

## Concentração de mercúrio em peixes da Amazônia

Marlon Washington da Silva e César Augusto Maximiano Estanislau

Centro Universitário Newton Paiva, Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde, Minas Gerais

### Resumo

Biologicamente os metais pesados são expressivos contaminantes ecossistêmicos, em especial o mercúrio. Por não sofrer degradação ambiental e ser detentor da capacidade de bioacumulação e biomagnificação nos organismos contaminados, este metal é considerado o de maior potencial tóxico. No presente estudo, realizaram-se levantamentos secundários quanto às concentrações de mercúrio nos peixes da bacia Amazônica. As pesquisas demonstraram valores médios entre  $0,01 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  e  $0,51 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , verificados nas espécies de *Schizodon fasciatus* (Aracu comum) e *Plagioscion squamosissimus* (pescada branca) respectivamente. De um modo geral, as concentrações médias de Hg em tecidos musculares dos peixes da referida bacia não excederam os limites estabelecidos pela legislação brasileira de  $1,0 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  para predadores e  $0,5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  para os demais indivíduos.

### Introdução

A denominação do Hg decorre de uma homenagem ao planeta Mercúrio que conforme a mitologia romana é o mensageiro dos deuses, também o deus dos mercadores, filho de Júpiter e Maia, correspondente ao deus grego Hermes.

Mundialmente, o mercúrio sempre foi aplicado com as mais diversas finalidades. No início do primeiro século depois de Cristo, na Grécia, teve sua utilização como unguento medicinal. Posteriormente, os romanos além da medicina, também fizeram a junção destes aos cosméticos.

Por volta do século IV as minas de Almaden (Espanha) eram as principais fontes

de mercúrio. Na China, a utilização de cinabre (mercúrio associado ao óxido de ferro) como pigmento em tinta vermelha aponta para sua aplicação a cerca de três mil anos. Tumbas egípcias datadas de 1500 a.C. também apresentam vestígios do uso de cinábrio.

Por volta do século XV, na Europa, este metal era utilizado para o tratamento da sífilis. Os primeiros registros quanto à sua toxicidade datam deste período, mas apenas a partir de meados do século XVIII suas propriedades físico-químicas foram descobertas. Até então, o mercúrio ainda não tinha sido enquadrado no grupo dos metais por ser um material visivelmente líquido (TEIXEIRA, 2011).

O mercúrio foi inserido no Brasil no final da década de 50, mas apenas os anos 80 e 90 foram marcados pelo uso do mercúrio metálico para a queima de amálgama de ouro na Amazônia, o que tornou possível, a extração do ouro granulométrico, disperso no sedimento de fundos em diversos corpos hídricos da região.

O mercúrio (Hg) é considerado um dos metais pesados de maior toxicidade presentes no meio (LOPES, 2012). Naturalmente, pode-se encontrar este elemento nas formas orgânica e inorgânica, no estado sólido, dissolvido e na fase gasosa. Se caracteriza por volatilizar-se à temperatura ambiente e seu ciclo biogeoquímico envolve processos ocorridos no ar, solo e água. Devido à estabilidade quando na atmosfera, seu vapor pode ser transportado para regiões distantes e remotas, ampliando significativamente a área de contaminação.

Compostos deste material são utilizados industrialmente com diversas finalidades como medicamentos, produção de cloro-álcalis, cosmético, em dispositivos de fiação e interruptores, instrumentos de medição e controle, iluminação e tratamento dentário. Mediante estas aplicações, nas últimas décadas os níveis de mercúrio no ambiente global aumentaram consideravelmente como resultado da crescente poluição devido aos usos industriais, ocupacionais e medicinais.

Lima (2013) afirma que os metais lançados no ambiente são carregados para os rios pelo escoamento de águas superficiais provenientes das chuvas, persistindo no meio aquático em forma livre, ou iônica. Após sua inserção no ambiente hídrico, este contamina os organismos por meio de cadeia biológica em sua forma mais tóxica, o metilmercúrio.

