

ACIDIFICAÇÃO OCEÂNICA



Sumário para Formuladores de Políticas Públicas Segundo Simpósio sobre Oceanos em um Mundo com Elevado CO₂

PATROCINADORES

Comissão Oceanográfica Intergovernamental da UNESCO (IOC)

Programa Internacional Geosfera-Biosfera (IGBP)

Laboratórios Ambientais Marinhos (MEL) da Agência Internacional de Energia Atômica

Comitê Científico de Pesquisa Oceânica (SCOR)

SIMPÓSIO SOBRE OS OCEANOS EM UM MUNDO COM ELEVADO CO₂

O Segundo Simpósio sobre os **Oceanos em um Mundo com Elevado CO₂** foi realizado entre 06 e 09 de outubro de 2008, no Museu Oceanográfico de Mônaco, sob o prestigioso patronato de Sua Alteza, o Príncipe Alberto II. A reunião congregou 220 cientistas, de 32 países, que avaliaram o conhecimento científico atual dos impactos da acidificação oceânica sobre a química e os ecossistemas marinhos e abordaram as perspectivas socioeconômicas e de formulação de políticas públicas devido a estes impactos.

Este documento reúne, de forma resumida, pesquisas recentes apresentadas no simpósio. Os resultados estão sintetizados em um relatório científico (**Prioridades de Pesquisa para a Acidificação dos Oceanos, 2009**), disponível no site: www.ocean-acidification.net.

Contextualização

Anualmente, os oceanos absorvem cerca de 25% do CO₂ emitido para a atmosfera pelas atividades humanas, reduzindo drasticamente o impacto deste gás de efeito estufa sobre o clima.

Quando o CO₂ se dissolve na água do mar, forma-se o ácido carbônico. Este processo, denominado de acidificação oceânica, está tornando a água do mar mais corrosiva para conchas e esqueletos de numerosos organismos marinhos, bem como afetando seus processos de reprodução e fisiologia.

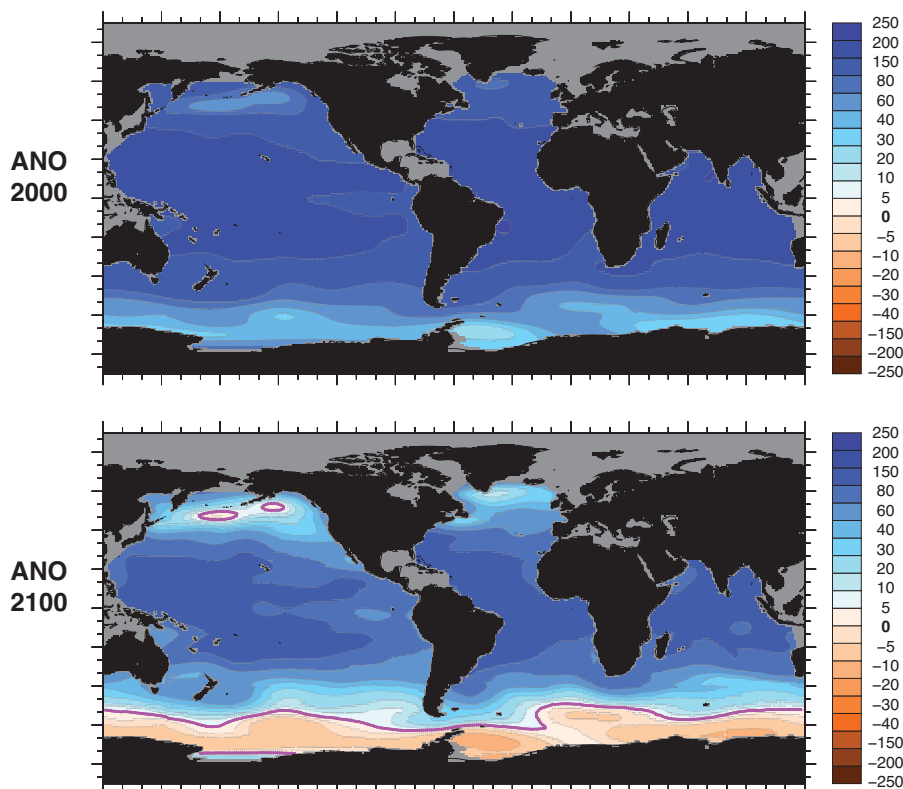
Esses impactos já foram detectados em organismos vivos de diversas regiões do planeta. Dentro de décadas, a química dos oceanos tropicais não sustentará o crescimento dos recifes de corais e grandes extensões dos oceanos polares se tornarão corrosivas aos organismos marinhos calcificadores. Estas alterações terão impacto sobre a cadeia alimentar, a biodiversidade e os recursos pesqueiros.

