

Uma homenagem ao passado visando o futuro

 Os oceanos estão morrendo? Essa é uma questão que muitos se fazem mais e mais insistentemente. A resposta é que de forma alguma eles estão morrendo – mas estão sendo transformados. Profundamente transformados. Infelizmente, essa transformação tornou pior a qualidade dos oceanos, pois as mudanças induzidas pelo homem ao longo do globo afetam os ecossistemas marinhos mais do que os terrestres. No mar, contudo, um problema deve ser considerado: por não ser nosso ambiente, não é fácil para nós ver o que está ocorrendo. Entretanto, não se engane: os oceanos conectam todos os continentes e têm um profundo impacto também nos ecossistemas terrestres. Por todo o mundo, o desaparecimento de grandes predadores (baleias, tubarões, atuns, tartarugas, focas e peixe-espada etc.), assim como a drástica redução de muitas estruturas vivas no fundo do mar (recifes de coral, pradarias marinhas, corais profundos etc.) resultaram em alterações em ecossistemas inteiros, levando-os a atingirem novos balanços baseados em organismos pequenos e abundantes e de tempo de vida mais rápido. Porém, isso não é tudo: a poluição persistente, seja de natureza química, seja de natureza biológica, e os efeitos “ainda não completamente entendidos, mas certos” das mudanças climáticas podem estar piorando a situação dos oceanos como os conhecemos. Infelizmente, não podemos dizer que conhecemos o impacto completo que tais mudanças podem ter sobre o sistema como um todo, sobre o funcionamento do planeta e sobre a nossa própria sobrevivência. De fato, a ciência oceânica ainda é provocada por vários desafios para entender essa que é a maior área do mundo, assim como suas necessidades, prioridades e potenciais soluções.

Atualmente, ninguém pode ignorar o fato de que os humanos impactaram essencialmente todos os habitats da biosfera. Tal biosfera, que nós agora dominamos, precisa ser entendida no que diz respeito a certos conceitos, como economia ecológica, persistência de espécies, exploração sustentável e potencial de recuperação. Os impactos antropogênicos nos oceanos têm grande variação espaçotemporal, abrangendo desde ameaças globais, como acidificação oceânica e aquecimento, a estressores regionais/locais, como eutrofização, desoxigenação, perda de biodiversidade, entre muitos outros. Isso implica uma necessidade de conhecer mais sobre os tamanhos das populações naturais, os fluxos genéticos subjacentes e sobre as relações positivas e negativas entre as espécies e propriedades físico-químicas dos oceanos. Isso também significa aprendermos a adaptar nossa própria forma de vida (a mesma forma de vida que resultou em tantos impactos) e entender nosso papel na natureza. Nessa lista de conceitos, estamos, sem dúvida, muito atrasados no nosso conhecimento sobre o ambiente marinho, já que ele abriga os habitats mais remotos e desconhecidos da Terra. Tal problema é parcialmente um problema de foco, de perspectiva, da maneira como entendemos o que nos cerca. As várias transformações que ocorreram (e continuam a ocorrer) nos ecossistemas marinhos merecem que reflitamos a respeito. Uma reflexão não apenas como resultado de experimentação focada num tema específico, mas também como observação crítica sobre o que estava em equilíbrio e agora se encontra alterado ao redor do globo.

