

# A ingestão de pescado e as concentrações de mercúrio em famílias de pescadores de Imperatriz (MA)

*The intake of fish and the mercury concentration of fishing families at the city of Imperatriz (MA), Brazil*

Edem Oliveira Milhomem Filho<sup>1</sup>, Claudia Simone Baltazar de Oliveira<sup>1</sup>, Luiz Carlos de Lima Silveira<sup>1</sup>, Thiago Matos Cruz<sup>II</sup>, Givago da Silva Souza<sup>1</sup>, José Maria Farah Costa Junior<sup>1</sup>, Maria da Conceição Nascimento Pinheiro<sup>1</sup>

**RESUMO:** *Introdução:* Níveis importantes de exposição ao mercúrio associados à ingestão de pescado têm sido demonstrados em populações ribeirinhas residentes em áreas de exploração mineral, como na bacia do Tapajós e do Madeira. Na região do Tocantins, apesar de poucos estudos, não há evidência de exposição humana através da alimentação. *Objetivo:* Avaliar os níveis de exposição ao mercúrio em famílias de pescadores residentes em área ribeirinha do médio Tocantins, além de quantificar os níveis no pescado consumido por essas famílias. *Método:* Realizou-se um estudo transversal envolvendo famílias de pescadores da comunidade Beira Rio, localizada às margens do Rio Tocantins no município de Imperatriz, Maranhão. Foram coletados dados de perfil sociodemográfico e alimentar, além de amostras de pescado e de cabelo, que foram analisadas através da espectrofotometria de absorção atômica. *Resultados:* O perfil sociodemográfico foi comum ao da população ribeirinha situada em outras bacias. O perfil alimentar não fugiu à regra do padrão, sendo o pescado a principal fonte de proteína da dieta. As espécies de hábitos piscívoro e zooplâncton apresentaram as maiores concentrações de mercúrio, sendo os valores médios do peixe-cachorro  $0,2775 \mu\text{g/g}$  e do mapará  $0,1360 \mu\text{g/g}$ . Entre as 25 famílias avaliadas, a menor concentração média total/família foi  $0,186 \pm 0,043 \mu\text{g/g}$  e a maior foi  $5,477 \pm 2,896 \mu\text{g/g}$ . *Conclusão:* Famílias de Imperatriz possuem baixos níveis de exposição em virtude do consumo alimentar de peixes com baixos níveis de contaminação, incluindo as espécies piscívoras, que se encontravam abaixo do limite máximo de segurança para consumo humano estabelecido pelas normas brasileiras, servindo de referência para outros estudos.

**Palavras-chave:** Mercúrio. Intoxicação por mercúrio. Exposição ambiental. Poluição ambiental. Contaminação. Toxicidade.

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Doenças Tropicais, Núcleo de Medicina Tropical, Universidade Federal do Pará – Belém (PA), Brasil.

<sup>II</sup>Faculdade de Imperatriz – Imperatriz (MA), Brasil.

**Autor correspondente:** José Maria Farah Costa Junior. Laboratório de Toxicologia Humana e Ambiental. Avenida Generalíssimo Deodoro, 92. CEP: 66055-240, Belém, PA, Brasil. E-mail: farahjunior@hotmail.com

**Conflito de interesses:** nada a declarar – **Fonte de financiamento:** Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Projeto universal, Edital 14/2012, processo nº 79624/2012-7.

**ABSTRACT: Introduction:** Significant levels of mercury exposure associated with fish intake have been demonstrated in riverine populations living in areas of mineral exploration as the basin of Tapajós and Madeira. In the Tocantins region, although few studies, there is no evidence of human exposure through food. **Objective:** To assess the levels of exposure to mercury in resident fishermen families in the riverside area of the middle Tocantins and to quantify the levels in fish consumed by these families. **Methods:** We conducted a cross-sectional study involving families of Beira Rio community fishermen, located on the Tocantins riverbanks in the city of Imperatriz, Maranhão, Brazil. Data were collected from socio-demographic and food profile, as well as samples of fish and hair, which were analyzed by atomic absorption spectrophotometry. **Results:** The socio-demographic profile of families studied was common to the local population located in other basins. The food profile did not run the default rule, with the fish being the primary dietary protein source. The species of piscivorous and zooplankton habits had the highest mercury concentrations, and the mean values were 0.2775 µg/g in fish-dog and 0.1360 µg/g in mepará. Among the 25 families evaluated, the lowest average concentration of family was  $0.186 \pm 0.043$  µg/g and the higher was  $5.477 \pm 2.896$  µg/g. **Conclusion:** Fishing families have low mercury exposure levels in the same order of magnitude, probably because of the food consumption of fish, including piscivorous species, which were found to be below the safe upper limit for human consumption established by Brazilian standards. This serves as a reference for other studies.

**Keywords:** Mercury. Mercury poisoning. Environmental exposure. Environmental pollution. Contamination. Toxicity.

## INTRODUÇÃO

O mercúrio (Hg) é reconhecido como agente tóxico para organismos vivos e é responsável por danos à saúde, sobretudo ao sistema nervoso humano. Registros indicam que o metal mercúrio já era utilizado para fins religiosos, decorativos e cosméticos desde a pré-história, passando pelos povos gregos e romanos. Entretanto, com o passar dos séculos, estudos creditaram ao mercúrio e seus compostos a responsabilidade por vários episódios de intoxicação e, atualmente, diversos são os órgãos regulamentadores que impõem sérias restrições quanto ao seu uso<sup>1</sup>.