RECOMENDAÇÕES

Os efeitos adversos só podem ser evitados ao se limitar os níveis atmosféricos de CO₂ no futuro.

É necessário criar uma rede global de alertas e previsões antecipadas.

Capa: Estação termelétrica alimentada por carvão de Ironbridge à noite, Shropshire, Inglaterra, janeiro de 2007.



Dentro de décadas, estima-se que a acidez nos oceanos polares alcance níveis suficientes para dissolver algumas conchas.

Grau de saturação de aragonita calculado em relação ao excesso da concentração iônica de carbonatos ($\mu\text{mol kg}^{-1}$). As cores azuis indicam águas superficiais que são favoráveis à formação de carbonato de cálcio, enquanto que as cores vermelhas indicam águas que são corrosivas aos organismos calcificadores. Adaptado de Orr et al. (2005) Nature 437, 681-686. Figura: James Orr, Laboratórios Ambientais Marinhos (MEL-IAEA), Mônaco.

OS OCEANOS ESTÃO SE ACIDIFICANDO RAPIDAMENTE

A acidez dos oceanos aumentou 30% desde o início da Revolução Industrial. Se a concentração do CO₂ atmosférico continuar a aumentar no ritmo atual, os oceanos se tornarão corrosivos às conchas de muitos organismos marinhos até o final deste século. **Não se sabe como ou se os organismos marinhos se adaptarão a esta acidificação.**

Esse aumento é 100 vezes mais rápido do que qualquer mudança na acidez vivenciada pelos organismos marinhos, pelo menos, nos últimos 20 milhões de anos. Há 65 milhões de anos, a acidificação oceânica esteve vinculada à extinção em massa de organismos marinhos calcificadores, que são base fundamental da cadeia alimentar marinha. Naquela ocasião, os recifes de corais desapareceram dos registros geológicos, levando milhões de anos até que se recuperassem.

A atual acidificação, induzida pelo homem, representa um evento raro na história geológica do nosso planeta.

Contextualização

Atualmente, a concentração média de CO₂ atmosférico é igual a 385 partes por milhão (ppm), 38% mais abundante do que o nível pré-industrial (280 ppm).

Metade deste aumento ocorreu nos últimos 30 anos. As emissões atuais de CO₂ são maiores do que as projeções do pior cenário elaborado pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, divulgado há uma década.

Série temporal de CO₂ e pH no Oceano Pacífico Norte

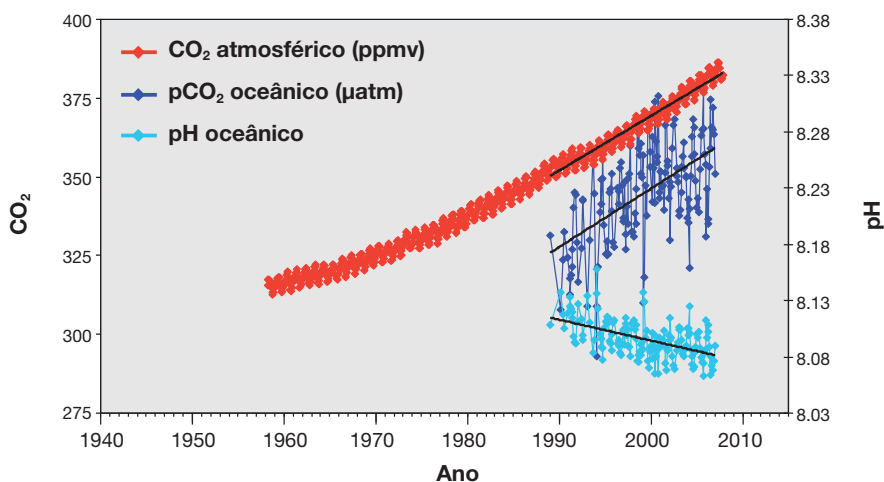


Figura: Richard A. Feely, Laboratório Ambiental Marinho do Pacífico, Administração Nacional Oceânica e Atmosférica, EUA, com dados atmosféricos gerados por Pieter Tans e dados de águas oceânicas gerados por David Karl. Adaptada de Feely (2008) in Levinson and Lawrimore (eds), Bull. Am. Meteorol. Soc, 89(7): S58.