A recém-lançada Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (2021-2030), promovida pelas Nações Unidas, surgiu dessa reflexão e da necessidade de desenvolver “a ciência que precisamos para o oceano que queremos”, que é a frase central da referida década. Contudo, alcançar o oceano que queremos não é uma tarefa fácil, pois há muitos obstáculos no caminho que necessitam ser cuidadosamente considerados em termos de necessidades e prioridades. A compartimentalização da ciência e os lapsos de equidade estão nos levando em direção a um caminho perigoso porque, numa perspectiva mundial, há uma grande quantidade de dados sendo gerados, mas é difícil interconectá-los. Portanto, o passo de efetivamente “não deixar nenhum para trás”, como é proposto nos ideais da Década dos Oceanos, como vem ficando conhecida, deve considerar fortalecer a ciência oceânica de uma maneira colaborativa. Essa abordagem interdisciplinar pode ser trabalhada pela construção de pontes entre as quatro maiores áreas da Oceanografia (Química, Física, Geológica e Biológica), sem esquecer as inter-relações com os aspectos socioeconômicos. Além disso, existem outras dificuldades, como basear todo o modelo de trabalho no que é visível, ignorando muitos compartimentos ecossistêmicos que certamente desempenham papéis importantes, mas são desconhecidos ou cheios de aspectos a serem melhor entendidos. Até pouco tempo atrás, nós desconhecíamos o papel de bactérias e outros micro-organismos como os motores da vida na Terra. Nós negligenciávamos o papel dos vírus, patologias e parasitas no funcionamento dos ecossistemas, e ainda evitávamos fases de vida crípticas nos ciclos de vida, como cistos e estados dormentes de diferentes organismos. Esses são apenas alguns exemplos para ilustrar como ainda há um longo caminho a ser percorrido.

Portanto, é com grande felicidade que apresentamos esta Edição Especial dos *Arquivos de Ciências do Mar*, uma homenagem ao sexagésimo aniversário de fundação do Instituto de Ciências do Mar – um tributo ao passado com uma visão eclética de futuro. Este volume pretende reunir pesquisadores e professores de diferentes disciplinas e sensibilidades, tópicos e questões que precisamos responder dentro do arcabouço da Década dos Oceanos das Nações Unidas. Nesta Edição Especial, cientistas experientes e jovens foram convidados a trazer contribuições sobre temas emergentes e desafios, preocupações e ameaças, soluções e planos para a conservação, manejo e crescimento azul. Nós tivemos a oportunidade de reunir 26 diferentes trabalhos: opiniões, revisões, trabalhos originais e comentários curtos. Interessantemente, o foco em diferentes tópicos tornou possível uma visão poliédrica dos oceanos, desde a física à química, da biologia à socioeconomia.

Carleial e Soares discutem a importância de se entender a maneira como a ciência atualmente é apresentada à sociedade e os perigos que precisamos re-enfrentar para fazer esse ramo do conhecimento mais claro, acessível e mais ético. A ciência é mais do que nunca necessária, e as formas que transmitimos seus avanços para a sociedade serão cruciais para o futuro de uma democracia informada.

Apresentamos também trabalhos sobre observações oceânicas físicas. Teixeira foca na importância das observações oceânicas para iniciativas de modelagem e apresenta-nos uma visão global dos programas brasileiros passados e atuais que coletam dados *in situ* e em tempo real. Lentini e Mendonça, no trabalho intitulado “Satellite oceanography: harnessing the technological revolution”, fazem uma revisão histórica sobre a Oceanografia por satélites e destacam perspectivas futuras e tópicos principais sobre o assunto. Já Marta-Almeida enfatiza a importância dos modelos numéricos oceânicos como complementos às observações e como ferramentas para prever o futuro das condições oceânicas e impactos humanos. O autor apresenta uma visão geral dos estudos publicados sobre modelagem oceânica no Brasil. Por sua vez, no artigo “Dredging, mud, and Dunning-Kruger”, Schettini mergulha nos diferentes aspectos inerentes à dinâmica de sedimentos finos no que diz respeito à hidrodinâmica costeira e às atividades de dragagem. Gramcianinov e

colaboradores discutem que as tendências e mudanças futuras nos perigos oceânicos relacionados a ciclones no Atlântico Sul são difíceis de serem abordadas, especialmente na zona costeira. Os autores destacam a necessidade de uma abordagem multinível que inclua o retorno à ciência pura, o uso de dados observacionais e o desenvolvimento de novas teorias e metodologias para melhor identificar as tendências e mudanças futuras.

Uma revisão dos trabalhos sobre acidificação oceânica em áreas costeiras é apresentada por Cotovicz Jr. e colaboradores. Nesse trabalho, os autores apresentam uma visão geral dos trabalhos realizados na costa brasileira, destacando a necessidade de mais informações sobre esse diverso conjunto de habitats, considerando as implicações para o manejo da biodiversidade no futuro. Por sua vez, Abril e colaboradores discutem como a propagação da eutrofização costeira pode estar mudando os fluxos de CO₂ nos oceanos tropicais costeiros. Os autores utilizaram estudos do Rio de Janeiro, na costa brasileira, para destacar a situação paradoxal na qual os ecossistemas costeiros tropicais impactados pelo homem estão evoluindo para zonas marinhas mortas e reservatórios de carbono ao mesmo tempo.