O problema da contaminação do ecossistema por metais como o mercúrio atinge grandes extensões territoriais e afeta sistemas fluviais, estuarinos e marítimos, sendo observado em diferentes partes do mundo como consequência da expansão industrial<sup>2,3</sup>. Episódios de intoxicação com características epidêmicas foram associados principalmente aos compostos orgânicos de mercúrio, alguns deles decorrentes da ingestão de peixes contaminados por metilmercúrio<sup>1</sup>.

No Brasil, o mercúrio foi por muito tempo utilizado em grande escala na indústria e na atividade minerária. E foi particularmente na Amazônia que o uso do mercúrio da atividade garimpeira contribuiu para a contaminação do pescado e exposição humana ao metilmercúrio através da dieta. Concentrações elevadas de mercúrio foram encontradas em peixes capturados em regiões impactadas pela atividade garimpeira de ouro, incluindo a região do rio Madeira<sup>4</sup> e do Tapajós<sup>5</sup>. Por outro lado, há registro de contaminação de pescado na

região do Rio Negro, onde não há evidências de atividade de extração minerária<sup>6</sup>, sendo admitida a ação do mercúrio natural.

Além da exposição ocupacional de trabalhadores envolvidos diretamente com a extração do ouro, os índios, os pescadores e os ribeirinhos, incluindo crianças, têm sido afetados com níveis inseguros de mercúrio adquiridos através da dieta de peixes contaminados<sup>7-11</sup>.

Níveis de exposição ao mercúrio associados à ingestão de pescado capazes de causar danos foram encontrados em ribeirinhos do Tapajós<sup>11-13</sup>. E por Dórea et al.<sup>6</sup> na bacia do Madeira. Enquanto na bacia do Tocantins, estudos mostraram as mais baixas concentrações de mercúrio já encontradas na Amazônia<sup>14</sup>.

Comunidades ribeirinhas com elevado consumo em pescado através da dieta, localizadas no município de Imperatriz do Maranhão, no médio Tocantins, ainda não haviam sido avaliadas, tendo em vista a sua localização influenciada por outros fatores contaminantes do ambiente, incluindo as atividades de hidrelétricas e possíveis queimadas da floresta nessa região.

A avaliação do impacto da contaminação do pescado sobre a exposição de famílias de pescadores através da alimentação merece atenção, pois a maioria dos estudos realizados envolveram aglomerados não familiares, o que justifica a realização desta proposta, que possibilitará conhecer os riscos dessa forma de exposição intrafamiliar, na bacia do Tocantins.

## MÉTODOS

O estudo foi realizado na comunidade Beira Rio, pertencente ao Distrito Bacuri, no município de Imperatriz, no Maranhão. A área está localizada no lado sudoeste do município de Imperatriz (5°31'39.54''S / 47°29'39.74''O), delimitada pelas margens do Rio Tocantins. O local é acompanhado pela equipe de saúde da família Beira Rio, que presta serviços de atendimento e orientação em saúde pelo Programa de Saúde da Família (PSF).

Atualmente, existem 54 famílias residindo nessa comunidade, dentre as quais, 25 sobrevivem diretamente do pescado. A população amostral constituiu-se de 100% das famílias de pescadores da comunidade Beira Rio. Foram excluídas as crianças menores de 14 anos de idade.

## OBTENÇÃO DOS DADOS

Os dados sociodemográficos e epidemiológicos (idade, sexo, tempo de residência local, atividade ocupacional, hábitos de vida, frequência e espécies de peixes mais consumidas na dieta) foram obtidos entre os meses de abril e junho de 2012, através do registro em formulário previamente aplicado em outros estudos, na região do Tapajós<sup>14</sup> após assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Informações complementares foram obtidas do relatório emitido pela equipe de saúde da família Beira Rio.

## COLETA E ANÁLISE DE AMOSTRAS DE CABELOS

Aproximadamente 10 a 20 mg de cabelo foram obtidas de cada participante, cortados próximo à sua inserção no couro cabeludo, com tesoura de aço inoxidável, principalmente da região cervical. Cada amostra foi acondicionada em envelopes de papel, identificada por um sistema de codificação criado para cada família e posteriormente, direcionadas para análise do teor de mercúrio total (HgT), no Laboratório de Toxicologia Humana e Ambiental do Núcleo de Medicina Tropical (NMT) da Universidade Federal do Pará (UFPA)<sup>15</sup>.

As amostras de cabelo inicialmente foram submetidas à lavagem com detergente, seguida de dois enxágues com acetona e secagem à temperatura ambiente. A seguir, com auxílio de uma tesoura de aço inoxidável, as amostras foram picotadas (múltiplos cortes diminutos) até a obtenção da amostra em forma de pó. Cerca de 10 mg foram utilizados entre camadas de carbonato de cálcio, hidróxido de cálcio e hidróxido de alumínio para ser analisada através da espectrofotometria de absorção atômica com amalgamação em lâmina de ouro, utilizando um medidor de mercúrio automático denominado comercialmente como Mercury Analyzer (MA), modelo SP-3D da Nippon Corporation-Japão<sup>15</sup>.