As observações feitas nos últimos 25 anos evidenciam tendências consistentes entre o aumento da acidez em águas superficiais e o aumento de CO₂ atmosférico



Fotografia: Ulf Riebesell

A ACIDIFICAÇÃO DOS OCEANOS É UM RESULTADO DIRETO DAS EMISSÕES DE CO₂ E NÃO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Embora as mudanças climáticas e os seus impactos impliquem em incertezas significativas, **as alterações químicas que ocorrem nos oceanos, em decorrência do aumento de CO₂ atmosférico, são notadas agora e facilmente previsíveis para o futuro.**

Quando o CO₂ se dissolve na água do mar, forma-se o ácido carbônico. É esta reação química que leva à acidificação oceânica, independentemente das mudanças climáticas.

A redução das temperaturas globais e da concentração de outros gases de efeito estufa não reduzirá a acidificação oceânica. A acidificação oceânica não é uma questão climática periférica – ela é outro problema acarretado pelo CO₂.

As negociações que objetivam reduzir as emissões de gases de efeito estufa devem levar em conta a acidificação oceânica. Por exemplo, abordagens de geoengenharia, destinadas a combater as mudanças climáticas através da reflexão da luz solar, não solucionarão o problema da acidificação oceânica.



A redução das temperaturas globais e da concentração de outros gases de efeito estufa não diminuirá a acidificação oceânica.

COMO RESPONDERÃO OS ECOSISTEMAS MARINHOS ?

A maioria dos estudos indica uma redução no processo de calcificação, inclusive na formação de conchas e esqueletos, à medida que a acidificação aumenta. Os organismos marinhos calcificadores apresentam respostas diferentes durante os seus estágios evolutivos de vida. **Os estágios de vida iniciais são especialmente sensíveis à acidificação.**

Para os animais marinhos, inclusive os invertebrados e alguns peixes, o acúmulo de CO₂ nos seus corpos também poderá perturbar outros processos, além da calcificação, **induzindo a alterações gerais da morfologia, do estado metabólico, da atividade física e reprodução.**

Embora alguns grupos fitoplanctônicos, como os cocolitoforídeos, possam ser adversamente afetados pela acidificação oceânica, outros, como as cianobactérias, fixadoras de nitrogênio, poderão se beneficiar dos níveis elevados de CO₂. **Os impactos sobre o fitoplâncton e outras espécies sensíveis poderão perturbar a cadeia alimentar oceânica, afetando os recursos pesqueiros.**

Em meados deste século, prevê-se que as taxas de calcificação de corais serão reduzidas em cerca de um terço e **a erosão dos corais superará o crescimento novo.** É possível que muitos recifes de corais deixem de ser sustentáveis.

Experimentos indicam que a acidificação oceânica é um obstáculo à calcificação de corais de profundidade. **Até 2100, 70% dos corais de águas frias estarão expostos a águas corrosivas.** Os ecossistemas de corais de profundidade proporcionam o abrigo, alimento e áreas de procriação para muitos organismos de águas profundas, inclusive espécies de peixes comerciais.

Contextualização

A procriação seletiva de uma espécie de ostra indica que a resistência à acidificação poderá aumentar, sugerindo que **alguns organismos podem desenvolver algum nível de adaptação.** Contudo, desconhece-se a adaptabilidade da maior parte dos organismos ao aumento da acidez.

É provável que a gravidade desses impactos dependa, parcialmente, da **interação entre a acidificação e outras formas de pressão ambiental, como o aumento da temperatura dos oceanos, da sobrepesca e de fontes de poluição terrestres.** Em duas espécies de caranguejo, a acidificação oceânica diminuiu suas resistências a extremos de temperatura, indicando um aumento de sensibilidade ao aquecimento e, portanto, refletindo para a potencial redução das áreas de distribuição destas espécies.

