



ACADEMIA
BRASILEIRA
DE CIÊNCIAS

MCMXVI

Contaminação por mercúrio

Por que precisamos de um plano de ação?



**OUTUBRO
2022**

Academia Brasileira de Ciências

Em 3 de maio de 1916, a Academia Brasileira de Ciências (ABC) foi fundada com o objetivo de reconhecer o mérito científico de grandes pesquisadores brasileiros e contribuir para a promoção do desenvolvimento da ciência e da educação. Nestes 106 anos, a ABC consagrou-se como defensora da ciência, da educação e da inovação como eixos estruturantes para alavancar o desenvolvimento do Brasil. Esse processo depende, sabidamente, da capacidade de se produzir conhecimento e aplicá-lo em desenvolvimento socioeconômico. Para tanto, educação de qualidade e pesquisas científicas e tecnológicas avançadas são fatores cruciais e determinantes.

A ABC considera que a difusão das novas descobertas desconhece fronteiras e acredita que a ciência e a comunidade científica devem ser um elo, tanto entre os povos do mundo quanto entre as regiões do nosso país. Assim, a Academia busca contribuir com estudos sobre temas de primeira importância para a sociedade, assim como com a proposição de políticas públicas com forte embasamento científico. É nesse sentido que a ABC trabalha e se dedica com todo o empenho, tanto em nível nacional como internacional, seja de modo presencial ou virtual, há mais de um século.



A Sociedade Brasileira de Ciências (primeiro nome da ABC) foi fundada em 1916, na Escola Politécnica do Rio de Janeiro, no Largo de São Francisco. Foto: Museu da Imagem e do Som.

Presidente

Helena Bonciani Nader

Vice-Presidente

Jailson Bittencourt de Andrade

Vice-Presidentes Regionais

Adalberto Luis Val - *Norte*

Anderson Stevens Leonidas Gomes - *NE & ES*

Mercedes Maria da Cunha Bustamante - *MG & CO*

Patricia Torres Bozza - *RJ*

Glaucius Oliva - *SP*

Ruben George Oliven - *Sul*

Diretores

Alvaro Toubes Prata

Maria Domingues Vargas

Mariangela Hungria

Roberto Lent

Virgílio Augusto Fernandes Almeida

Grupo de Trabalho

Jailson Bittencourt de Andrade (coord.)

