

Um dos eixos do programa Ciência do Mar é dedicado à seleção, por meio de chamada pública, de uma organização social de apoio à ciência oceânica em todos os seus campos do conhecimento. Essa organização buscará articular os grupos de pesquisa de excelência no país para produção da ciência oceânica de forma coordenada e integrada, atendendo às prioridades estabelecidas pelo Plano Nacional de Implementação da Década da Ciência Oceânica – que, por sua vez, será concebido com os subsídios do amplo processo de consulta das oficinas da Década realizadas em âmbito nacional.

As iniciativas do MCTI pontuadas acima se associam a outras no campo da biodiversidade, das mudanças climáticas, da bioeconomia e das cidades sustentáveis, entre outras, que contribuem para a promoção do melhor conhecimento científico voltado para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030. Os programas do MCTI apresentam uma forte conexão com os principais desafios da relação entre sociedade e natureza, buscando oferecer soluções científicas para os principais problemas do nosso tempo.

O nosso objetivo com este dossiê é compartilhar o conhecimento sobre as ações em curso para a Década da Ciência Oceânica e convidar todos os interessados a participarem nesse processo de construção coletiva. Começamos com dois artigos assinados por Roberto de Pinho, Jailson de Andrade e Alexander Turra apresentando a ciência oceânica no Brasil e desafios transversais para a produção do conhecimento, bem como a cooperação internacional do Brasil em ciência oceânica. Em seguida, Germana Barata aborda a comunicação da ciência oceânica para transformação social. Robson Capretz e Simone Madalosso apresentam a conexão entre a sociedade e a ciência sobre o oceano. Jana Del Favero e Mariana de Andrade abordam a perspectiva de futuro e o potencial de transformação social e econômica a partir da ciência oceânica e também discorrem sobre questões de gênero nesse contexto. Por fim, Ronaldo Cristofolletti e colaboradores apresentam os destaques regionais, indicando os desafios e similaridades observados durante o processo de consulta nacional para preparação do Brasil em 2020 para Década da Ciência Oceânica.

Marcelo Marcos Morales é secretário de pesquisa e formação científica do MCTI.

Sávio Raeder é diretor de Ciências da Natureza do MCTI.

Karen de Oliveira Silverwood-Cope é coordenadora-geral de oceano, antártica e geociências do MCTI.

Cláudia Alves de Magalhães é analista de ciência e tecnologia do MCTI.

Iran Cardoso Junior é assistente de ciência e tecnologia.

A CIÊNCIA OCEÂNICA NO BRASIL E DESAFIOS TRANSVERSAIS PARA A PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO

Roberto de Pinho, Alexander Turra
e Jailson Bittencourt de Andrade

O mar territorial, a zona contígua, a zona econômica exclusiva e a plataforma continental brasileira abrangem cerca de 5,7 milhões de km², correspondendo a uma linha costeira com cerca de 8.000km, envolvendo 17 estados e 463 municípios e abrigando cerca de 25% da população do país. As zonas costeiras e oceânicas brasileiras, denominadas Amazônia Azul, são um patrimônio que tem um papel fundamental no desenvolvimento nacional e na economia regional, sendo um fator importante para o desenvolvimento sustentável e o entendimento das mudanças climáticas globais. Para tanto, necessita ser conhecido para que seus recursos e serviços sejam utilizados de forma racional e sustentável. Isso requer uma abordagem integrada, sistêmica e baseada no melhor conhecimento disponível que subsidie a tomada de decisão. Nesse sentido, a ciência voltada para o oceano, enquanto um sistema socioecológico complexo, é um pilar da autodeterminação do Brasil enquanto nação, requerendo olhares sob diferentes pontos de vista, recortes teóricos e metodológicos variados, fontes de financiamento estratégicas e articulação institucional que se complementem no sentido de uma compreensão holística e estratégica da estrutura, função e governança desse ambiente.