Todas essas etapas foram realizadas seguindo rigorosamente as recomendações do fabricante do equipamento (NIC Corporation), cujas técnicas também foram utilizadas por Khoury et al.<sup>9</sup>, Corvelo et al.<sup>16</sup>, Pinheiro et al.<sup>17</sup> e Pinheiro<sup>18</sup>.

A precisão das análises de HgT foi determinada através da quantificação em duplicata e a acurácia estabelecida através do padrão de referência internacional denominado IAEA 085<sup>15</sup>. Os resultados foram expressos em µg/g (ppm).

## ESPÉCIES DE PEIXES SELECIONADOS PARA O ESTUDO

Para determinação das concentrações de mercúrio total no pescado foram selecionadas quatro espécies diferentes de peixes, baseado na frequência de ingestão semanal pela comunidade, no período do estudo: peixe-cachorro (*Hydrolycus scomberoides*), curimatã (*Prochilodus nigricans*), aracu-cabeça-gorda, também conhecido na Região Tocantina como piauí (*Leporinus friderici*) e o mapará (*Hypophthalmus edentatus*). Cada espécie foi representada com 20 exemplares, à exceção do *Prochilodus nigricans* (curimatã), que devido à escassez da espécie no período foram obtidos apenas 13 exemplares. O peso dos peixes de cada espécie variou de 300 a 400 gramas e o tamanho de 30 a 50 centímetros.

O peixe-cachorro é uma espécie predadora pertencente ao gênero *Hydrolycus* da família *Cynodontidae*, que é facilmente identificado pela boca oblíqua, grandes dentes caninos e nadadeiras peitorais relativamente compridas<sup>19</sup>. O aracú é membro da família *Anostomidae*. É uma espécie com hábitos herbívoros e onívoros, que consome basicamente frutos, sementes, raízes, insetos e outros invertebrados aquáticos. Possui médio porte, alcançando de 30 a 40 centímetros e um total de até 1,5 kg de peso<sup>20</sup>. O curimatã é membro da família *Prochilodontidae*, cujo hábito alimentar da espécie é de caráter detritívoro, consumindo matéria orgânica particulada, algas e perifíton<sup>20</sup>. O *Prochilodus nigricans* é uma espécie de médio porte que alcança até

45 centímetros de comprimento total. São peixes migradores, formam cardumes e realizam movimentos dentro do ecossistema aquático com fins tróficos e reprodutivos<sup>21</sup>. O mapará pertence à família *Pimelodidae*. Essa espécie possui porte médio, atingindo até 58 cm de comprimento, chegando a 1,3 kg de peso e enquadra-se como zooplancτόfago<sup>22</sup>.

## DETERMINAÇÃO DE HGT NO TECIDO MUSCULAR DE PEIXES

Todas as amostras de peixes foram capturadas no Rio Tocantins por pescadores residentes na própria comunidade e durante o período da visita. Após tomada de peso (gramas) e comprimento (centímetros) foi obtida uma porção de 20 gramas de músculo da região ventral do pescado, que em seguida foi acondicionada em saco plástico, registrada, codificada e armazenada em caixa térmica transportada para o Laboratório de Toxicologia Humana e Ambiental do NMT<sup>23</sup>.

Após microfragmentação com auxílio de um bisturi, foi obtida uma amostra pesando cerca de 0,5 grama, que foi transferida para o interior de balão volumétrico de 50 mL. Em cada balão foi acrescentado 1 mL de água destilada, 2 mL de ácido nítrico com ácido perclórico ( $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ ) na proporção de 1:1 (um para um) e 5 mL de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), permanecendo em contato com a amostra por 12 horas. Na manhã seguinte as amostras foram submetidas ao processo de digestão ácida em uma chapa aquecedora em temperatura de 210°C por 30 minutos. Em seguida, quando as amostras encontraram-se em temperatura ambiente, adicionou-se água destilada até o volume final de 50 mL nos balões volumétricos<sup>23</sup>.

Para o preparo das soluções-padrão referentes à curva de calibração da análise de HgT foi necessário o preparo de uma solução-padrão de metilmercúrio (MeHg) de 100 ppm, uma solução padrão de MeHg 1 ppm (1 mL da solução de 100 ppm) e uma solução de L-Cysteina 0,01%<sup>23</sup>.

As análises de HgT nas amostras de peixe foram realizadas pela espectrofotometria de absorção atômica através do analisador semi-automático de mercúrio modelo Hg 201 do Laboratório de Toxicologia Humana e Ambiental do NMT utilizando a metodologia desenvolvida por Suzuki et al.<sup>23</sup>.

O método envolve redução e espectrofotometria de absorção atômica por vapor frio e inclui redução de íons  $\text{Hg}_2^+$  na solução da amostra com cloreto estanhoso para gerar vapor de mercúrio elementar ( $\text{Hg}^0$ ) e a introdução de vapor de mercúrio na célula de fotoabsorção para a medida de absorbância a 253,7 nm<sup>23</sup>.

## FREQUÊNCIA DO CONSUMO DE PESCADO

A estimativa da frequência do consumo de pescado foi baseada no estudo de Brune et al.<sup>24</sup>, que considera cinco categorias de consumidores de peixes:

- categoria I (nenhum consumo de peixe);
- categoria II (< 2 refeições de peixe/semana);
- categoria III (2 a 4 refeições de peixe/semana);
- categoria IV (> 4 refeições de peixe/semana);
- categoria V (consumo desconhecido).