Adalberto Luis Val

Alvaro Toubes Prata

Anderson Stevens Leonidas Gomes

Glaucius Oliva

Luiz Drude de Lacerda

Mercedes Maria da Cunha Bustamante

Patricia Torres Bozza

Paulo Eduardo Artaxo Netto

Ruben George Oliven

Virgílio Augusto Fernandes Almeida

Assessoria

Vitor Vieira de Oliveira Souza

Projeto Gráfico e Diagramação

Pedro Armando Santoro Dantas

Revisão editorial

Murilo Bomfim

Introdução

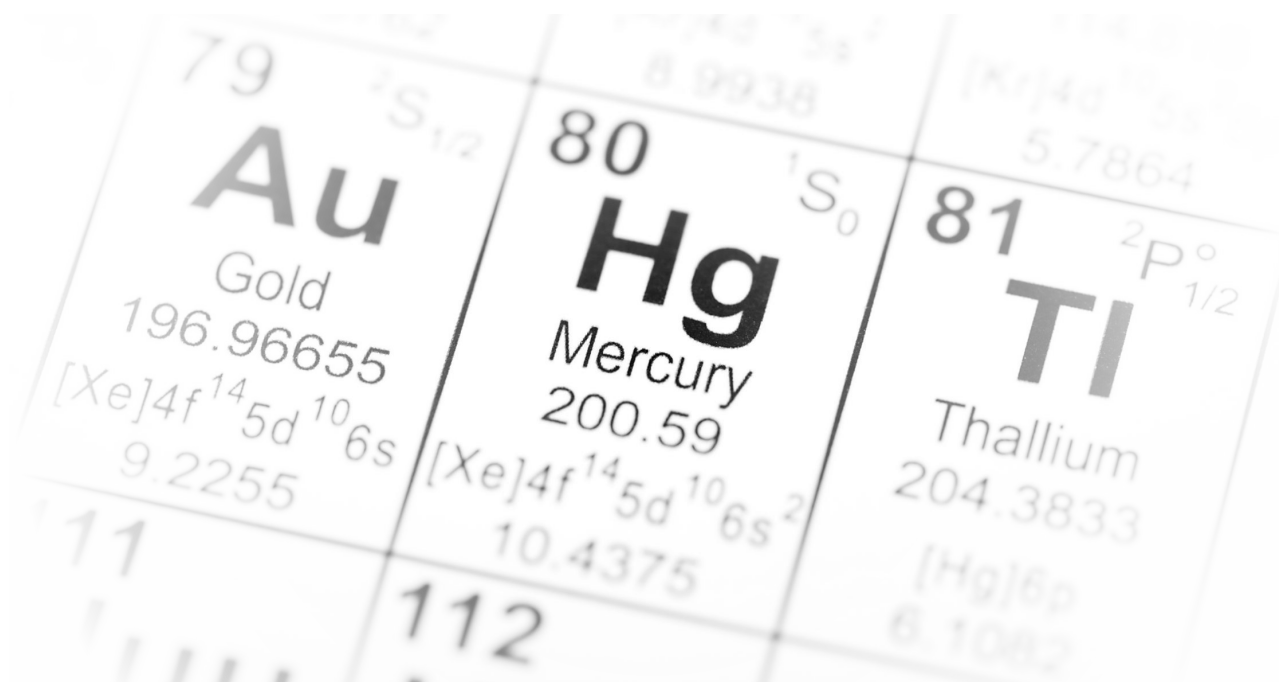
Nos últimos anos, o mundo tem se voltado às questões ambientais — principalmente pelas consequências da ação humana, com alguns efeitos já irreversíveis. Apesar da discussão ganhar cada vez mais espaço no debate público, um tema ainda tem pouco destaque: as emissões de mercúrio (Hg).

Problema global com sérias repercussões sobre a saúde humana e planetária, essas emissões se distribuem facilmente pela atmosfera, percorrendo longas distâncias. Embora diversas localidades brasileiras sejam afetadas pela contaminação, o mercúrio está fortemente associado ao garimpo ilegal e a seu uso na extração do ouro. Esses processos impactam diretamente as populações indígenas, tradicionais e ribeirinhas, alterando seus territórios e inviabilizando a continuidade de seus modos de vida e de suas culturas.

A Constituição brasileira é clara ao proibir o garimpo em terras indígenas. Entretanto, o que se tem assistido ultimamente é a invasão sistemática de garimpeiros nesses territórios, sem que o Estado cumpra seu papel. O resultado é o assassinato das populações locais e a intensa destruição ambiental. Para além do mercúrio, que afeta a pesca por contaminar peixes e seus consumidores, o garimpo desestrutura a organização social ao incluir a busca do ouro na dinâmica das comunidades.

Sabe-se que os povos indígenas e tradicionais têm papel fundamental na conservação das florestas, sendo verdadeiros guardiões da Amazônia. Análises do Instituto Socioambiental¹ demonstram que os povos indígenas e tradicionais são responsáveis pela proteção de um terço das florestas do Brasil. Nos últimos 35 anos, as terras indígenas protegeram 20% do total de florestas do país.