Ambientes com altas concentrações naturais de CO₂, como algumas zonas costeiras influenciadas pelo fenômeno da ressurgência ou pela descarga fluvial, ou ainda, áreas que recebem descargas vulcânicas ou fontes hidrotermais, ricas em CO₂, poderão fornecer uma visão dos ecossistemas marinhos do futuro. Essas áreas apresentam baixa biodiversidade e um elevado número de espécies invasivas.

Até meados deste século, muitos recifes poderão deixar de ser sustentáveis.



Fotografia: Armin Form

COMO A ACIDIFICAÇÃO OCEÂNICA AFETARÁ AS SOCIEDADES E ECONOMIAS?

A acidificação oceânica poderá disparar uma reação em cadeia de impactos sobre a teia alimentar oceânica, que afetarão a indústria pesqueira e de frutos do mar, que movimentam bilhões de dólares, e ameaçará **a segurança alimentar de milhões de pessoas dentre as mais pobres do planeta**. Peixes na fase larval, moluscos e crustáceos são particularmente vulneráveis a esses impactos.

A acidificação poderá tornar a maioria das regiões oceânicas inóspita para os recifes de corais, afetando **o turismo, a segurança alimentar e a biodiversidade**. É possível que os recifes de corais sejam particularmente afetados pelo impacto combinado entre as temperaturas da água mais elevadas, que acarretam em seu branqueamento, e a acidificação oceânica.

A capacidade dos oceanos em absorver CO₂ atmosférico está sendo alterada pela acidificação oceânica, o que dificultará a estabilização das concentrações de CO₂ atmosférico.

Os custos da estabilização do CO₂ atmosférico, a níveis que evitem a maior parte dos impactos negativos, são menores do que os custos causados pela falta de ação e a estabilização é realizável por meio de tecnologias que podem ser implementadas no presente e no futuro próximo.

Contextualização

Quando os pequenos organismos dos oceanos morrem, as suas conchas afundam até o leito oceânico, armazenando o carbono por um longo período. Isso constitui parte da bomba de carbono dos oceanos e, com as conchas mais leves, haverá menor transferência de carbono para os oceanos profundos. Para o ecossistema, é possível estimar os custos do serviço proporcionado pela bomba de carbono dos oceanos, aplicando-se os preços atuais dos mercados de crédito de carbono. Com os preços na faixa entre US\$ 20 a US\$ 200 por tonelada de carbono, o consumo de CO₂ pelos oceanos representa um subsídio anual entre US\$ 40 a US\$ 400 bilhões à economia global, ou 0,1 a 1% do Produto Mundial Bruto. **A redução prevista na eficiência da bomba de carbono dos oceanos poderia representar um prejuízo anual de bilhões de dólares.**

Negociações internacionais para manter **os níveis de CO₂ atmosférico abaixo de 550 ppm, ou mesmo 450 ppm, não garantem que grande parte dos oceanos polares deixem de se tornar corrosivos** para as conchas de espécies marinhas importantes. Mesmo sob estes níveis de CO₂, as projeções indicam que o crescimento líquido dos recifes em áreas tropicais não acompanhará a erosão e a dissolução dos recifes.



Fotografia: Arne Körtzinger

A acidificação oceânica poderá ameaçar a segurança alimentar de milhões de pessoas dentre as mais pobres do planeta.

A PESQUISA EM ACIDIFICAÇÃO OCEÂNICA É RUDIMENTAR

A acidificação oceânica é um campo de estudos relativamente novo, sendo que a **publicação de 62% dos artigos científicos sobre este assunto ocorreu a partir de 2004.**

Apesar dos avanços na compreensão dos impactos das altas concentrações de CO₂ sobre uma grande variedade de organismos marinhos, continuamos ainda **incapazes de fazer projeções significativas acerca dos impactos** sobre o conjunto dos ecossistemas marinhos e recursos pesqueiros, ou de identificar limites além dos quais estes ecossistemas não terão possibilidade de se recuperar.

Globalmente, **há poucos locais com medições multi-decadais de variáveis químicas e ecossistêmicas, necessárias ao fornecimento de um valor de referência para a avaliação adequada dos impactos da acidificação oceânica.** É necessário criar uma rede global de alertas e previsões antecipadas, coordenada por diversas nações, para proporcionar pesquisas, gerenciamento e a verificação de ações estabilizadoras.

