entre navios, equipamentos portuários e operadores maximiza a eficiência.

O Big Data e a IA auxiliam no monitoramento e redução de emissões, otimizando o consumo de combustível e as rotas das embarcações, contribuindo para os esforços da indústria no combate às mudanças climáticas. Os sistemas de vigilância e monitoramento aprimorados por IA melhoram a segurança e proteção marítima ao detectar padrões ou ameaças incomuns, garantindo o bem-estar da tripulação e da carga.
Embora os benefícios potenciais sejam significativos, a adoção de IA, Big Data e IoT na indústria marítima enfrenta desafios. Estas incluem preocupações com a segurança cibernética, a privacidade dos dados, a necessidade de investimentos significativos em tecnologia e infraestruturas, questões regulamentares e de normalização. Além disso, o elemento humano não pode ser totalmente substituído; portanto, treinar e adaptar a força de trabalho para trabalhar junto com essas tecnologias é crucial.
À medida que a indústria continua a evoluir, a investigação, o desenvolvimento e a colaboração contínua entre as partes interessadas serão essenciais para concretizar plenamente os benefícios destas tecnologias. O futuro da indústria marítima reside em aproveitar o poder da IA, Big Data e IoT para criar um ecossistema marítimo global mais eficiente, seguro e sustentável, alinhado à redução dos GEE.



Diretrizes e necessidades emergentes: a soberania em CT&I na “Amazônia Azul”

O conceito de soberania da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) no contexto da Amazônia Azul refere-se aos esforços estratégicos do Brasil para aproveitar, gerir e proteger seus vastos recursos marinhos no Oceano Atlântico, particularmente dentro da ZEE e da PCJB. A “Amazônia Azul”, é rica em biodiversidade e recursos naturais, oferecendo um potencial significativo para o desenvolvimento sustentável, a investigação científica e a prosperidade econômica. Alcançar a soberania da CT&I na região exige diretrizes estratégicas centralizadas com responsabilidades bem estabelecidas no tempo e recursos destinados principalmente para investigação científica.

Essas diretrizes estratégicas centralizadas devem promover amplos levantamentos científicos oceanográficos, geológicos e geofísicos da “Amazônia Azul” no sentido de conhecer o meio físico, como forma de apropriação de recursos naturais e defesa nacional. A partir desde conhecimento científico, vislumbrar a utilização sustentável dos recursos do mar. A estratégia de segmentar as pesquisas a partir de interesses específicos tem pulverizado recursos e esforço científico.

O investimento em pesquisa e desenvolvimento é essencial para exploração dos oceanos e compreensão do potencial da Amazônia Azul. Ciências marinhas dependem de navios de pesquisa equipados com o estado da arte para estudos oceanográficos, geológicos e geofísicos. O número de navios de pesquisa disponíveis no Brasil é insuficiente para promover o devido conhecimento do Mar Brasileiro.

O País não carece de órgãos de gestão e apoio para Ciências do Mar. A CIRM, por meio da SECIRM, congrega Ministérios para proporcionar meios e infraestrutura necessária para pesquisa e exploração marinha, incluindo navios de pesquisa, estações marítimas e laboratórios avançados, cruciais para apoiar atividades de CT&I na Amazônia Azul. As Universidades Brasileiras e INCTs estão preparados para receber estes recursos e tem plena capacitação para gestão e organização de meios de pesquisa e a pesquisa em si.

É crucial aprimorar a capacitação de cientistas e técnicos em Ciências do Mar. Isto envolve melhorar os programas de formação, facilitar a investigação interdisciplinar e promover carreiras nas ciências e tecnologias marinhas. Há muitos programas e cientistas no Brasil, graças às universidades brasileiras, porém com pouquíssima ou nenhuma experiência de mar.



A soberania da CT&I enfatiza o controle nacional e o uso de recursos, porém a colaboração internacional é vital para enfrentar os desafios globais, promover conhecimento e a transferência de conhecimento. O Brasil deve se envolver mais em esforços para colaboração científica internacional em ciência e tecnologia no mar, pois a comunidade científica brasileira tem igual nível para se apropriar de conhecimento.

O desenvolvimento e a implantação de tecnologias marinhas inovadoras, como veículos subaquáticos autônomos (AUVs), ferramentas de sensoriamento remoto e aplicações de biotecnologia, podem aprimorar as capacidades do Brasil em pesquisa marinha e gestão de recursos, gerando inovações tecnológicas que acompanhem o estado da arte. Contudo, há necessidade do desenvolvimento de um ecossistema de negócios que aproxime a ciência e tecnologia da iniciativa privada, de modo a efetivamente conduzir o processo de transformação de C&T em efetiva Inovação, a qual venha gerar benefícios críveis à Sociedade.