A ciência brasileira tem avançado e, considerando todas as áreas do conhecimento, é um esforço que conta com a dedicação de mais de 300 mil pesquisadoras e pesquisadores, além de cerca de 300 mil profissionais dedicados a atividades de apoio. Os números são referentes ao ano de 2014, último disponibilizado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). Naquele ano, cientistas organizavam-se em mais de 35 mil grupos de pesquisa [1]. No ano de 2019, de acordo com registros da base Scopus, foram produzidos quase 85 mil artigos científicos com a participação de autores e autoras brasileiros [2].

Uma característica relevante do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI) é a importância das instituições de ensino superior (IES) para o seu funcionamento e sustentação. A parcela dos orçamentos das IES públicas federais e estaduais que é estimada como dedicada à P&D representa quase 60% do investimento público nessas atividades [1]. De fato, o sistema nacional carece, na comparação com outros países, de institutos de pesquisa em quantidade e porte compatíveis com o tamanho da sua ciência. Embrapa, Fiocruz e Inpe são exceções que faltam em áreas como a pesquisa oceânica. Para esta, há a necessidade do estabelecimento

de um instituto nacional do mar, que é uma luta de muitos anos, ainda não concretizada.

Determinar aquilo que é ciência oceânica, no entanto, em meio à ciência nacional, não é tarefa trivial. As fronteiras entre as áreas da ciência não são, não devem e nem podem ser firmemente estabelecidas. De fato, estudos mostram que a ciência avança em saltos quando conhecimento de áreas distintas é combinado e recombinado [3]. Isso revela a importância da abordagem interdisciplinar e integrada e a necessidade de expandi-la, no sentido de congregar e fortalecer os mais variados esforços para a produção de uma ciência para o oceano.

O Global Ocean Science Report (GOSR), publicado em 2017 pela Comissão Oceanográfica Intergovernamental [4], fez um levantamento da produção científica mundial em ciência oceânica dividida em oito categorias: i) funções e processos de ecossistemas marinhos, ii) oceano e clima, iii) saúde do oceano, iv) saúde e bem-estar humano, v) crescimento azul, vi) crosta oceânica e riscos geológicos marinhos, vii) tecnologia oceânica e viii) dados marinhos e observação oceânica. O sumário executivo do relatório está disponível também em português [4] e uma nova edição foi publicada em 2020 [5].

No relatório [4], são contabilizados mais de 370 mil artigos em ciência oceânica no mundo no período de 2010 a 2014. O Brasil participa em cerca de 13 mil deles. Para avaliar o crescimento da produção científica em ciência oceânica, os autores comparam os períodos de 2010-2011 com 2013-2014. Para o mundo, a produção do período mais recente foi 1,2 vezes o contabilizado nos dois anos iniciais. O Brasil teve, na mesma comparação, crescimento mais intenso, registrando aumento de 1,3 vezes. Em escala temporal mais ampla, o país estava na 15^a posição no ranking de países em volume de produção científica em 2010, saltando para 11^a em 2014.

O relatório traz ainda uma interessante medida: o índice de especialização (SI, na sigla em inglês de *specialization index*). O SI confronta a parcela da produção científica de um país dedicada a uma área da ciência com o percentual observado no mundo. Assim, se um país tem 15% da sua produção dedicada a uma dada área, mas no mundo esta área representa somente 10% dos artigos, o seu índice de especialização é 1,5. Portanto, valores acima de 1 indicam que o país é proporcionalmente mais especializado em determinado tema ou área, enquanto valores abaixo de 1 indicam uma produção relativamente menor que o padrão mundial. Segundo o GOSR, o Brasil é especializado em ciência oceânica, com SI de 1,39 para o período de 2010-2014.