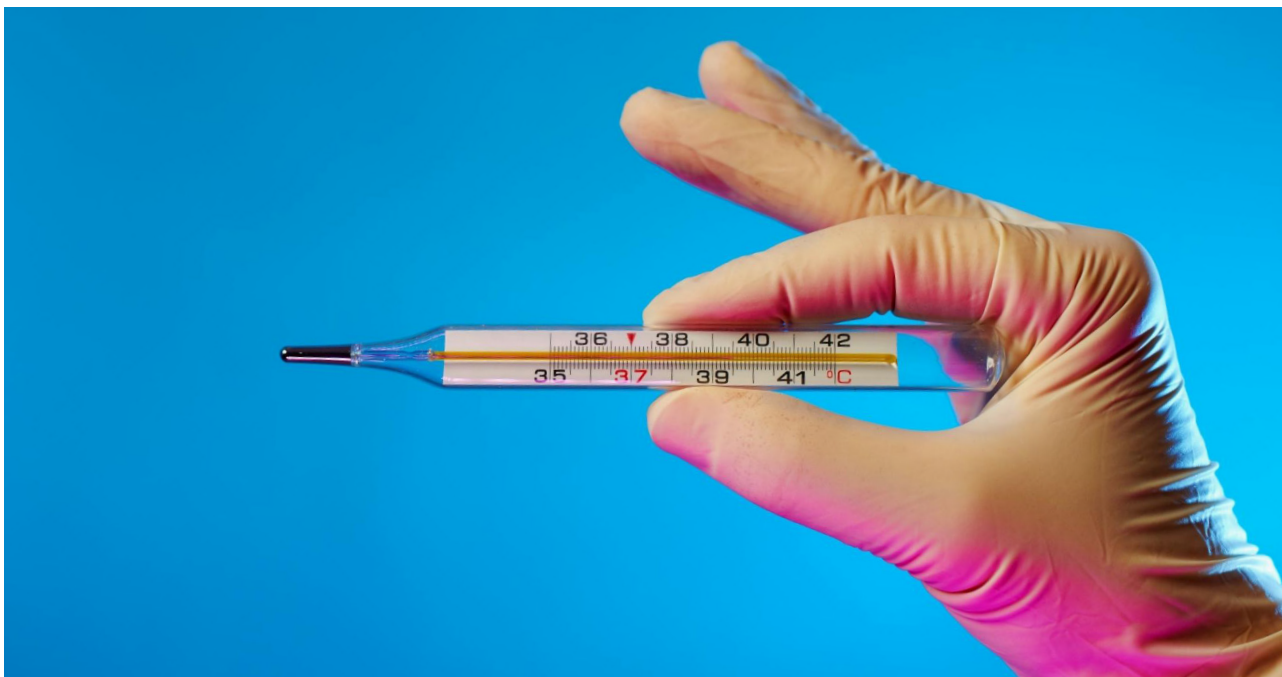
Em função dos significativos impactos da presença de Hg em concentrações tóxicas na atmosfera, hidrosfera, pedosfera e, em especial, na biosfera, a Academia Brasileira de Ciências (ABC) criou um Grupo de Trabalho para organizar o presente documento, que aborda as questões mais relevantes sobre o tema. O objetivo é mitigar os impactos da liberação deste elemento no ambiente, provocada pelo comércio (legal e ilegal) e pelo uso de Hg em atividades artesanais e industriais. A ABC destaca, ainda, as consequências da presença do mercúrio no ar e na alimentação, iniciando um debate sobre a gestão do metal no Brasil.



¹ Instituto Socioambiental (www.socioambiental.org/noticias-socioambientais/estudo-comprova-que-povos-indigenas-e-tradicionais-sao-essenciais-para).

Mercúrio – extração, circulação e impactos

O elemento químico mercúrio (Hg) ocorre na natureza principalmente na forma de sulfeto de mercúrio (HgS), também conhecido como cinábrio. Por ser o único metal líquido em temperatura ambiente, o Hg é bastante utilizado em células eletrolíticas, em lâmpadas de vapor, na extração de ouro (amálgama), como fungicida e em termômetros e equipamentos médicos.



A extração comercial do mercúrio é feita por meio do aquecimento do minério de cinábrio em uma corrente de ar. O vapor de mercúrio é, então, condensado. Tóxico, esse vapor, se inalado, pode provocar vertigens, tremores e danos nos pulmões e no cérebro. Compostos orgânicos de mercúrio, como o dimetilmercúrio $\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$, são ainda mais tóxicos, podendo provocar distúrbios mentais e até mesmo morte.

A circulação de mercúrio no ambiente é bem conhecida pela ciência. Ela se dá, especialmente pela atmosfera, sob forma de vapor, associado ao material particulado atmosférico inalável e/ou às chuvas. O Hg inalável pode atingir os alvéolos pulmonares e entrar diretamente na corrente sanguínea. O mecanismo fundamental da toxicidade biológica do mercúrio é sua alta reatividade com a sulfidrila de um aminoácido chamado cisteína — presente em todas as proteínas e em muitas enzimas essenciais para o metabolismo das células humanas. Quando o Hg se liga a enzimas e outras proteínas, elas são inativadas de forma irreversível, o que gera graves complicações clínicas. Nos seres humanos, o mercúrio é encontrado principalmente nos cabelos, sangue, leite materno e cérebro, sendo, ainda, transferido para fetos².

Além dos impactos na saúde humana, a contaminação por Hg atinge outros seres vivos (como peixes, crustáceos, corais e organismos associados ao sedimento — caso das poliquetas) e compartimentos de ecossistemas naturais e manejados (como solos, sedimentos e corpos d'água). A contaminação também está associada a outros poluentes, como micro e nanoplásticos.

² Observatório do Mercúrio (<https://panda.maps.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=e74f4fc219b3428b8e-4bce4d7295f210>).

