

# **Monitoramento longitudinal da contaminação de peixes por mercúrio e avaliação de riscos à saúde humana por ingestão de pescado contaminado**

## **Longitudinal monitoring of mercury contamination of fish and human health risks assessment from ingestion of contaminated fish**

**Thainá de Lima Farinchon**  
Bolsista PCI, Bióloga

**Zuleica Carmen Castilhos**  
Supervisora, Bioquímica, D.Sc.

### **Resumo**

Análises de mercúrio total foram realizadas em 60 peixes coletados ao longo do Rio Branco (46 carnívoros e 14 não carnívoros). Este trabalho apresenta a avaliação de risco à saúde humana devido à ingestão de pescado contaminado por metilmercúrio considerando cenários de exposição em área urbana, comunidades ribeirinhas e indígenas em territórios próximos ao Rio Branco no estado de Roraima. Cinco cenários de taxa de ingestão de pescado foram selecionados a partir de dados da literatura e utilizados para estimativa de riscos à saúde humana. O Quociente de Perigo em todos os cenários resultou acima da unidade, indicando perigo de ocorrência de efeitos adversos nas populações por consumo de pescado contaminado. Embora a avaliação de riscos seja um modelo estocástico, não se pode deixar de considerar que as comunidades ribeirinhas e indígenas se mostram muito mais vulneráveis.

Palavras-chave: Peixes; mercúrio; avaliação de risco à saúde humana; Amazônia.

### **Abstract**

Total mercury analyses were performed on 60 fish collected along the Rio Branco (46 carnivores and 14 non-carnivores). This study presents an assessment of the human health risk due to the consumption of fish contaminated with methylmercury, considering exposure scenarios in urban areas, riverside communities, and Indigenous territories near the Rio Branco in the state of Roraima. Five fish consumption rate scenarios were selected from literature data and used to estimate health risks. The Hazard Quotient in all scenarios was above one, indicating a risk of adverse effects on populations due to the consumption of contaminated fish. Although the risk assessment is a stochastic model, it is important to note that riverside and Indigenous communities appear to be much more vulnerable.

Keywords: Fish; mercury; human health risk assessment; Amazon.

## **1. Introdução**

O mercúrio é um poluente global, pois é transportado a longas distâncias na atmosfera, podendo impactar áreas distantes do local de emissão. A mineração artesanal e de pequena escala (MAPE) de ouro mundial é uma importante fonte de Hg para a atmosfera, sendo responsável por 37% - 40% das emissões de mercúrio em escala global (AMAP / UNEP, 2013). Na Amazônia, nos últimos anos, com o aumento de garimpos de ouro ilegal e consequente queima do amálgama com emissão de mercúrio para a atmosfera, especialmente no território indígena Yanomami, a suspeita de contaminação por mercúrio em peixes dos rios que formam a bacia do Rio Branco, em Roraima, tem crescido significativamente. Assim como as preocupações com a saúde da população local que reside nas proximidades de garimpos de ouro e convivem direta e cotidianamente com os impactos desta atividade.

Em ambiente aquático, o Hg pode ser biotransformado em metilmercúrio (MeHg). Este possui a capacidade de bioacumular e de biomagnificar na cadeia trófica aquática, atingindo as mais altas concentrações nos mais elevados níveis tróficos, como por exemplo, em peixes carnívoro-piscívoros (DRISCOLL et al., 2013). A ingestão de peixes contaminados é a principal, senão única, via de exposição humana ao MeHg, uma conhecida neurotoxina em adultos e com ação teratogênica neurotóxica em fetos humanos (HARADA, 1978). A contaminação dos peixes por metilmercúrio é uma das piores consequências, uma vez que o consumo de pescado é a principal fonte de proteína para as populações (HA et al, 2017; HATUKARA, 2020). A Alta taxa de ingestão de pescado reflete uma situação real vivida por várias comunidades indígenas e ribeirinhas que não dispõem de outras fontes de proteína animal.

As hipóteses deste trabalho são (i) que as populações indígenas e ribeirinhas que consomem pescado contaminado por mercúrio oriundo do Rio Branco estão com sua saúde em risco e, (ii) que o mesmo não ocorre para populações urbanas para as quais as taxas de consumo são mais baixas, e que podem consumir peixes oriundos de piscicultura, como no município de Boa Vista.