A alta toxicidade deste elemento se dá pelo fato deste não sofrer degradação ambiental, inserindo-se na cadeia alimentar aquática onde sofre processo de bioacumulação, sendo mais expressivo nos organismos de topo da cadeia. Os processos biológicos que causam a intoxicação nos peixes estão intimamente ligados a ingestão e difusão, ocorridos respectivamente no trato digestivo e nas brânquias.

Nos peixes, a intoxicação por metais provoca uma série de distúrbios, variando entre diminuição das defesas imunológicas, baixa fertilidade e redução da taxa de crescimento, até patologias que podem levar estes organismos a morte. Especificamente o Hg, em dose elevada causa mutações genéticas, sangramento pelo corpo, distúrbios neurológicos e imunológicos, bem como alterações bioquímicas (LIMA, 2013).

Segundo Amorim (2012), por ser detentor da capacidade de permanecer longos períodos em tecidos do organismo, principalmente em espécies aquáticas, o Hg pode ser encontrado em concentrações elevadas nos peixes, o que enfatiza a necessidade de se atentar aos riscos ambientais deste metal pesado. Partindo dessa premissa, este estudo consiste em investigar a partir do levantamento de dados secundários, o grau de contaminação mercurial em peixes na bacia Amazônica.

## **A Bacia**

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2011), a bacia Amazônica (Figura 1) é a mais extensa rede hidrográfica do planeta, com 25.000 quilômetros de rios navegáveis e uma área de 6,1 milhões de quilômetros quadrados distribuídos por seis países, além do Brasil. Sendo estes, Peru,

Bolívia, Equador, Guiana, Venezuela e Colômbia (VAUCHEL, 2014).



Fonte: Agência nacional das Águas (ANA, 2011)

Figura 1: Área de drenagem da bacia Amazônica

A grande pluviosidade desse território torna os rios permanentemente caudalosos, o que resulta em um fluxo hídrico correspondente a aproximadamente 20% das águas continentais despejadas nos oceanos. Seu principal curso d'água, o rio Amazonas, possui mais de 3.000 km de extensão quando considerados também seus três principais tributários, o Rio Negro, Solimões e Madeira (VAUCHEL, 2014).

Ao longo dessa enorme bacia, são observados diversos ecossistemas alagáveis, considerados como regiões de alta relevância biológica e ambiental devido a suas múltiplas funções. Dentre elas, elevada produtividade primária das florestas e macrófitas aquáticas, alta biodiversidade, relevância no balanço de carbono, diversidade de habitats e importância socioeconômica, visto que essas áreas são fonte de recursos para a população regional.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011) a região é detentora de um ecossistema de importância inestimável para o planeta,

especialmente pelo fato de contribuir significativamente para o equilíbrio climático global. A região também é detentora da maior floresta tropical existente e o maior banco de sementes do mundo.

### Aspectos toxicológicos do mercúrio

Entre os contaminantes encontrados no meio, o mercúrio é considerado o de maior potencial tóxico e seus efeitos no ambiente acarretam consequências nocivas (MORAES, 2011).

O ciclo biogeoquímico deste metal envolve os sistemas atmosféricos aquáticos e terrestres. Há dois ciclos de transporte e distribuição do mercúrio no ambiente: um global que compreende a evaporação do mercúrio pela desgaseificação da crosta terrestre, a circulação atmosférica e deposição seca e úmida, retornando às terras e às águas. O outro ciclo, local, é influenciado pelas fontes antrópicas e depende da metilação do mercúrio inorgânico (LOPES, 2012). Neste, o Hg emitido sob a forma de mercúrio elementar que, ao chegar à atmosfera, tem sua fração convertida em formas de mercúrio solúveis em água (íon mercuroso) as quais precipitam e retornam para o compartimento aquático ou depositam nos solos. No entanto, o vapor de mercúrio permanece na atmosfera por longos períodos fazendo com que seja distribuído globalmente. Tal fato explica a capacidade que o mercúrio apresenta de ser encontrado em regiões que não possuem fontes pontuais de contaminação (AMARO et al., 2014).