O estabelecimento de áreas marinhas protegidas e a implementação de estratégias de conservação são essenciais para preservar a biodiversidade e a integridade ecológica da "Amazônia Azul". O Planejamento Espacial Marinho (PEM) é essencial para que o Brasil possa a gerenciar os múltiplos usos dos espaços marinhos, equilibrando o desenvolvimento econômico com a proteção ambiental e as necessidades sociais, estabelecendo a necessária segurança jurídica para atração de investimentos privados.

Com o crescimento das tecnologias digitais na investigação e gestão de recursos marinhos, garantir a cibersegurança e a soberania dos dados é essencial para proteger informações e tecnologias sensíveis contra ameaças externas.

Aumentar a conscientização pública sobre a importância da Amazônia Azul e envolver os cidadãos nos esforços de conservação e uso sustentável são fundamentais para a construção de um consenso social sobre a soberania de CT&I, incrementando a Mentalidade Marítima na Sociedade brasileira.

Alcançar a soberania em CT&I na Amazônia Azul é um desafio complexo e multidimensional a ser fortalecido no âmbito da CIRM. Requer uma abordagem integrada: ciência, tecnologia, inovação, política e cooperação internacional. Ao abordar essas diretrizes e necessidades emergentes, o Brasil pode gerir e proteger eficazmente seus recursos marinhos, contribuindo para o desenvolvimento nacional, por meio da criação de inovações, a da sustentabilidade ambiental e o do progresso científico global.



• A ciências CT&I voltada para Ciências do Mar no Brasil vem evoluindo muito e a comunidade científica nacional se torna cada vez mais competitiva no mundo. Os dados sobre o nível da produção científica brasileira em Ciências do Mar e da formação de recursos humanos é muito relevante, porém há carência de navios de pesquisa no Brasil e equipamentos de alta tecnologia. As universidades brasileiras necessitam investimentos vultuosos para continuar capacitando pessoal em nível superior e tecnológico nas Ciências do Mar e ampliar as pesquisas no Mar Brasileiro. Importante ressaltar que as pesquisas no mar são mais custosas que as pesquisas em terra;

• O melhor entendimento das condições oceanográficas e atmosféricas modernas e pretéritas no Oceano Atlântico Sul é crucial para compor modelos preditivos das variações climáticas globais. É indispensável aumentar o conhecimento a respeito do clima no passado geológico a partir de perfurações científicas do substrato marinho em águas brasileiras. A pesquisas brasileiras no campo da climatologia e paleoclimatologia merecem destaque no âmbito do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC);

• A Amazônia Azul precisa de um recobrimento morfológico, em escala compatível, para servir de base para o levantamento do potencial de recursos naturais na plataforma continental brasileira. De maneira geral, o Oceano Atlântico Sul é o menos conhecido, aumentando nossa responsabilidade na condução e protagonismo desse processo de levantamento científico. Por outro lado, a nossa margem continental se tornou uma fronteira para a exploração de óleo e gás para empresas do mundo todo;

• Não há reconhecimento de recursos naturais sem estudos científicos integrados do meio físico realizados com a liderança de universidades brasileiras. A segmentação dos estudos do mar para este ou aquele fim parece mais pulverizar recursos e responsabilidades, sem a devida entrega de resultados. O País precisa desenvolver mais as Ciências do Mar, ao contrário de uma busca desenfreada por recursos minerais do mar. É preciso conhecer muito bem o ecossistema para apropriação dos recursos marinhos de forma sustentável e, em seguida, criar condições de atração da iniciativa privada para condução do processo exploratório;

• A Amazônia Azul é muito extensa e só o conhecimento científico integrado pode viabilizar a compreensão do ecossistema e do seu potencial. Cientistas brasileiros em nossas universidades são os mais bem preparados para esta tarefa, concedidas as condições necessárias para as pesquisas;

• Há vários órgãos de gestão, organização e financiamento para fomentar as Ciências do Mar no Brasil, porém quase sempre sem nenhuma centralidade no acompanhamento da execução, entrega dos resultados, guarda dos dados coletados e apropriação estratégica do conhecimento. Muitas vezes, o conhecimento levantado é disperso, redundante e os dados se perdem sem a devida guarda. Milhões de reais vem sendo perdidos sem a devida guarda de dados e informações, realçando a necessidade do estabelecimento de processo contínuo da atividade científica (da coleta ao armazenamento de dados) e de prioridades;