## **2. Objetivos**

Este trabalho tem como objetivo apresentar a avaliação de risco à saúde humana pela ingestão de pescado contaminado por metilmercúrio em peixes coletados ao longo do Rio Branco- RR.

## **3. Material e Métodos**

### **3.1 Protocolo de Coleta**

Para a coleta de peixes foi proposto um protocolo com os seguintes parâmetros a serem registrados: coordenadas geográficas, período de tempo de pesca e trecho utilizado para pesca, identificação taxonômica (nome popular, nome científico, autor e ano da identificação taxonômica, ordem, família e subfamília), registro fotográfico, dados biométricos (peso e tamanho), hábito alimentar, resultados analíticos de mercúrio total em tecido muscular e identificação molecular.

### 3.2 Coleta de Peixes

Os peixes foram coletados após a obtenção da licença no SISBIO (Licença n. 93744-1), com o apoio do ICMBio de Boa Vista-RR. Foram coletados 60 peixes ao longo do Rio Branco, no Alto Rio Branco, próximo de Boa Vista-RR e no Baixo Rio Branco, na região de Caracará-RR. Os peixes foram identificados em nível de espécie pelo Dr. Sylvio Romério Briglia Ferreira, ICMBio RR e indicado o nível trófico (FROESER *et al*, 2005). Amostras de tecido muscular foram retiradas e congeladas e, posteriormente, encaminhados para o Laboratório de Especificação de Mercúrio Ambiental – LEMA/CETEM para análise de mercúrio.

### 3.3 Análise de mercúrio

A quantificação de mercúrio total das amostras de tecido muscular dos peixes foi realizada no LEMA. A técnica utilizada é a Espectrometria de Absorção Atômica acoplada a acessório de Decomposição Térmica da amostra (AAS TD), sem pré-tratamentos. O limite de detecção do método é de 0,0005mg/kg e o limite de quantificação de 0,009mg/kg. Foram realizadas análises em triplicata de cada amostra para controle de precisão e a cada 30 amostras analisadas, foi utilizado material de referência certificado (MRC) como medida de controle da qualidade dos resultados.

### 3.4 Avaliação de Risco à Saúde Humana

A avaliação de risco à saúde humana foi realizada com base nos procedimentos descritos em USEPA (1989). A via de exposição considerada foi à ingestão de pescado. O teor de mercúrio em peixes foi calculado, primeiramente, considerando os valores médios de mercúrio total para todos os peixes, apenas para os peixes carnívoros e finalmente, apenas para os peixes não carnívoros. O teor de metilmercúrio foi estimado em 95% do mercúrio total. O cálculo da dose diária de metilmercúrio ( $\text{mg/kg.dia}^{-1}$ ) é resultado da multiplicação da concentração do contaminante pela taxa diária de ingestão de pescado, dividido pelo peso corporal, ( $D=C*Co/P$ ), onde: C: concentração do metilmercúrio no peixe; Co: consumo diário de peixe e P: peso corporal (70 kg para adultos).

O metilmercúrio não tem sido associado a efeitos cancerígenos. Por isso, a avaliação de risco segue a metodologia indicada para contaminantes de efeito não cancerígenos. Assim, calcula-se o Quociente de Perigo (QP), que é a razão entre a dose diária e dose de referência (RfD) para metilmercúrio. Quando o valor do QP for maior do que a unidade, é caracterizado perigo de ocorrência de efeitos não cancerígenos pela exposição ambiental considerada. O valor do RfD oral é disponibilizado na plataforma Integrated Risk Information System (IRIS, USEPA 2014) e indica uma estimativa de exposição diária da população humana (incluindo subgrupos sensíveis) que provavelmente não apresentará risco apreciável de efeitos prejudiciais a saúde durante a toda a vida em função da exposição ao metilmercúrio.

## 4. Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta os resultados do Quociente de Perigo à saúde humana por exposição ambiental a MeHg, considerando as diferentes taxas de ingestão de peixes das comunidades ao longo do Rio Branco.