Entre as oito categorias utilizadas pelo GOSR, o Brasil é considerado como especializado em quatro categorias (figura 1): i) funções e processos de ecossistemas marinhos, com SI igual 1,61; ii) saúde do oceano, com SI igual 1,57; iii) crescimento azul, com SI igual a 1,49 e iv) saúde e bem-estar humano, com SI igual 1,34. Na categoria “dados marinhos e observação oceânica”, o comportamento é equivalente à média mundial, com SI igual a 1,03. Já nas outras três categorias, o índice de especialização fica abaixo de 1: i) oceano e cli-

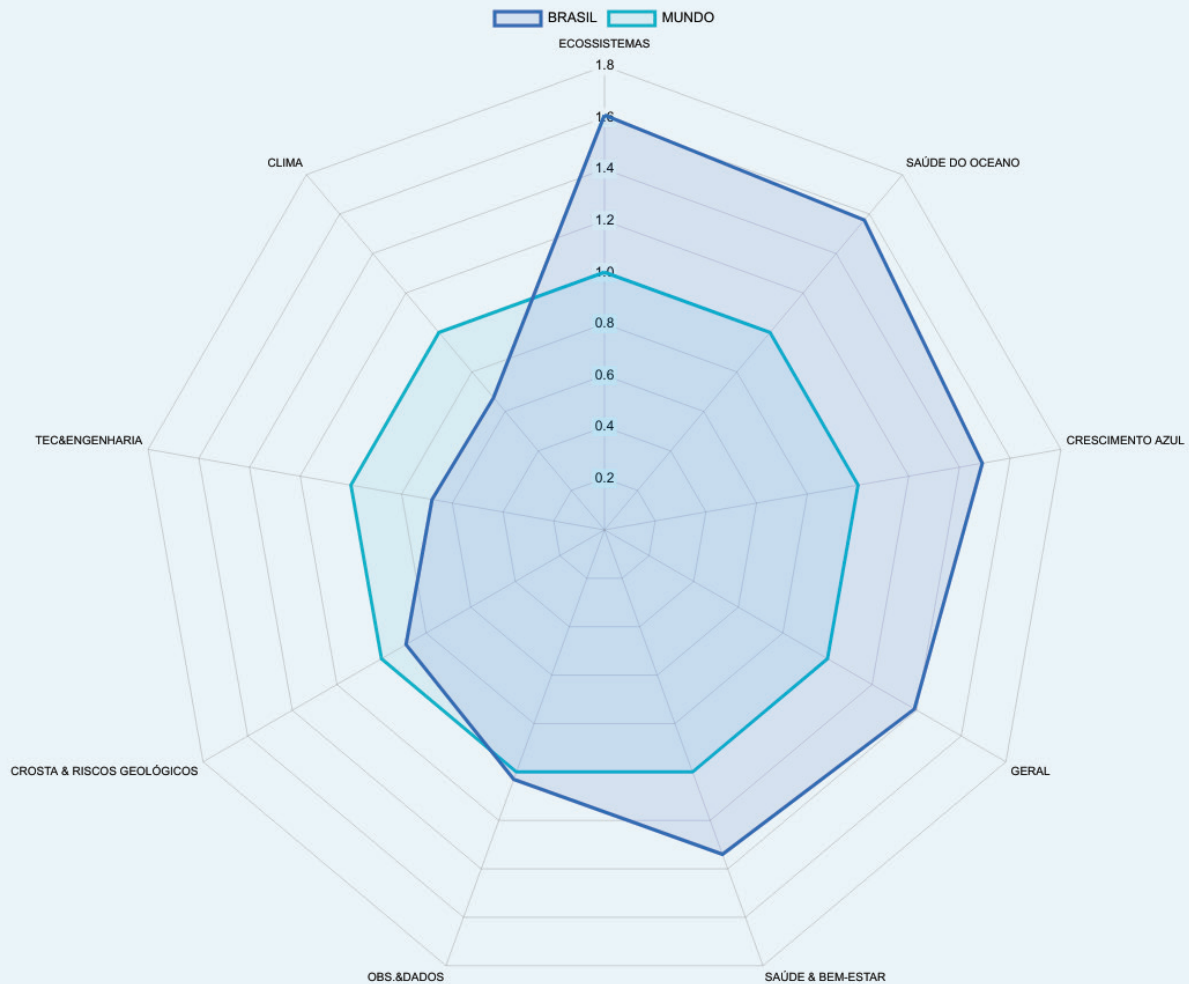
ma, com SI igual 0,67, ii) tecnologia oceânica, com SI igual a 0,68; e iii) crosta oceânica e riscos geológicos marinhos, com SI igual a 0,89.