Este elemento apresenta diversas formas químicas, as quais se destacam o mercúrio elementar ( $Hg^0$ ) encontrado principalmente na forma de gás, o íon mercuroso ( $Hg_2^{2+}$ ) e íon mercúrico ( $Hg^{2+}$ ).

Dentre as formas metiladas apresenta-se o metilmercúrio ( $\text{CH}_3\text{Hg}^+$ ) e dimetilmercúrio [ $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ ].

De suas formas orgânicas, o metil-Hg é considerado o mais tóxico. Este é formado pela metilação do Hg inorgânico, sendo produzido por bactérias comuns em ambientes imunológicos. Quando entra na cadeia alimentar aquática, o metilmercúrio passa por processos de acumulação, principalmente em peixes.

O processo acumulativo envolve a bioconcentração, a bioacumulação e a biomagnificação. A bioconcentração é o processo de absorção de substâncias químicas por meio das superfícies dérmicas e respiratórias, sendo que esta não apresenta ligação com a exposição alimentar ao contaminante. A bioacumulação inclui todas as rotas de exposição ao contaminante, inclusive a dieta alimentar. O processo de biomagnificação consiste na transferência de metilmercúrio através dos níveis tróficos por ingestão direta dos alimentos contaminados, como sendo o modo de transferência de uma substância química xenobiótica, resultando normalmente em concentrações mais altas no organismo do que na fonte alimentar (MORAES, 2011).

### **Concentrações de mercúrio em peixes da Amazônia**

A legislação brasileira estabelece através da portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998 da Agência Nacional de Vigilância sanitária (ANVISA) e do decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965 do Ministério da Saúde, a concentração de  $0,5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  como limite máximo de Hg nos tecidos musculares de peixes (anexo 1), mas de acordo com a Instrução Normativa nº 42 de 20 de

dezembro de 1999, do Ministério da Agricultura, o valor aceito é de  $1,0 \text{ ppm}$  ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) para espécies predadoras, pois leva-se em conta os fatores de acumulação.

Mediante estes dados, estudos quantitativos de concentrações de Hg em tecidos de peixes na bacia Amazônica emergiram muitos dados (p.ex. anexo 2).

Amaro et al. (2014) infere que as concentrações máximas de mercúrio encontradas em seus estudos foram de  $0,8 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ;  $0,5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  e  $0,4 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  para as espécies de *Brachyplatystoma rousseauxii* (dourada), *Brachyplatystoma filamentosum* (filhote) e *Schizodon fasciatum* (aracu) respectivamente. Embora nenhum organismo tenha ultrapassado os valores previstos na legislação vigente, o autor chama a atenção para o fato de tais concentrações serem consideradas altas. Este afirma ainda, que o consumo destes organismos a longo prazo, pode acarretar riscos de intoxicação para o ser humano através de processos de biomagnificação.

Lima (2013) afirma que das 55 espécies amostradas, apenas três apresentaram níveis de Hg acima do limite proposto pela ANVISA e pelo Ministério da Saúde. São estas: *Hoplias aimara* (trairão), com uma concentração média de  $0,535 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ; *Pseudoplatystoma fasciatum* (Surubim), oscilando em torno de  $0,530 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  e *Plagioscion squamosissimus* (pescada branca), com aproximadamente  $0,508 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ . Lima ainda disserta que tais concentrações se relacionam diretamente com o hábito alimentar carnívoro destas espécies, o que propicia a bioacumulação. Ressalta-se que os valores obtidos, não excederam o estabelecido pela Instrução Normativa nº42, proposta pelo Ministério da Agricultura de