## ANÁLISE ESTATÍSTICA

As concentrações de HgT nas amostras de peixe e cabelo foram apresentadas em valor médio, desvio-padrão, valores mínimo e máximo. Para a comparação entre as médias das concentrações de Hg obtidas de cada espécie de peixe estudada foi aplicado o teste de variância ANOVA um critério, com correção pelo Tukey. Para confrontar as médias HgT entre os gêneros foi aplicado o teste *t* de Student. A frequência do consumo de pescado e os níveis de HgT na população foram analisados pelo teste de Kruskal-Wallis.

O software BioEstat versão 5.0 foi escolhido para realização dos testes. As diferenças foram consideradas significativas quando o valor de  $p < 0,05^{25}$ .

## ASPECTOS ÉTICOS

O estudo foi desenvolvido de acordo com as normas da Resolução 196/1996 do Conselho Nacional de Saúde, Ministério da Saúde, Brasil. Foi aprovado mediante protocolo nº 044/2011-CEP-NMT/UFPA em reunião do Comitê de Ética em Pesquisa do Núcleo de Medicina Tropical da Universidade Federal do Pará, realizada em 6 de setembro de 2011.

## RESULTADOS

A população de estudo foi representada por 81% de pessoas não brancas, 56% pertencentes ao sexo feminino, 26% de indivíduos na faixa de 14 a 20 anos, 64% casados ou com companheiro estável. Sobre o grau de escolaridade, 59% possuíam apenas o ensino fundamental incompleto.

Em relação aos aspectos socioeconômicos, 76% eram supridos por abastecimento de água encanada, entretanto, apenas 12% usavam água tratada para o consumo. Em relação à luz elétrica, 100% das famílias dispunham desse serviço.

Quanto à instalação sanitária, apenas 4% possuíam instalação sanitária tipo fossa biológica. A maioria (92%) das famílias possuía residência própria dispondo de energia elétrica.

A frequência do consumo de pescado pela dieta e os níveis de exposição ao mercúrio estão demonstrados na Tabela 1. Cerca de 90% desses ribeirinhos tinham mais de 2 e, mais de 60% tinham mais de 4 refeições semanais de pescado, a maioria com consumo diário, sendo a concentração mediana de HgT registrada em 0,736  $\mu\text{g/g}$  e a máxima 8,79  $\mu\text{g/g}$ .

Quatro espécies de peixes frequentes na alimentação das famílias foram analisadas quanto às concentrações de HgT: peixe-cachorro (*Hydrolycus scomberoides*, piscívora), curimatã (*Prochilodus nigricans*, detritívora), aracu-cabeça-gorda, também conhecido na Região Tocantina como piauí (*Leporinus friderici*, herbívora/omnívora) e o mapará (*Hypophthalmus edentatus*, zooplantófaga). As concentrações média, mínima e máxima de HgT em cada espécie estão demonstradas na Tabela 2.

A espécie piscívora mostrou diferença significativa em relação às demais espécies estudadas ( $p < 0,01$ ). A espécie zooplantófaga mostrou diferença significativa em relação às

espécies herbívora/omnívoras e detritívoras ( $p < 0,01$ ). Não houve diferença significativa entre as espécies herbívora/omnívoras e detritívoras estudadas ( $p > 0,05$ ).

Vinte (80%) famílias de pescadores apresentaram concentrações menores do que  $2,0 \mu\text{g/g}$ . Uma família mostrou concentração máxima maior do que  $6,0 \mu\text{g/g}$ . A distribuição das famílias de acordo com a faixa de concentrações e a variação das concentrações máximas de HgT é apresentada na Tabela 3.

Tabela 1. Estimativa da frequência de consumo de peixes entre os membros das famílias de pescadores de Imperatriz, MA, conforme classificação de Brune<sup>24</sup>.

Frequência de consumo/dieta	Número de pessoas	%	HgT ( $\mu\text{g/g}$ )
			Mediana (min – max)
Categoria I – Nenhum consumo de peixe	1	1,7	0,088
Categoria II – < 2 refeições de peixe/semana	5	8,5	0,264 (0,083 – 0,825)
Categoria III – 2 a 4 refeições de peixe/semana	20	33,9	0,813 (0,152 – 4,674)
Categoria IV – > 4 refeições de peixe/semana	33	55,9	0,736 (0,000 – 8,790)
Categoria V – Consumo desconhecido	–	–	–

HgT: mercúrio total.

Tabela 2. Concentração média de mercúrio total em diferentes espécies de peixes consumidas pelas famílias de pescadores de Imperatriz, MA.

Código da espécie	Espécies	Hábito alimentar	Número de amostras	Média $\pm$ DP ( $\mu\text{g/g}$ )	Min – Máx ( $\mu\text{g/g}$ )
1	<i>Hydrolycus scomberoides</i> (peixe-cachorro)	Piscívoro	20	$0,2775 \pm 0,0551$	0,20 – 0,36
2	<i>Leporinus friderici</i> (aracú-cabeça-gorda)	Herbívoro/omnívoro	18	$0,0506 \pm 0,0183$	0,02 – 0,08
3	<i>Prochilodus nigricans</i> (curimatã)	Detritívoro	12	$0,0308 \pm 0,0108$	0,02 – 0,06
4	<i>Hypophthalmus edentatus</i> (mapará)	Zooplanctofágo	20	$0,1360 \pm 0,0985$	0,00 – 0,40

DP: desvio padrão.