• Os recursos para manutenção de pessoal de gestão em diferentes organismos de governo não são compatíveis com o volume dispendido para a execução dos projetos. Há mais recursos dispendidos na gestão, organização, elaboração de projetos e responsáveis do que com resultados estratégico das pesquisas. Ou seja, gasta-se mais no gerenciamento da pesquisa do que com a realização da pesquisa propriamente dita;

• O investimento em navios de pesquisa preparados para expedições oceanográficas deve ser urgentemente programado, considerando sistemas tecnológicos como batimetria multifeixe, sísmica de reflexão, AUV e ROV. Algumas universidades brasileiras já têm acesso a este sistema como o IO-USP e a UFF, no entanto, todas estão qualificadas para realizar este tipo de pesquisas;

• Os INCTs do MCTI voltados para o mar tem plena condição de administrar, gerir e executar pesquisas desde que possuam recursos adequados. Basta constatar o relativo sucesso da pesquisa climática e polar no Brasil. Não há razão para tutelar estes institutos com mais instâncias de gestão e organização. Isto apenas aumenta custos, comitês, reduzindo a eficiência e eficácia do processo científico. A excelência científica dos INCTs e universidades está comprovada pela produção científica.

• O BNDO é indispensável como repositório nacional de dados oceanográficos e precisa escalar metas temporais para alçar o padrão de organização, troca e acesso de dados em nível internacional. O INPE abriu espaço para cooperação nesta área, sendo ótima referência nacional com nível internacional. É importante realçar a relevância do BNDO ser auditado cientificamente, de modo a viabilizar soluções para que tenha pleno funcionamento em nível nacional, internacional e estratégico para Marinha do Brasil. A criação de bancos paralelos vai somente dispersar recursos e tornar todos os bancos de dados incompletos.

• Cerca de 19% do PIB brasileiro têm origem no mar, o que torna o Planejamento Espacial Marinho (PEM) estratégico para a governança e monitoramento das atividades econômicas na “Amazônia Azul”, incluindo os mais recentes avanços no emprego de fontes de energias renováveis no mar e inovações associadas a exploração sustentável do ambiente marinho, por meio da criação da necessária segurança jurídica e atração da iniciativa privada;

• A Quarta Revolução Industrial trouxe uma nova realidade como a IoT, Big Data e IA que se alimentam de forma mútua e permitem criar verdadeiros ecossistemas de automação, capazes de tornar ainda mais eficientes as atividades marítimas e portuárias. Tal fato exige o estabelecimento de sólido processo científico e tecnológico e acompanhamento constante desse segmento, gerando, tempestivamente, a implementação de políticas públicas que valorizem o processo de transformação da C&T em produtos inovadores para exploração sustentável dos recursos marinhos;

• A CT&I no Mar do Brasileiro representa a vanguarda da defesa do conhecimento nacional e legitima, sobremaneira, a extensão da nossa Plataforma Continental no cenário internacional. A CIRM por meio da SECIRM deve ter o comando das ações no mar e empregar as universidades brasileiras e INCTs para fazer ciência e desenvolver tecnologia e inovação.

Após essas conclusões e recomendações, ressalta uma constatação: o Cembra, pelo seu papel pioneiro na abordagem do assunto, propicia com este Caderno, uma análise do conhecimento nacional sobre o tema em diferentes tópicos, de modo a avaliar as lacunas no desenvolvimento da CT&I no mar e a necessidade de formulação de políticas e programas de investimentos para o futuro próximo.

O Cembra sublinha a sua missão precípua de estimular e propor ações estruturantes relacionadas ao estudo e aproveitamento do Mar Brasileiro, sempre reforçando e incrementando a Mentalidade Marítima na Sociedade Brasileira.



Nossas Redes:

www.cembra.org.br

sec.cemarbra@gmail.com

@cembra_brasil

Cembra

PodMar (Cembra Brasil)

Cembra

Centro de Excelência para o Mar Brasileiro

MARINHA DO BRASIL

COPPE UFRJ

FURG

FEMAR

CARPENT TUA POMA NEPOTES

uff Universidade Federal Fluminense

DGDNTM

AMN

Abrigo do Marinheiro