Em uma revisão, Havermans e coautores apresentam brilhantemente o DNA ambiental como uma ferramenta para detectar a biodiversidade, melhor entender a ecologia trófica e explorar potenciais estresses sobre as comunidades oceânicas. Os autores trazem os prós e contras dessa metodologia, que pode ser utilizada para acelerar planos de manejo e conservação. Já em outra contribuição, Markelova e colaboradores nos convidam a embarcar numa viagem através das propriedades da água; viagem essa especialmente consciente no que diz respeito à percepção da fragilidade da água frente ao seu manejo pelo homem, que é a molécula mais preciosa para a vida na Terra. Os autores destacam a necessidade de políticas e ações educativas diferentes. O Oceano Austral também tem espaço nesta Edição Especial com a perspectiva apresentada por Isla, na qual os principais fatores a serem considerados para pesquisa e manejo futuro das águas que circundam o continente branco são apresentados. Nessa perspectiva, apresenta-se como os diferentes estressores que impactam ecossistemas pelágicos e bentônicos podem alterar a área mais prístina da Terra.

Seriam as águas-vivas uma oportunidade ou um perigo? Essa questão é respondida por Morandini, que explica alguns conceitos básicos e equívocos sobre águas-vivas, além de apresentar dicas de como explorar comercialmente esses organismos cada vez mais abundantes que se beneficiam das mudanças em curso nos oceanos. A conservação também é o tema do trabalho de Sahn e colaboradores. Os autores abordam como a bioprospecção de moléculas de interesse farmacêutico a partir de ascídeas pode estimular a conservação ao contarem uma jornada de 20 anos de pesquisa em bioprospecção e como se pode aumentar a conscientização e estimular a conservação dos oceanos sob a ótica dessa área de pesquisa.

O papel dos micro-organismos no futuro dos oceanos e da humanidade é retratado no trabalho de Tavares. A autora apresenta por que nós devemos nos interessar pelos micro-organismos e como eles moldam a biosfera. Através de exemplos claros, ela nos coloca em perspectiva sobre aspectos-chave, como o estudo do holobioma, seu papel em combater contaminantes ou como componente essencial para o funcionamento dos corais, entre outros exemplos, para ilustrar como os micro-organismos são ferramentas excelentes para nos ajudar a passar pelos desafios do Antropoceno. Ainda no mundo microbiano, sem dúvida, as microalgas são uma das alternativas mais promissoras para a produção de energia. Nesse sentido, Gârate-Osuna e colaboradores descrevem uma extensiva revisão de possibilidades, assim como as restrições potenciais que devem ser consideradas quando se trabalha com tais minúsculos organismos. O trabalho foca principalmente nas possibilidades de múltiplos produtos que podem advir desses organismos fotossintéticos. Com foco similar no poder dos invisíveis, Bezerra e coautores abordam as comunidades bacterianas asso-

ciadas a uma das espécies de manguezal mais conspícuas das Américas, a *Rhizophora mangle*. Ao longo do artigo, os autores destacam como o conhecimento básico das comunidades bacterianas pode ser utilizado em futuros projetos de monitoramento e para fornecer ferramentas baseadas em micro-organismos que possam ser utilizadas na proteção e restauração dos manguezais face às ameaças antropogênicas crescentes e às mudanças climáticas. Já no trabalho “Potential and realized diversity of coastal plankton: the role of resting stages in ecosystem functioning”, Belmonte e Rubino destacam a importância dos estágios dormentes como estratégia para as espécies do plâncton para evitar a variabilidade das condições ambientais e apresentam uma perspectiva sobre o tema. Em outro trabalho ainda na temática da importância dos seres minúsculos e invisíveis, Garcia e colaboradores discutem a importância do plâncton e como podemos utilizar a Década dos Oceanos como uma oportunidade para redescobrir essa fração essencial da vida aquática. Através de pesquisa científica e alfabetização oceânica, os autores convidam a entender o plâncton e a compartilhar a relevância desse “mundo invisível” com pessoas de todas as idades, culturas e níveis de educação.