O índice de especialização não carrega em si uma evidente orientação ou meta a ser atingida, posto que a relativa orientação dos SNCTI é dependente das estratégias e necessidades nacionais. Por exemplo, o SI para a Suíça em ciência oceânica é 0,81. Não se pode, contudo, afirmar que o país que não possui costa marítima deva dedicar-se mais intensamente à ciência oceânica. Tomando isto em conta, no entanto, não é imprudente afirmar que para um país voltado ao mar como o Brasil, os índices de especialização observados em “crosta oceânica e riscos geológicos marinhos”, e, sobretudo em “oceano e clima” e “tecnologia oceânica”, estão aquém de onde deveriam estar e do que poderiam alcançar. Aqui, novamente, a ausência de um instituto nacional do mar, comparável ao Inpe, Embrapa e Fiocruz se faz sentir, assim como um financiamento apropriado (em volume e constância) à temática.

O FINANCIAMENTO DA CIÊNCIA OCEÂNICA NO BRASIL Informações consolidadas sobre o financiamento em ciência oceânica no Brasil não estão disponíveis e representam um grande obstáculo ao desenho de políticas de estado, estruturantes e longevas, para o avanço no conhecimento, bem como para permitir uma avaliação objetiva sobre o avanço dos investimentos ao longo do tempo. O fomento à CT&I em ciência oceânica no país é predominantemente público, associado ao orçamento da união e aos diferentes fundos setoriais vinculados ao Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) e relacionados com o mar, como o aquaviário, biotecnologia, energia, recursos hídricos, infraestrutura, mineral, petróleo e transporte. Além das atividades financiadas como parte dos orçamentos da IES públicas, o protagonismo é dado pela Finep, em especial nos fundos setoriais, e à Capes, CNPq e FAPs (fundações de amparo à pesquisa estaduais), com destaque para algumas chamadas de projetos em rede de grande amplitude, como Capes Ciências do Mar, Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCTs), Programas Ecológicos de Longa Duração, Sistema Nacional de Pesquisa em Biodiversidade (SisBiota) e Centro de Síntese em Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (SinBiose).

Importante destacar o investimento do Ministério da Educação na aquisição de quatro embarcações para suporte às atividades de ensino. Aliado a essas iniciativas é importante mencionar o papel da Secretaria da Comissão Interministerial para Recursos do Mar (SECIRM) e do Plano Setorial para Recursos do Mar (PSRM) na estruturação de uma agenda nacional de pesquisa no oceano que congrega o Programa Antártico Brasileiro, o Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira, o Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva, o Programa de Prospecção e Exploração de Recursos Minerais da Área Internacional do Atlântico Sul e Equatorial e o Programa de Pesquisa Científica em Ilhas Oceânicas.

Figura 1 - Índice de especialização da pesquisa oceânica brasileira em comparação com a média mundial.



Fonte de dados: [4] Elaboração própria

Complementarmente, inúmeros projetos de P&D têm sido executados em parceria com a iniciativa privada, como Chevron, Equinor, Shell e Vale, e a Petrobras, de capital misto. Destaca-se o investimento em infraestrutura de pesquisa embarcada, como a aquisição do navio oceanográfico Vital de Oliveira, viabilizado por um acordo de cooperação firmado entre a Marinha do Brasil, o MCTI, a Petrobras e a Vale.