Fatos relevantes

1. Fontes de mercúrio no Brasil

O inventário mais atualizado para fontes e emissões de Hg no Brasil foi divulgado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA)³ em 2019, com base em dados de 2016. Algumas informações merecem destaque. Primeiramente, embora típico em estudos dessa natureza, a variabilidade entre os cenários de emissões mínimas é bastante significativa: entre 69 e 913 toneladas. A produção de ouro tem a maior contribuição relativa, variando de 28 a 64% do total. Na sequência, tem-se a produção de álcalis (1 a 15,3%), usos odontológicos (4,7 a 15,5%), produção de cimento (4,1 a 5,7%) e lançamento de resíduos sólidos e líquidos urbanos (10,3 a 14,9%), entre outros usos.

Diante do inventário, ressaltamos que a grande variabilidade das estimativas de emissão é resultante do garimpo de ouro. Para o ano de 2016, por exemplo, o MMA estimou emissão variando de 11 a 161 toneladas, dada a incerteza do garimpo ilegal que, à época, poderia envolver até 75 mil garimpeiros na Amazônia. Tais números demandam atualização frente ao avanço da prática ilegal na região⁴.

Além disso, a contribuição de fontes envolvendo produtos que contêm Hg (amálgama dentário, baterias, lâmpadas e manômetros, entre outros) é significativa. Desde 2020, tais produtos têm sua fabricação, importação e exportação controlada, como regulado na 3ª Conferência das Partes (COP-3) da Convenção de Minamata⁵. Neste sentido, seria importante observar o impacto de tais medidas no inventário brasileiro.

Por fim, as emissões decorrentes da queima de combustíveis fósseis e produção de cimento e siderurgia são passíveis de redução expressiva, o que poderia ser feito por meio do desenvolvimento de tecnologias voltadas à redução das emissões de Hg.

2. Remobilização do mercúrio: um legado de nossa irresponsabilidade ambiental

Muitos problemas de contaminação ambiental por Hg que enfrentamos hoje não envolvem novas emissões. São, na verdade, decorrentes de mudanças de uso dos solos e sedimentos. Na Amazônia, por exemplo, com exceção dos seis últimos anos (dos quais ainda não há dados disponíveis), diversos estudos têm mostrado que, embora a emissão total tenha diminuído drasticamente, as concentrações em organismos-chave (como peixes e humanos) vêm aumentando ao longo dos últimos 20 anos⁶. Esse fenômeno é associado à alteração do uso do solo, particularmente na conversão de florestas para extração de madeira e agropecuária, que aumenta a emissão de Hg para rios e para a atmosfera, tornando o metal biodisponível. Geograficamente, a Amazônia e o Cerrado são os biomas mais sensíveis, em função de seu passado de mineração e rápido desmatamento de seus ecossistemas naturais. De forma similar, ao longo do litoral brasileiro, ações de dragagem associadas a portos e navegação também vêm liberando concentrações elevadas do Hg antes acumulado nesses sedimentos. Por fim, começam a surgir evidências robustas de que a mobilização do legado do Hg também resulta de vetores associados a mudanças climáticas.

³ Ministério do Meio Ambiente (<http://diretorio.mma.gov.br/index.php/category/69-gef-001062-03-01-desenvolvimento-de-avaliacao-inicial-da-convencao-de-minamata-sobre-mercúrio-no-brasil?doc=1>).

⁴ Mapbiomas Brasil (<https://mapbiomas.org>).

⁵ Minamata Convention on Mercury (<https://www.mercuryconvention.org/en/meetings/cop3>).

⁶ Anais da Academia Brasileira de Ciências (<https://doi.org/10.1590/S0001-37652012000100007>).

3. Circulação em larga escala

Como ocorre com outros gases na atmosfera, o ciclo global do Hg é diretamente afetado pelas condições atmosféricas e pela interação oceano-atmosfera. Neste sentido, alterações distais acabam por gerar impactos locais. Um exemplo é o aumento da fugacidade do Hg devido a alterações de temperatura, salinidade e acidez dos oceanos⁷. Essa dinâmica explica por que regiões do planeta, como o Ártico e litorais semiáridos, vêm testemunhando incrementos nas concentrações de Hg biodisponível. O resultado é o aumento da contaminação da biota e da exposição humana ao metal⁸, mesmo com a quase ausência de fontes locais de Hg nesses ambientes.