Estudos mostram que a maior parte do mercúrio total em peixes é metilmercúrio. Assim, foi assumido que a concentração de metilmercúrio equivale a 95% do valor encontrado para o teor de mercúrio total. Conforme a metodologia da USEPA (1989), foi calculado o limite superior da média aritmética (1,44 mg/kg; n=60) de MeHg em pescado, o qual, associado às diferentes taxas de ingestão resultam em distintas doses diárias de exposição. As doses diárias foram comparadas ao RfD oral de MeHg (0,0001 mg/kg.dia-1) resultando no Quociente de Perigo. Dos cinco cenários de exposição, definidos a partir de referências bibliográficas e de conhecimento sobre a região estudada, todos resultaram acima da unidade e indicam que saúde da população está sob risco.

Tabela 1. Quociente de Perigo à Saúde Humana por Exposição Ambiental a Metilmercúrio via ingestão de peixes para diversas comunidades no contexto da bacia hidrográfica do Rio Branco-RR.

Taxa de ingestão diária (g/dia)	Cenários exposição para a população indicada	Dose (mg/kg.dia-1)	Quociente de Perigo - QP
6 <sup>a</sup>	C1-População urbana	0,0001	1,23
13 <sup>b</sup>	C2-População urbana	0,0003	2,68
50 <sup>c</sup>	C3-Comunidade ribeirinha e/ou indígena, que recebe cesta básica)	0,0010	10,29
100 <sup>d</sup>	C4-Comunidade ribeirinha e/ou indígenas)	0,0021	20,58
200 <sup>e</sup>	C5-Comunidade ribeirinha e/ou indígenas	0,0041	41,17

Referências para as taxas de ingestão: <sup>a</sup> (COLLA, 2019); <sup>b</sup> (FERREIRA, 2023); <sup>c</sup>, <sup>d</sup> e <sup>e</sup> (VASCONCELOS, 2022); QP= Quociente de Perigo;

Como dito acima, os cinco padrões de consumo considerados envolvendo todos os peixes amostrados (n=60; peixes de hábitos alimentares carnívoro e não carnívoro) resultaram em perigo e isso ocorreu também no cenário onde somente os peixes carnívoros (n=46) seriam consumidos (dados não mostrados). Somente na taxa de ingestão de consumo diário de 6 g/dia e de 13 g/dia apenas de peixes não carnívoros (n=14) o QP resultou abaixo da unidade, indicando ausência de perigo de ocorrência de efeitos adversos por consumo de pescado contaminado por metilmercúrio (dados não mostrados).

As taxas de consumo diário estabelecidos para este trabalho para cenários urbanos foram inferiores aos valores de consumo de peixe considerados no Brasil, um consumo “per capita” em torno de 9 a 12 kg por ano (FAO, 2014), correspondendo a aproximadamente 30 g/dia. O consumo de peixes “per capita” na Amazônia é de 44 kg ao ano (FAO, 2020), o que corresponde a aproximadamente 120 g/dia. Entretanto, no estado

amazônico de Roraima, o consumo “per capita” de peixe, no ano de 2006, foi estimado em 8,85 kg, correspondendo a aproximadamente 24 g/dia (MATTHIENSEN et al, 2009), ou seja, um consumo abaixo da média nacional. Mesmo considerando uma taxa de consumo diário inferior às médias de Roraima a avaliação de risco resultou em Quociente de Perigo acima da unidade, apresentando perigo de ocorrência de efeitos adversos à saúde humana.

As populações indígenas e ou ribeirinhas são as mais expostas, uma vez que o pescado é a única fonte proteica disponível e a taxa de consumo diário de peixes pode atingir cerca de 200 g ou mais. Levando em consideração o cenário de consumo de mais de 50 g/dia de pescado, os limites propostos pela RESOLUÇÃO - RDC Nº 42, DE 29 DE AGOSTO DE 2013 de 1 mg/kg para peixes carnívoros e de 0,5 mg/kg para peixes não carnívoros não representa segurança para consumo em tais taxas.

Os teores de mercúrio encontrados nos peixes do Rio Branco não afetam diretamente os habitantes de Boa Vista, pois o hábito alimentar dos mesmos é tradicionalmente de carne bovina devido à migração de população do sul do Brasil e o consumo de peixe é oriundo predominantemente de pisciculturas (MATTHIENSEN et al, 2009). O anuário de peixes BR da piscicultura (2023) estima uma produção no ano de 2022 de 19.200 toneladas de pescado evidenciado essa prática de consumo.