Novos arranjos de financiamento vêm sendo implementados e desenhados no Brasil. Um deles equivale ao Projeto Áreas Marinhas e Costeiras Protegidas (GEF-Mar), que desde 2015 vem sendo coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente com recursos do Banco Mundial e Petrobras com a finalidade de buscar mecanismos para a sustentabilidade financeira das unidades de

conservação marinhas e costeiras do Brasil e centros de pesquisa do ICMBio. Já a Iniciativa Azul, proposta em 2018, corresponde a um conjunto de ações do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) destinado a incentivar e coordenar a elaboração de projetos visando garantir a conservação e uso sustentável da biodiversidade marinha no Brasil no longo prazo.

Dentre os problemas associados ao fomento, destaca-se a volatilidade e o frequente contingenciamento dos recursos, indicando uma clara falta de priorização da agenda marinha no país. Há também a dificuldade de financiamento de longo prazo, em especial para ações de monitoramento (oceanografia operacional) e relacionadas às mudanças climáticas [6]. Para avançarmos na ciência oceânica

nica é fundamental que novos arranjos de governança institucionais, legais e financeiros sejam considerados, como a proposta emergente de uma frente parlamentar para a Amazônia Azul.

DESAFIOS PARA A CIÊNCIA OCEÂNICA A agenda de CT&I brasileira para o oceano vem sendo estruturada e adaptada ao longo do tempo sob a coordenação do MCTI. O programa Ciência no Mar atua na gestão da ciência brasileira em águas oceânicas com horizonte de 2030. O programa possui sete linhas temáticas:

1. gestão de riscos e desastres;
2. mar profundo;
3. zona costeira e plataforma continental;
4. circulação oceânica,
5. interação oceano-atmosfera e variabilidade climática;
6. tecnologia e infraestrutura para pesquisas oceanográficas e
7. biodiversidade marinha.

Além de realizar chamadas públicas em conjunto com o CNPq, o programa é o ponto focal no Brasil da Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável e o executor do Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para Oceanos [7]. O Plano tem como objetivo “promover PD&I nos oceanos, com o objetivo de produzir e aplicar o conhecimento científico e tecnológico, de modo a promover benefícios sociais, econômicos e ambientais, preenchendo lacunas de conhecimento essenciais, fomentando a inovação e provendo a infraestrutura necessária para o avanço da pesquisa oceânica” e criou as bases do programa Ciência no Mar.

Essa agenda nacional tem sido discutida pela comunidade científica no intuito de subsidiar as ações governamentais. O livro *Projeto de Ciência para o Brasil*, publicado em 2018 pela Academia Brasileira de Ciências (ABC), tinha o intuito de reforçar o papel da ABC como centro de pensamento e de formulação de políticas públicas amparadas no conhecimento científico e tecnológico [8]. Além de um capítulo direcionado às ciências do mar, o documento aborda temas como biodiversidade e energia, que têm forte aderência ao oceano. O capítulo de ciências do mar apresenta uma proposta para o desenvolvimento da ciência oceanográfica no Brasil, com objetivo de avançar no conhecimento e modelagem do sistema terrestre e na integração com tomadores de decisão e formuladores de políticas públicas. Dentre os temas prioritários, destacam-se:

1. Identificar e caracterizar as consequências do aumento e das novas formas de poluição no mar;
2. Identificar, de forma rápida, novos poluentes e mecanismos adequados para enfrentá-los em um prazo adequado;
3. Promover estudos transversais entre as ciências naturais e as ciências humanas, com o objetivo de mapear a interligação dos vetores e pressões que atuam sobre o mosaico da relação continente-oceano;