4. Contaminação do pescado, impactos econômicos e exposição humana

A principal via de exposição humana ao Hg é a ingestão de pescado. Estudos sobre os impactos do consumo de peixes e frutos do mar na saúde pública mostram que riscos existem mesmo quando o metal está presente em baixas concentrações. É importante destacar que o Hg tem grande capacidade de bioacumulação e, por isso, pode atingir níveis superiores aos limites estabelecidos pela legislação ambiental — o que ocorre até mesmo em regiões sem fontes pontuais de Hg. A contaminação do pescado e produtos da aquicultura é um obstáculo para o atingimento do potencial econômico do setor no país, além de oferecer risco à saúde pública e à segurança alimentar.



5. Riscos à saúde

Todos os humanos estão expostos a algum nível de Hg, a maioria em baixas concentrações e, em geral, de forma crônica. Algumas populações, no entanto, estão expostas a altos níveis de Hg, seja pela ocupação e uso de áreas particularmente contaminadas, por seus hábitos alimentares e/ou por exposição ocupacional.

⁷ Science (<https://www.science.org/doi/epdf/10.1126/science.1242838>).

⁸ Frontiers in Earth Science (<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2020.00093/full>).

Os efeitos da exposição também dependem de sua duração e de sua via (inalação, ingestão ou contato dérmico), da forma química do Hg, da idade e das condições socioeconômica e de saúde das pessoas afetadas e de outros vetores biológicos e antropológicos que intensificam a exposição humana⁹. Dessa forma, no Brasil, os riscos à saúde são maiores em populações ribeirinhas da Amazônia e em pescadores artesanais do litoral brasileiro.

6. Interação transfronteiriça na Bacia Amazônica e acordos multilaterais

Em todos os países da Bacia Amazônica, a mineração artesanal (legal ou ilegal) de ouro em pequena escala utiliza Hg no processo de apuração. Por isso, é impossível identificar a fonte de todo o Hg circulante na floresta amazônica e em sua rede hidrográfica. Para se ter uma ideia, entre os anos de 1995 e 2005, o garimpo no rio Madeira (em Rondônia) foi quase extinto. Apesar disso, a bacia hidrográfica da região manteve concentrações elevadas do metal, sobretudo pelas contribuições vindas da Bolívia e do Peru.

No âmbito das Nações Unidas, a poluição por Hg é um dos poucos eventos ambientais que geraram um compromisso internacional para o controle e redução da contaminação. Tratado assinado em 2013, a Convenção de Minamata revela a importância do mercúrio: um metal onipresente no mundo e que, embora ocorra naturalmente, é liberado para a atmosfera, solo e água por uma variedade de fontes e atividades antrópicas em escala global. Assim, a Convenção une diversos países no compromisso de controlar as emissões antropogênicas do Hg¹⁰.

Em 1999, o Brasil foi sede da Conferência sobre o Mercúrio como Contaminante Global e, portanto, teve papel fundamental e de liderança na construção da Convenção de Minamata, com participação significativa em suas Conferências das Partes e reuniões temáticas. As iniciativas do país em relação a essa causa, entretanto, foram drasticamente reduzidas.



⁹ Science (<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1245924>).

¹⁰ Minamata Convention on Mercury (<https://www.mercuryconvention.org/en/documents/minamata-convention-mercury-text-and-annexes>).

7. Desenvolvimento de novas tecnologias para a mineração e extração de ouro

A maioria dos processos de extração de ouro (artesanal ou industrial) tem base na amalgamação com mercúrio. Métodos alternativos já existem: eles dispensam o uso de Hg¹¹, mas ainda são incipientes. Esse é um desafio de grande complexidade e que requer ações além do desenvolvimento de novas tecnologias. É preciso, ainda, estimular mudanças culturais e comportamentais dos agentes da extração de ouro e da sociedade em geral. Neste sentido, educação, divulgação científica, realização de eventos e ações que envolvam todas as áreas do conhecimento — **ciências humanas, exatas, biológicas (incluindo a saúde) e agrárias** — são tão relevantes quanto o desenvolvimento de novas tecnologias.

Recomendações

A contaminação por Hg é um desafio nacional que demanda a mobilização de todos os níveis governamentais (municipais, estaduais e federal), do setor privado e das organizações sociais. É preciso, também, mobilizar estruturas de pesquisa organizadas e com atuação relevante em educação, ciência, tecnologia e inovação. Tais estruturas estão presentes em todas as regiões do país e podem ser um importante ponto de partida para encaminhar algumas das recomendações listadas a seguir.