Tabela 3. Variações dos níveis de mercúrio total em amostras de cabelo nas famílias de pescadores de Imperatriz, MA, 2012.

Concentração de HgT ( $\mu\text{g/g}$ )	Número de famílias	%	Variação máxima HgT
0,0 – 2,0	20	80,0	0,152 – 1,827
2,0 – 6,0	4	16,0	2,387 – 5,182
6,0 – 10,0	1	4,0	3,423 – 8,790

HgT: mercúrio total.

Em relação às concentrações médias de HgT de acordo com o sexo, a concentração média no grupo masculino foi de  $1,01 \pm 1,97 \mu\text{g/g}$ , enquanto no feminino foi de  $0,69 \pm 0,82 \mu\text{g/g}$ . Houve diferença significativa entre os gêneros (teste *t* de Student;  $p < 0,05$ ).

## DISCUSSÃO

Consumo frequente de alimentos contendo metilmercúrio tem sido identificado como um fator de risco para a saúde. A via mais comum de exposição a esse composto é através da ingestão de peixes e frutos do mar<sup>1</sup>.

Populações ribeirinhas da Amazônia têm por hábito alimentar o consumo de peixes da região. Entretanto, os níveis de exposição variam de acordo com áreas geográficas. Em áreas impactadas pelo mercúrio de atividades garimpeiras de ouro, como na bacia do Rio Tapajós<sup>26</sup> e do Madeira<sup>11</sup>, os níveis de exposição humana ao mercúrio são mais elevados do que em áreas não impactadas como no baixo Tocantins<sup>14</sup>. Neste estudo avaliamos os níveis de exposição medindo a concentração de mercúrio de acordo com o número de refeições semanais de pescado, não havendo diferença significativa, entre os grupos com menos e mais refeições semanais de pescado, sugerindo que a população do baixo Tocantins está consumindo peixes com baixos teores de mercúrio. No grupo que consumia peixe diariamente, 27,2% apresentaram concentrações de HgT maior do que  $1 \mu\text{g/g}$ , variando de 1,04 a  $8,79 \mu\text{g/g}$ . Entre aqueles que consumiam mais de 2 e menos que 4 refeições semanais, 40% tiveram níveis de HgT maior do que  $1 \mu\text{g/g}$ , variando de 1,072 a  $3,80 \mu\text{g/g}$ . De acordo com a Organização Mundial de Saúde<sup>27</sup>, o nível considerado normal de mercúrio em cabelo é 1 a  $2 \mu\text{g/g}$  para os não consumidores de pescado, porém pessoas que consomem peixe uma ou mais vezes por dia podem ter concentrações de mercúrio em cabelo excedendo  $10 \mu\text{g/g}$ . A dose referência recomendada pela Agência de Proteção Ambiental nos Estados Unidos corresponde a aproximadamente  $1 \mu\text{g/g}$  de mercúrio em cabelo para pessoas que têm baixo consumo de peixe na dieta<sup>1</sup>.

Com relação à frequência de consumo, no Brasil, o limite máximo permitido pelo Ministério da Saúde para a ingestão do alimento é de 400 g de pescado com concentração de  $0,5 \mu\text{g/g}$  de mercúrio consumido por adulto semanalmente<sup>28</sup>. Observa-se, dessa forma, que a população estudada representa um grupo com elevada ingestão de pescado, porém com baixos níveis de exposição ao mercúrio e, portanto, menor risco para danos decorrentes da ingestão de metilmercúrio através do pescado da dieta.

Os peixes são utilizados como suporte na estimativa do nível de poluição dos ecossistemas devido à presença de atividades antropogênicas, motivo pelo qual são considerados indicadores da qualidade do ambiente aquático<sup>5</sup>. É admitida também que na Amazônia o pescado é a principal rota de exposição humana, principalmente para populações ribeirinhas, onde o peixe é fonte importante de proteína na dieta<sup>13</sup>.

Neste estudo, todas as espécies de peixes estudadas apresentaram concentrações de HgT dentro dos limites estabelecidos pela legislação brasileira vigente. de  $0,5 \mu\text{g/g}$  para pescado não predador (*Leporinus friderici*, *Prochilodus nigricans* e *Hypophthalmus edentatus*),



e de 1,0 µg/g para pescado predador (*Hydrolycus scomberoides*). Tais valores são baseados em dados recomendados pela Comissão de Código Alimentar como limite de tolerância aceitável para consumo humano<sup>1</sup>. A Portaria 685/1998 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) também estabeleceu esses limites, entretanto, ela se refere ao mercúrio inorgânico em alimentos e não à contaminação por metilmercúrio<sup>28</sup>.