1,0  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

Amorim (2012) afirma que a média de concentração de mercúrio encontrada não atingiu os limites supracitados. Das espécies analisadas, a *Rhaphiodon vulpinus* (Cachorra), *Serrasalmus rhombeus* (Piranha-preta) e a *Hoplias malabaricus* (Traíra) foram as que apresentaram maiores concentrações mercuriais, sendo, 0,11  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 0,08  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  e 0,44  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  respectivamente. Tais índices são considerados baixos visto que, todas estas espécies estão dispostas em topo de cadeia, sendo carnívoras ou piscívoras. Por ser uma espécie herbívora, o *Schizodon fasciatus* (Aracu comum), apresentou menores concentrações de Hg neste mesmo estudo, sendo a máxima de 0,01  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

Moraes (2011) realizou medições das concentrações mercuriais nas espécies de *Plagioscion squamosissimus* (pescada branca), *Brachyplatystoma vaillantii* (piramutaba) e *Hoplosternum littorale* (tamoatá). Este afirma que os resultados obtidos em sua pesquisa, indicam que as concentrações encontradas nas três espécies, estão abaixo do máximo estabelecido pela legislação, sendo os valores culminantes, 0,51  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ , 0,001  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  e 0,041  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  respectivamente. O autor ressalta necessidade de um monitoramento adequado dessas espécies, visto que sua utilização é de vital importância para a alimentação e a saúde coletiva da população local.

### **Concentração de mercúrio e atividade garimpeira**

Nos últimos anos, a garimpagem tem sido indicada em algumas áreas da região Amazônica, como uma das principais fontes de Hg para atmosfera e ecossistemas

aquáticos (PIMENTEL, 2011).

Segundo Amaro (2014) a coleta de espécimes próximo às regiões de possível contaminação advinda de garimpos é uma variável que interfere significativamente na obtenção dos resultados, pois os indivíduos inseridos nesta área apresentam maior exposição ao contaminante e maior disponibilidade a efeitos bioacumulativos.

Lima (2013) afirma que apesar de não ter amostrado nenhum exemplar com níveis de Hg excedentes em suas campanhas, a presença deste metal na área de amostragem é alta devido à realização do garimpo do ouro durante muitos anos. Este infere ainda que dados de 1986 apontam que a liberação de Hg nos rios da região de Lourenço, quase ultrapassou uma tonelada, passando a ser maior nos anos seguintes devido a entrada de grandes mineradoras na área, chegando a duas toneladas ao ano.

O autor ainda discorre que embora a concentração mercurial nos peixes analisados não tenha sido alta, os indivíduos amostrados próximo às áreas de atividades garimpeiras apresentam uma média de concentração de Hg mais elevada.

Moraes (2011) julga o garimpo do ouro na região Amazônica como uma das principais causas da contaminação mercurial da bacia, afirmando ainda que os peixes podem ser afetados direta e indiretamente por este metal devido seu ciclo biogeoquímico. No entanto, as altas concentrações de mercúrio encontradas no ecossistema amazônico são atribuídas não só à mineração de ouro, mas também à presença de solos com concentrações relativamente elevadas de mercúrio de origem natural, ao transporte atmosférico e à deposição de mercúrio de

origem antrópica (LIMA, 2013; PIMENTEL, 2011).

### Considerações finais

Diante do exposto no presente trabalho, constatou-se que a contaminação por mercúrio na Amazônia continua sendo assunto discutido em recentes publicações científicas.

Verificou-se através de estudos atuais que, apesar de se adequarem aos valores de referência contidos na legislação brasileira, os peixes da bacia Amazônica apresentam níveis de concentração mercurial preocupantes, pois em alguns casos, estes se encontram muito próximos do valor máximo permitido, principalmente os organismos dispostos no topo da cadeia trófica. É importante ressaltar que devido sua característica não biodegradável, o mercúrio tende a intensificar seu efeito cumulativo com o passar do tempo, sendo tal efeito irreversível no organismo animal.

Mediante os estudos levantados, infere-se que, embora não seja a única fonte poluidora, a intensa atividade garimpeira continua sendo um expressivo emissor de mercúrio no ambiente Amazônico, sendo um dos mais importantes componentes de degradação ambiental da região.