Contextualização

A maior parte dos estudos envolvendo organismos marinhos examinou apenas as respostas de espécies isoladas a um estresse ambiental, como o aumento da acidez, do CO₂ ou da temperatura. É necessário criar métodos que examinem todas as respostas dos ecossistemas a diversos estresses ambientais, utilizando cenários que correspondam às condições esperadas para as próximas décadas.

É necessário que se conduzam estudos de longo prazo e experimentos de procriação seletiva, para compreender as vias adaptativas e evolutivas. Será importante identificar os genes envolvidos na calcificação, no equilíbrio ácido-base, além dos meios de se medir a expressão destes genes para elucidar a adaptabilidade dos organismos marinhos às alterações da acidez.

A escala global da acidificação sugere que as opções para mitigá-la serão provavelmente muito limitadas, especialmente em curto prazo. É necessário que se conduzam pesquisas para compreender se a adição de substâncias alcalinas aos oceanos poderia contrabalançar a acidificação em regiões específicas e até que ponto os impactos da acidificação podem ser compensados pela redução de outras pressões ambientais (como a eutrofização) para o gerenciamento ideal dos ecossistemas marinhos, neutralizando estas e outras ameaças combinadas.

Comitês de orientação de pesquisas nesta área devem incluir especialistas em formulação de políticas públicas, com interesses nos setores relevantes do meio ambiente, indústria e conservação.

62% dos artigos científicos sobre a acidificação oceânica foram publicados a partir de 2004.



Fotografia: Ulf Riebesell

PATROCINADORES DO SIMPÓSIO

O **Comitê Científico de Pesquisa Oceânica** não governamental (www.scor-int.org) foi estabelecido em 1957 pelo Conselho Internacional de Uniões Científicas (ICSU), para promover a cooperação internacional em todas as áreas da oceanografia.



A **Comissão Oceanográfica Intergovernamental** (<http://ioc-unesco.org>) foi estabelecida em 1960 pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e a Cultura (UNESCO), para proporcionar aos estados-membros das Nações Unidas um mecanismo essencial de cooperação global no estudo dos oceanos.



O **Programa Internacional Geosfera-Biosfera** (www.igbp.net) é um programa internacional de pesquisa científica que estuda as interações entre os processos biológicos, químicos e físicos, e os sistemas humanos, para desenvolver e comunicar a compreensão necessária para respostas às alterações globais.



Os **Laboratórios Ambientais Marinhos (MEL) da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA)** (www-naweb.iaea.org/naml) promovem esforços entre agências da ONU, para proteger os mares, e realiza pesquisas sobre a acidificação dos oceanos, combinando isótopos com experimentos de manipulação e utilizando modelos numéricos para melhor compreender e projetar como a acidificação poderá alterar os recursos marinhos durante o Século XXI.



www.ocean-acidification.net

APOIO FINANCEIRO E DOAÇÕES

Os patrocinadores científicos e os comitês organizadores do simpósio agradecem o apoio financeiro e as doações recebidas das seguintes organizações e agências financiadoras:

Fundação Nacional de Ciência dos EUA
Fundação Príncipe Alberto II de Mônaco
Comitê Científico de Pesquisa Oceânica
Comissão Oceanográfica Intergovernamental da UNESCO
Agência Internacional de Energia Atômica
Programa Internacional Geosfera-Biosfera
Museu Oceanográfico de Mônaco
Centro Científico de Mônaco
Conselho Internacional para a Exploração Marítima
Organização Oceanográfica do Pacífico Norte
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas



Fotografia: Clara Natoli

Editores: Maria Hood, Wendy Broadgate, Ed Urban e Owen Gaffney.
Diagramação: Hilarie Cutler, Secretária do IGBP.
Tradução e Edição em Português: Escritório Regional do IGBP no Brasil.
Revisão Técnica: Rosane Gonçalves Ito

Cópias em Inglês disponíveis em:
www.ocean-acidification.net.
Para obter cópias impressas, envie e-mail para comms@igbp.kva.se ou telefone para +46 8 16 64 48
Cópias em Português disponíveis em:
<http://www.inpe.br/igbp/contato.php>
ou telefone para + 55 12 3208 7137

Os resultados expostos aqui estão resumidos no relatório científico Orr et al. (2009) Research Priorities for Ocean Acidification, disponível em: www.ocean-acidification.net