De acordo com os estudos já realizados em diferentes ecossistemas da Amazônia, a contaminação por mercúrio é abrangente e não atinge somente áreas sob influência da garimpage de ouro<sup>4</sup>. Contaminação de pescados por mercúrio oriundo de rios da Amazônia sem história de atividade garimpeira de ouro entre suas tributárias foi registrado por Dórea et al.<sup>6</sup>, que encontrou altas concentrações de HgT em algumas espécies de peixes capturados na bacia do Rio Negro. Essas concentrações revelaram-se impróprias para consumo alimentar de humanos. Entretanto, na bacia do Tocantins, especificamente na área geográfica do corrente estudo, os níveis de HgT apresentados pelos ribeirinhos dessa região foram baixos, similares aos encontrados em prévio estudo realizado no baixo Tocantins<sup>14</sup>, sugerindo que, no período estudado, houve baixa influência dos fatores contaminantes como os observados em outros ecossistemas.

Espécies não piscívoras devem ser as recomendadas para quem possui alta frequência de consumo de pescado, tendo em vista que, em diferentes ambientes, quer contaminado como não contaminado por mercúrio, observou-se baixas concentrações de mercúrio na parte comestível nessas espécies.

Kitahara et al.<sup>29</sup>, estudando amostras de curimatã (*Prochilodus nigricans*) obtidas na região do Rio Madeira mostraram concentrações de HgT que variaram de 0,01 a 0,39 µg/g, níveis de contaminação menores do que 0,5 µg/g, estabelecido como nível de tolerância para consumo humano<sup>1</sup>. Da mesma forma, outras espécies não piscívoras mostraram baixas concentrações em outros estudos realizados em áreas contaminadas por mercúrio<sup>4,5</sup>. O hábito alimentar do pescado em questão pode explicar a similaridade dos resultados e pode servir de referência para consumo seguro das populações ribeirinhas.

A espécie piscívora *Hydrolycus scomberoides* (peixe-cachorro) apresentou níveis de HgT abaixo dos ditados pelos órgãos regulamentadores ( $0,2771 \pm 0,0551$  µg/g). Esses resultados não são explicados pela teoria de Dórea<sup>6</sup>, que admite ser a concentração de mercúrio em pescado espécie-específica, refletindo mudanças no comportamento alimentar do peixe com tendência à bioacumulação durante períodos de inundações. Os peixes analisados no corrente estudo foram capturados no período de maré cheia, período correspondente a inundações, no Tocantins. É possível que a ausência local de mercúrio natural, de focos de mineração de ouro e de outras atividades industriais expliquem os baixos níveis de contaminação do pescado nessa área do Tocantins.

Baixos teores de HgT em espécies de peixes piscívoras também foram encontrados por Kitahara et al.<sup>29</sup>, que estudou as espécies traíra (*Hoplias malabaricus*) e dourado. Os teores de mercúrio variaram de 0,26 a 0,39 µg/g, similares aos níveis encontrados na espécie predadora deste estudo.

A espécie *Hypophthalmus edentatus* (mapará), mesmo sendo uma espécie não predadora e apresentando nível baixo de contaminação por mercúrio, mostrou diferença significativa

em relação ao teor de HgT das outras duas espécies não predadoras *Leporinus friderici* (aracú-cabeça-gorda) e *Prochilodus nigricans* (curimatã). O hábito alimentar do mapará pode explicar a diferença encontrada. Trata-se de uma espécie zooplanctófaga que se alimenta do limo e material particulado depositado no fundo dos rios, os quais, por deposição, podem conter maiores cargas de mercúrio<sup>22</sup>.

A determinação de HgT em amostras de cabelo constitui um indicador importante na estimativa do grau de exposição ao mercúrio através da alimentação e tem sido utilizada na avaliação da exposição em comunidades ribeirinhas e/ou de pescadores, na Amazônia. A maioria dos estudos realizados avaliou a exposição em aglomerados não familiares, localizados próximos a áreas de garimpagem de ouro. Na região do Rio Madeira, Boischio e Barbosa<sup>30</sup> encontraram concentrações de mercúrio muito elevadas em uma família com 5 membros, variando de 90,6 a 303,1 µg/g, entretanto, o estudo não incluiu somente famílias de pescadores.

Este estudo avaliou a exposição em famílias de pescadores em uma área não impactada pela mineração de ouro e dentre as 25 famílias avaliadas, a menor concentração média de HgT/família foi de  $0,186 \pm 0,043$  µg/g e a maior foi de  $5,477 \pm 2,896$  µg/g. Apesar de incluírem espécies piscívoras, a maioria das famílias relatou consumo frequente das espécies não predadoras, no final do período chuvoso, o que pode explicar os resultados encontrados. Na região do Tapajós, onde existe influência de atividade minerária, Dolbec et al.<sup>31</sup> constatou que os ribeirinhos comiam mais espécies herbívoras no final da estação chuvosa, justificando os baixos níveis de exposição ao mercúrio.

Em estudo realizado no baixo Tocantins, Estado do Pará, comunidades ribeirinhas apresentaram concentrações de HgT abaixo de 10 µg/g<sup>14</sup>. Apesar desse estudo ter sido realizado no período de cheias do rio, essa pesquisa não envolveu famílias de pescadores, mas ribeirinhos individualmente, que relataram consumo frequente do pescado da região. As concentrações médias de HgT encontradas nesse, como no corrente estudo, sugerem que as comunidades ribeirinhas do baixo e médio Tocantins estão consumindo pescado com baixos teores de mercúrio, os quais são compatíveis com o esperado para populações não expostas, cujos teores de referência devem ser inferiores a 6 µg/g<sup>27</sup>.