### Referências

AMARO, C. S. O.; Rodrigues, D.; Silva, M.C.F.; SANTOS, G. F. S.; PINHEIRO, M. C. N. Concentração de mercúrio total (Hg-T) em peixes comercializados em diferentes períodos sazonais no Mercado do Ver-o-Peso, Belém, Estado do Pará, Brasil. Revista Pan-Amazônica de Saúde (Impresso), v. 1, p. 53 - 60, 2014.

Instituição,

AMORIM, I. A.; ANDRADE, R. T. G.; LINHARES, J. M. S.; BASTOS, W. R. Concentração de Mercúrio em Tecidos Musculares de Peixes com Diferentes Hábitos Alimentares no Reservatório da UHE-Samuel. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Goiás, 5 p., 2012.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Região Hidrográfica Amazônica. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br>>. Acesso em: 07 de setembro de 2011.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Bacia Amazônica 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 07 de setembro de 2012.

LIMA, D. P. Avaliação da contaminação por metais pesados na água e nos peixes da bacia do Rio Cassiporé, Estado do Amapá, Amazônia, Brasil. Amazonas, 147. p, 2013.

LOPES, D. N. M. Mercúrio total em peixes do rio Jaguaribe – Jusante do dique de Itaíçaba/CE. Fortaleza, p. 12-38. 2012.

MORAES, J. L. Mercúrio total em peixes e crustáceos comercializados no Estado do Pará, Brasil. Rio de Janeiro, 82 p., 2011.

PIMENTEL, D. R. Avaliação do níveis de mercúrio (Hg) total em peixes de Igarapés da bacia do rio Mamuru, Pará, Brasil. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Área de concentração em Estudos de Ecossistemas Amazônicos, Pará, 63 p., 2011.

TEIXEIRA, J. E. Estudo das condições de segurança necessárias para a realização do ensaio de densidade aparente com utilização do mercúrio na indústria cerâmica. Monografia apresentada à Diretoria de Pós-graduação da Universidade do Extremo Sul Catarinense

- UNESCO, para a obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho. Santa Catarina, 35 p., 2011.

VAUCHEL, P. Estudo da cheia de 2014 na bacia do rio Madeira. Institut de recherche pour le développement - IRD. Amazonas, 26 p., 2014.

Anexo 1: Limite máximo de concentrações de Cd (Cádmio), Cr (Cromo), Cu (Cobre), Hg (mercúrio), Pb (Chumbo) e Zn (Zinco) no tecido muscular de peixes estabelecido pela legislação brasileira.

Metais	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn
<b>Concentrações <math>\mu\text{g.g}^{-1}</math></b>	1,0 <sup>a,b</sup>	0,1 <sup>b</sup>	30,0 <sup>b</sup>	<b>0,5<sup>a,b</sup></b>	2,0 <sup>a,b</sup>	50,0 <sup>b</sup>

<sup>a</sup>ANVISA. Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998.

<sup>b</sup>BRASIL. Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965.

Fonte: Adaptado de LIMA, 2013.

Anexo 2: Concentrações médias de mercúrio encontradas nos peixes da bacia Amazônica.

<b>Espécie</b>	<b>Nome popular</b>	<b>Concentração média de Hg (<math>\mu\text{g.g}^{-1}</math>)</b>
<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>	Dourada	0,315
<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	Filhote	0,277
<i>Schizodon fasciatum</i>	Aracu	0,12
<i>Hoplias aimara</i>	Trairão	0,535
<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	Surubim	0,530
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	Pescada branca	0,419
<i>Rhaphiodon vulpinus</i>	Cachorra	0,11
<i>Serrasalmus rhombeus</i>	Piranha-preta	0,08
<i>Hoplias malabaricus</i>	Traira	0,44
<i>Schizodon fasciatus</i>	Aracu comum	0,01
<i>Brachyplatystoma vaillantii</i>	Piranutaba	0,001
<i>Hoplosternum littorale</i>	Tamoatá	0,023