É fundamental, ainda, o apoio expressivo a um projeto integrador a ser iniciado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, com a adesão de outros ministérios e agências de regulação. O cenário internacional exige atenção ao envolvimento dos países fronteiriços, que podem contribuir com a contaminação e sofrer suas consequências.

Neste contexto, a Academia Brasileira de Ciências ocupa posição única, não só por sua representatividade e pela vasta experiência da ciência brasileira no tema, mas por sua experiência em questões regionais¹². Assim, a ABC se propõe a realizar reuniões regionais, nacionais e internacionais, identificando gargalos e propondo soluções.



¹¹ ScienceDirect (<https://doi.org/10.1016/j.exis.2020.06.023>).

¹² ACS Publications (<https://doi.org/10.1021/acs.est.5b00215>).

Ações recomendadas

- Retomar a participação ativa do Brasil na Convenção de Minamata, participando significativamente da redação e divulgação das Avaliações Globais sobre o Mercúrio¹³, bem como da prestação de contas sobre as ações realizadas no país.
- Atualizar os inventários de emissão de Hg.
- Eliminar e substituir os produtos que contêm Hg e para os quais já existem tecnologias alternativas independentes do uso do metal — realidade de praticamente toda a instrumentação de saúde e odontologia e de fontes industriais, como a produção de álcalis de tintas.
- Banir o garimpo ilegal, tanto por seus impactos sobre o meio ambiente e saúde como pelos desafios que impõe à avaliação das emissões. Reforçar as ações e medidas punitivas referentes à importação ilegal de Hg — uma vez que o Brasil não produz mercúrio, torna-se mais fácil o controle eficiente das importações, o que pode ser efetivo na redução das emissões.

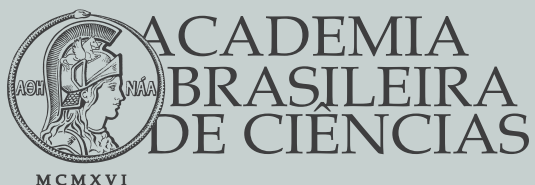


¹³ United Nations Environment Programme (<https://www.unep.org/explore-topics/chemicals-waste>).

- Incentivar o desenvolvimento e a implementação de tecnologias e inovação voltadas à redução de emissões de fontes incidentais, onde o Hg ocorre como impureza.
- Desenvolver projetos de pesquisa multidisciplinares voltados à saúde, incluindo toxicologistas ambientais que conheçam a bioquímica do Hg, ecólogos que tracem o destino do Hg na cadeia alimentar, médicos que abordem os efeitos da exposição crônica e aguda ao metal, especialistas em saúde pública que analisem padrões de grandes populações e sociólogos e antropólogos que estudem os impactos da principal fonte de Hg no planeta (prospecção e extração de ouro).
- Formular cenários futuros isentos de exposição ao Hg e subsidiar medidas para melhorar a sustentabilidade do setor pesqueiro quanto à segurança alimentar. Em curto prazo, aprimorar as informações disponíveis para o setor e governo em consequência das auditorias de qualidade do pescado, como a conduzida mais recente pela Comunidade Europeia¹⁴. É fundamental um contínuo monitoramento da contaminação dos produtos da pesca e da aquicultura por Hg e a análise de risco humano à exposição a metais pelo consumo de produtos da pesca e aquicultura.
- Articular mecanismos previstos nas organizações governamentais regionais, como a União das Nações Sul-Americanas (Unasul) e a Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA), e não-governamentais, como a Rede Interamericana de Academias de Ciências (Ianas) e a Parceria InterAcademias (IAP), a participar deste esforço e ampliar seu alcance.

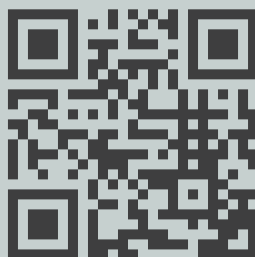


¹⁴ European Commission (http://ec.europa.eu/food/audits-analysis/audit_reports/details.cfm?rep_id=2911).



Rua Anfilóbio de Carvalho, nº29 - 3ºandar
Rio de Janeiro, RJ - Brasil
Tel.: +55 21 3907 . 8100

www.abc.org.br



www.abc.org.br/RedesSociais



#ABCiências | #TodosPelaCiência | #CiênciaGeraDesenvolvimento