Guarnieri e De Leo destacam a necessidade de um plano corajoso para a restauração costeira, demonstrando que as ferramentas para tanto estão disponíveis e que precisamos aplicá-las. Um plano sério de restauração seria uma solução vitoriosa em conjunto com as áreas de proteção marinhas já existentes e o planejamento espacial marinho que vem sendo desenvolvido ao longo de décadas. Também abordando o tema quente de restauração marinha, Reimer e coautores apresentam questões importantes sobre os métodos utilizados no Triângulo dos Corais. Os autores demonstram a importância de diferentes abordagens e o envolvimento de grupos de pesquisa em processos de regeneração de recifes de coral. Expandindo o tema de restauração, Rossi apresenta um exemplo simplificado no qual um plano de restauração hipotético das Ilhas Canárias é aplicado. Ele destaca a possibilidade de otimizar a distribuição, a densidade e o crescimento dos organismos transplantados para fortalecer a imobilização de carbono, assim como manejar as espécies de fundo mole e duro com a ajuda de recifes artificiais adaptados. Por sua vez, Ferreira e Lacerda discutem métodos e decisões de governança para promover a reabilitação/restauração de ecossistemas de manguezal como estratégia global de mitigação/adaptação às mudanças climáticas. Os autores argumentam que a restauração pode mitigar as mudanças climáticas por promover o sequestro de carbono na forma de biomassa e sedimentos por longos períodos de tempo, em adição ao aumento da proteção de costa contra o aumento do nível do mar e eventos climáticos extremos. Já a contribuição de Matos e colaboradores apresenta uma discussão sobre aspectos do manejo integrado da zona costeira dos estados do Nordeste brasileiro sob perspectivas da Economia, Direito e Sustentabilidade. Os autores identificaram as atividades econômicas direta e indiretamente relacionadas à Economia Azul nessa região. Eles discutem a falta de ampla participação democrática nos processos de tomada de decisão que dizem respeito ao planejamento do uso sustentável da zona costeira e sua ocupação.

As ameaças das mudanças globais às espécies de vida longa são analisadas por Santangelo. O autor traz uma explicação extensiva sobre a importância de se aplicar modelos demográficos para a conservação desses organismos, abordando exemplos com espécies-chave que podem ajudar a elucidar quais seriam os passos futuros para a conservação dessas espécies. Já Montiel e colaboradores utilizam uma abordagem multicritério e abrem as portas para diferentes abordagens em termos de conservação. Os autores apresentam um estudo de caso claro mostrando a importância de se ter um método quantitativo para selecionar organismos-chave que podem ser úteis para a aplicação de medidas de manejo em áreas costeiras.

Outro tópico interessante apresentado é o treinamento embarcado de profissionais qualificados na área de Ciências Marinhas no Brasil, principal tema explorado por Calazans. No manus-

critico “Floating teaching laboratory: practice as a teaching qualification”, o autor apresenta e discute a construção recente de quatro novas embarcações no Brasil, caracterizadas como Laboratórios de Ensino Flutuantes, para atender o ensino prático de coleta de dados a alunos de Ciências Marinhas.

Como apresentamos, nesta Edição Especial diferentes autores contribuíram em vários tópicos relacionados aos desafios atuais dos oceanos. Ao apresentar uma visão ampla do assunto, pode-se observar a multitude de temas relacionados às ciências oceânicas e o tamanho do desafio com o qual nos deparamos como cientistas na construção de um futuro com um olhar mais gentil e atencioso para o mar. Na ocasião em que prestamos homenagem à instituição fundadora deste periódico, nós aproveitamos a oportunidade para olhar para o futuro por meio da visão dos cientistas que contribuíram com esta Edição Especial.

*Sergio Rossi,
Luiz Cotovicz Jr.
Paulo Sousa,
Tallita Tavares,
Carlos Teixeira*