4. Aperfeiçoar o conhecimento dos processos de interação entre plataformas continentais e o oceano profundo;
5. Investigar o papel da conservação da biodiversidade na resiliência dos ecossistemas expostos a impactos naturais e antrópicos adversos, como a aceleração das mudanças climáticas, a contaminação ambiental e a exploração não sustentada de recursos pesqueiros;
6. Identificar e compreender os processos físicos envolvidos na dinâmica dos oceanos e sua relação com o funcionamento dos ecossistemas marinhos;
7. Desenvolver pesquisas sobre recursos não vivos, tanto de plataforma quanto de oceano profundo; e
8. Realizar estudos paleoclimáticos e paleoceanográficos em diversas escalas temporais no Atlântico Sul, aproveitando a recente entrada do Brasil no Programa Internacional de Descoberta Oceânica (IODP, na sigla em inglês).

Dado o papel central do oceano na regulação do clima, o documento destaca quatro abordagens relevantes a serem consideradas quanto à interface da pesquisa oceânica com as mudanças climáticas:

1. Investigar os processos físicos e biogeoquímicos associados às mudanças na circulação do oceano austral e sua interação com o gelo marinho e as plataformas de gelo que possam ter impacto nos climas do Brasil e do Atlântico Sul;
2. Esclarecer o papel das mudanças climáticas sobre o oceano Atlântico Sul e seus efeitos decorrentes;
3. Aprofundar o conhecimento sobre a acidificação dos oceanos;
4. Avaliar a utilidade dos oceanos – e o possível impacto sobre eles – na aplicação de métodos de geoengenharia para mitigação das mudanças climáticas, como a fertilização da água do mar e o armazenamento de CO em águas profundas.

DESAFIOS TRANSVERSAIS PARA A PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO Na versão 2.0 do plano de implementação para a Década das Nações Unidas da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável, publicado em julho de 2020, a COI indica como necessária uma transformação na forma como a ciência oceânica é realizada. Isto implica romper barreiras temáticas, assim como restrições à ampla participação e a diversidade [9].

Movimentos globais da ciência são aliados na busca pela transformação da ciência oceânica. A Declaração de São Francisco sobre Avaliação da Pesquisa [10], por exemplo, ao insistir na “necessidade de avaliar a pesquisa por seus próprios méritos, em vez de depender dos méritos do periódico no qual ele foi publicada” e reconhecer que “os produtos da pesquisa científica são inúmeros e variados”, abre um caminho para uma ciência que retorna às suas origens e foca na ampliação e disseminação do conhecimento, para além de mero jogo de números e índices.

No campo dos dados da pesquisa oceânica, há ainda muitas questões em aberto e perguntas a serem respondidas. Brett e colaboradores [11] identificam como principais problemas para os dados da pesquisa oceânica: i) os silos (repositórios isolados), ii) controle e governança, iii) formato e qualidade, e iv) fragmentação. Como solução, os autores propõem: i) a construção de redes federadas de dados, ii) a abertura de dados, e iii) a construção e viabilização de modelos de negócios e fontes de financiamento para abertura.

Parte dessas soluções são traduzidas em princípios orientadores, elaborados para a ciência como um todo. Os princípios FAIR [12] – acrônimo para encontrável (*findable*), acessível (*accessible*), interoperável (*interoperable*) e reutilizável (*reusable*) – são orientações importantes na busca pela abertura dos dados de pesquisa. Ampliando os princípios FAIR e, talvez de especial relevância para muitos ramos da ciência oceânica, os princípios CARE para governança de dados dos povos indígenas [13] acrescentam a dimensão humana e considerações de propósito na coleta e disseminação de dados. São eles: benefício coletivo (*collective benefit*), direito à governança (*authority to control*), responsabilidade (*responsibility*) e ética (*ethics*).