Neste estudo, apenas dois participantes ultrapassaram essa estimativa, um deles com 8,79 µg/g (o maior valor encontrado nesse estudo) e outro com 5,18 µg/g, ambos eram pescadores, do sexo masculino e da mesma família.

Os estudos realizados em áreas de garimpagem de ouro, na região Amazônica, revelaram uma realidade diferente da encontrada na Bacia do Tocantins. Na Bacia do Rio Madeira, comunidades ribeirinhas situadas próximas a áreas de garimpos, com dieta baseada no consumo de peixe, apresentaram níveis críticos de exposição ao mercúrio<sup>32</sup>. Pinheiro et al.<sup>14</sup> mostraram que os níveis de mercúrio da população da região do Rio Tapajós, especificamente nas comunidades próximas à cidade de Itaituba, variaram em média de 14,1 a 20,8 µg/g com valor máximo de 62,9 µg/g. Esses e outros estudos em áreas de atividade garimpeira de ouro confirmaram a grande influência da extração mineral na contaminação ambiental e na exposição ao mercúrio na população residente local. Dados mais recentes mostraram uma redução dos níveis de exposição na região do Tapajós, porém, esses níveis ainda constituem risco para o aparecimento de sintomas de intoxicação por mercúrio<sup>14</sup>.

Os níveis de mercúrio em amostras de cabelo considerados seguros na exposição em longo prazo ainda não foram bem definidos. A avaliação para o risco materno é sempre considerado e estudos realizados em décadas passadas em áreas contaminadas já admitiam que níveis de Hg em cabelo materno de 6 µg/g e acima poderiam estar associados com alterações na função cerebral do concepto<sup>33</sup>.

Mesmo dentro de limites aceitáveis, a concentração mediana de HgT apresentada pelas mulheres foi mais baixa do que a dos homens ( $p < 0,05$ ) e menores do que o observados em estudo realizado em área próxima à atividade garimpeira de ouro, onde os homens apresentaram concentrações de mercúrio mais elevadas do que as mulheres<sup>34</sup>. O consumo maior de pescado pelos homens deste estudo é baseado na permanência deles no rio por muitos dias para captura de peixes, não dispondo de outra fonte proteica no período da atividade ocupacional, enquanto que as mulheres teriam facilidade de acesso a outras fontes de proteína por estarem próximas à sede do município.

## CONCLUSÃO

Em geral, as famílias de pescadores da comunidade estudada têm o pescado da região como principal fonte proteica na alimentação, se alimentam de espécies predadoras e não predadoras de pescado com baixos níveis de contaminação, os quais estão abaixo do limite de segurança para consumo humano estabelecido pelas normas brasileiras, podendo servir de referência para outros estudos.

## REFERÊNCIAS

1. World Health Organization. Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure. Geneva: WHO; 2008.
2. Lacerda LD, Malm O. Mercury contamination in aquatic ecosystems: an analysis of the critical areas. *Estud Av (Online)* 2008; 22(63): 173-90.
3. Clarkson TW, Magos L. The toxicology of mercury and its compounds. *Crit Rev Toxicol* 2006; 36(8): 609-62.
4. Bastos WR, Rebelo MF, Fonseca MF, Almeida R, Malm O. Um estudo descritivo do mercúrio em peixes da bacia do Rio Madeira, Amazônia, Brasil. *Act Amaz* 2008; 38(3): 431-8.
5. Silva DS, Lucotte M, Roulet M, Poirier H, Mergler D, Crossa M. Mercúrio nos Peixes do Rio Tapajós, Amazônia Brasileira. *InterfacEHS* 2006; 1(1): 1-31.
6. Dórea JG, Barbosa AC, Silva GS. Fish mercury bioaccumulation as a function of feeding behavior and hydrological cycles of the Rio Negro, Amazon. *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol* 2006; 142(3-4): 275-83.
7. Corbett CEP, El Khouri M, Costa AN, Gyuricza JV, Corbett JF, Frizzarini R, et al. Clinical evaluation of Mercury exposure in the population of the Serra pelada Village, Pará, Brazil. *Arc Environ Occup Health* 2007; 62(3): 121-8.
8. Dorea JG, Marques RC, Isejima C. Neurodevelopment of Amazonian infants: antenatal and postnatal exposure to methyl- and ethylmercury. *J Biomed Biotechnol* 2012; 2012: 132876.
9. Khoury EDT, Souza GS, Silveira LCL, Costa CA, Araújo AA, Pinheiro MCN. Manifestações neurológicas em ribeirinhos de áreas expostas ao mercúrio na Amazônia brasileira. *Cad Saúde Pública* 2013; 29(11): 2307-18.
10. Marinho JS, Lima MO, Santos ECO, Jesus IM, Pinheiro MCN, Alves CN, et al. Mercury speciation in hair of children in three communities of the Amazon, Brazil. *Bioed Res Int* 2014; 2014: 945963.

11. Santos ECO, Câmara VM, Brabo ES, Loureiro ECB, Jesus IM, Fayal K, et al. Avaliação dos níveis de exposição ao mercúrio entre índios Pakaanóva, Amazônia, Brasil. *Cad Saúde Pública* 2003; 19(1): 199-206.
12. Harada M, Nakanishi J, Yasoda E, Pinheiro MC, Oikawa T, Guimaraes GA, et al. Mercury pollution in the Tapajos River basin, Amazon: mercury level of head hair and health effects. *Environ Int* 2001; 27(4): 285-90.
13. Passos CJS, Mergler D. Human mercury exposure and adverse health effects in the Amazon: a review. *Cad Saúde Pública* 2008; 24(Suppl 4): s503-20.
14. Pinheiro MCN, Oikawa T, Vieira JLF, Gomes MSV, Guimaraes GA, Crespo-López-López ME, et al. Comparative study of human exposure to mercury in riverside communities in the Amazon region. *Braz J Med Biol Res* 2006; 39(3): 411-4.
15. Nippon Instruments Corporation. Instruction Manual for Mercury SP-3D. Japan: NIC; 1997.
16. Corvelo TCO, Oliveira EAF, Parijós AM, Oliveira CSB, Loiola RSP, Araújo AA, et al. Monitoring mercury exposure in reproductive aged women inhabiting the Tapajós river basin, Amazon. *Bull Environ Contam Toxicol* 2014; 93(1): 42-6.
17. Pinheiro MCN, Guimarães GA, Nakanishi J, Oikawa T, Vieira JL, Quaresma M, et al. Avaliação da contaminação mercurial mediante análise do teor de Hg total em amostras de cabelo em comunidades ribeirinhas do Tapajós, Pará, Brasil. *Rev Soc Bras Med Trop* 2000; 33(2): 181-4.
18. Pinheiro MCN. Exposição mercurial e defesas antioxidantes em mulheres ribeirinhas da Amazônia [tese de doutorado]. Belém: Universidade Federal do Pará; 2005.
19. Toledo-Piza M. Cynodontidae (Cynodontids). In: Reis RE, Kullander SO, Ferraris CJ. Checklist of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre: EDIPUCRS; 2003.
20. Merona B, Juras AA, Santos GM, Cintra IHA. Os peixes e a pesca no Baixo Rio Tocantins: vinte anos depois da UHE Tucuruí. Brasília: Eletronorte; 2010.
21. Ferreira EJC, Zuanon JAS, Santos GM. Peixes comerciais do médio Amazonas: Região de Santarém – PA. Brasília: Edições IBAMA; 1998.
22. Soares MGM, Costa EL, Siqueira-Souza FK, Anjos HDB, Yamamoto KC, Freitas CEC. Peixes de Lagos do Médio Rio Solimões. Manaus: Instituto I-PIATAM; 2008.
23. Suzuki T, Akagi H, Arimura K, Ando T, Sakamoto M, Satoh H, et al. Mercury analysis manual. Japan: Ministry of the Environment; 2004.
24. Brune D, Nordberg GF, Vesterberg O, Gerhardsson L, Wester PO. A review of normal concentrations of mercury in human blood. *Sci Total Environ* 1991; 100(Spec no): 235-82.
25. Ayres M, Ayres Junior M, Ayres DL, Santos AAS. *Biostat 3.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e Médicas*. Belém: Sociedade Civil Mamirauá; 2003.
26. Pinheiro MC, Farripas SS, Oikawa T, Costa CA, Amoras WW, Vieira JL, et al. Temporal evolution of exposure to mercury in riverside communities in the Tapajós basin, from 1994 to 2010. *Bull Environ Contam Toxicol* 2012; 89(1): 119-24.
27. World Health Organization. International Programme on Chemical Safety. IPCS Environmental Health Criteria 101: methylmercury. Geneva: WHO; 1990.
28. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998. Aprova o Regulamento Técnico “Princípios Gerais para o Estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos e seu Anexo Limites Máximos de Tolerância para Contaminantes Inorgânicos. Brasília: Ministério da Saúde; 1998.
29. Kitahara SE, Okada IA, Sakuma AM, Zenebon O, Jesus RS, Tenuta-Filho A. Mercúrio total em pescado de água-doce. *Ciênc Tecnol Aliment* 2000; 20(2): 267-73.
30. Boischio AAP, Barbosa A. Exposição ao mercúrio orgânico em populações ribeirinhas do Alto Madeira, Rondônia, 1991: resultados preliminares. *Cad Saúde Pública* 1993; 9(2): 155-60.
31. Dolbec J, Mergler D, Sousa Passos CJ, Sousa de Moraes S, Lebel J. Methylmercury exposure affects motor performance of a riverine population of the Tapajos River, Brazilian Amazon. *Int Arch Occup Environ Health* 2000; 73(3): 195-203.
32. Maurice-Bourgoin L, Quiroga I, Chincheros J, Courau P. Mercury distribution in waters and fishes of the upper Madeira rivers and mercury exposure in riparian Amazonian populations. *Sci Total Environ* 2000; 260(1-3): 73-86.
33. Davidson PW, Myers GJ, Weiss B. Mercury exposure and child development outcomes. *Pediatrics* 2004; 113(4 Suppl): 1023-9.
34. Barbosa AC, Jardim W, Dorea JG, Fosberg B, Souza J. Hair mercury speciation as a function of gender, age, and body mass index in inhabitants of the Negro river basin, Amazon, Brazil. *Arch Environ Contam Toxicol* 2001; 40(3): 439-44.

Recebido em: 22/05/2015

Versão final apresentada em: 28/09/2015

Aprovado em: 14/12/2015