Na tradução desses problemas, soluções e orientações em políticas e programas em CT&I, de Pinho [14] elenca outras questões aplicáveis tanto para a ciência oceânica como para a ciência em geral que vão desde o papel do governo, instituições de suporte à pesquisa e agências de financiamento, até formas de conciliar repositórios locais, nacionais e globais, passando por como garantir que a maneira como a ciência é financiada não atrapalha a abertura de dados, como nos alerta a Declaração de São Francisco sobre Avaliação da Pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS A ciência oceânica brasileira tem evoluído e garantido presença importante na ciência nacional. No entanto, os desafios são amplos e ganham relevância na conjugação da ciência com os desafios humanos como os traduzidos pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030. Para superá-los, temos que garantir financiamento, encontrar novas estruturas e também novas formas de fazer e suportar uma ciência sob forte influência do processo global de digitalização.

Roberto de Pinho é doutor em ciência da computação e matemática computacional pela Universidade de São Paulo (USP), analista sênior em ciência e tecnologia do MCTI na Coordenação Geral de Oceano e Antártica e co-autor no Global Ocean Science Report 2020. Foi chefe de seção de Ciência, Cultura e Comunicação do Instituto de Estatística da Unesco e, como cientista de dados e especialista em políticas e indicadores de CTI, trabalhou em projetos relevantes de cooperação internacional.

Alexander Turra é biólogo formado pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), onde fez mestrado e doutorado em ecologia. É professor titular do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP) e coordenador da Cátedra Unesco para Sustentabilidade do Oceano (IEA/IOUSP). Estuda o ambiente marinho por vários ângulos, buscando navegar nos caminhos da pesquisa interdisciplinar e da integração da ciência com a sociedade.

Jailson Bittencourt de Andrade é professor de química, pesquisador 1A no CNPq e coordena o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Energia e Ambiente e o projeto “Pesquisando Kirimurê: convergindo educação, ciência, tecnologia e inovação”, cujo foco do estudo é a Baía de Todos os Santos.

REFERÊNCIAS

1. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações - MCTI (Brasil). Indicadores CT&I. [S. l.], 2020. Disponível em: http://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/indicadores_cti.html. Acesso em: 1 nov. 2020.
2. SCImago, (n.d.). SJR – SCImago Journal & Country Rank, 2020. Disponível em: <http://www.scimagojr.com>. Acesso em: 1 nov. 2020.
3. Chen, C. “Searching for intellectual turning points: progressive knowledge domain visualization”. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 101 (suppl.), 5303-5310, 2004.
4. Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI) / Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC). *Global Ocean Science Report 2017: the current status of ocean science around the world*. 2017.
5. Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI) / Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC). *Global Ocean Science Report 2020: Charting Capacity for Ocean Sustainability*. 2020.
6. Turra, A.; Cróquer, A.; Carranza, A.; et al. “Global environmental changes: setting priorities for Latin American coastal habitats”. *Global Change Biology*, v. 19, n. 7, p. 1965-9, jul 2013.
7. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para Oceanos. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 32 p. 2018.
8. Silva, J. L.; Tundisi, J. G. (coords.) *Projeto de Ciência para o Brasil*. (coordenadores). Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 396p. 2018.
9. Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI) / Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC). United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development 2021 - 2030, Implementation Plan Version 2.0, 2020.
10. Dora Program. Declaração de São Francisco sobre Avaliação da Pesquisa. 2012.
11. Brett, A.; Leape, J.; Abbott, M.; Sakaguchi, H.; Cao, L.; Chand, K.; Myksovoll, M. S. “Ocean data need a sea change to help navigate the warming world”. *Nature*, 582(7811), 181-183. 2020.
12. Wilkinson, M.; Dumontier, M.; Aalbersberg, I. et al. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Sci Data* 3, 160018 (2016). <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>
13. Research Data Alliance International Indigenous Data Sovereignty Interest Group (RDAlIDSIG). The CARE Principles for Indigenous Data Governance. 2019
14. de Pinho, R. Towards a Scientific Data Policy. The Latin America and the Caribbean Scientific Data Management Workshop. Academia Brasileira de Ciências. 2018.