## **5. Conclusão**

O Quociente de Perigo apresentou valores maiores que a unidade nos cinco padrões de consumo considerados no cenário envolvendo os dois hábitos alimentares (carnívoro e não carnívoro) e no cenário somente dos carnívoros todos apresentaram perigo de ocorrência de efeitos não cancerígenos por consumo de pescado por metilmercúrio. O Consumo diário acima de 50 g/dia de pescado com teores de 1 mg/kg ou mesmo 0,5 mg/kg resultam em perigo à saúde humana. Considerando que esses são os teores permitidos pela RESOLUÇÃO - RDC Nº 42, DE 29 DE AGOSTO DE 2013, recomenda-se que valores permitidos de mercúrio em peixes sejam dependentes dos contextos de consumo de pescado, para a proteção da saúde das crianças e dos grupos vulneráveis, as mulheres grávidas e mulheres em idade fértil.

## **6. Agradecimentos**

A autora agradece ao Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) pela infraestrutura, ao Programa Institucional de Bolsa de Capacitação Institucional – PCI/CNPq pela concessão da bolsa, à supervisora Dra. Zuleica Carmen Castilhos, a MSc. Lillian Domingos, ao Dr. Romério Briglia (ICMBio-RR), e a todas e todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

## **7. Referências Bibliográficas**

AMAP/UNEP. Technical Background Report for the Global Mercury Assessment 2013. Oslo: Arctic Monitoring and Assessment Programme / Geneva: UNEP Chemicals Branch, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA – Peixe BR. Anuário da Piscicultura 2023. São Paulo: Peixe BR, 2023.

BRASIL, AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013.

Dispõe sobre o Regulamento Técnico Mercosul sobre Limites Máximos Tolerados (LMT) de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 ago. 2013.

CASTILHOS, Zuleica C.; RODRIGUES-FILHO, Saulo; RODRIGUES, Ana Paula C.; VILLAS-BÔAS, Roberto C.; SIEGEL, Shefa; VEIGA, Marcello M.; BEINHOFF, Christian. Mercury contamination in fish from gold mining areas in Indonesia and human health risk assessment. Volume 368, Issue 1, Pages 320-3251. September 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.01.039>

CASTILHOS, Z. C.; CASTRO, A. M.; RAMOS, A. S.; LIMA, C. A.; RODRIGUES, A. P. C.; Avaliação de risco à saúde humana: conceitos e metodologia. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. (Série Estudos e Documentos, 65).

DOMINGOS, L. M. B.; CASTILHOS, Z. C. Avaliação de riscos à saúde humana e ecológicos por rompimento da Barragem I da Vale em Brumadinho - MG In: Jornada do Programa de Capacitação Interna do CETEM, 8. Rio de Janeiro, Anais. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2020.

DRISCOLL, T. C.; MASON, R. P.; CHANG, H. M.; JACOB, D. J.; PIRRONE, N. Mercury as a Global Pollutant: Sources, Pathways, and Effects. Environmental Science & Technology, 2013.

EPA, U. S. E. P. A. Guidelines for Ecological Risk Assessment. Federal Register, v. 63, n. April, p. 26846-26924, 1998.

FARINCHON, T. L.; CASTILHOS, Z. C. Monitoramento longitudinal da contaminação de peixes por mercúrio e avaliação de riscos à saúde humana por ingestão de pescado contaminado In: Jornada do Programa de Capacitação Interna do CETEM, 12. Rio de Janeiro, Anais. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2023.

FROESE, R. & PAULY, D. (eds.) 2005. FishBase, World Wide Web electronic publication. Disponível em <http://www.fishbase.org/>, version (11/2005). Consulta em outubro de 2023.

HA, Eunhee; BASU, Niladri; BOSE-O'REILLY, Stephan; DÓREA, José G.; McSORLEY, Emeir; SAKAMOTO, Mineshi; CHAN, Hing Man. Progresso atual na compreensão do impacto do mercúrio na saúde humana. [Volume 152, páginas 419-433, janeiro de 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.06.042>.

HARADA, M. Congenital Minamata disease: intrauterine methylmercury poisoning. Teratology, v. 18, p. 285-288, 1978.

HUTUKARA (2020). Cicatrizes na floresta: evolução do garimpo ilegal na TI Yanomami em 2020. Realização: Hutukara Associação Yanomami e Associação Wanasseduume Ye'kwana Assessoria técnica: Instituto Socioambiental.

MATA, P. P; COSTA K.G; PERÔNICO, C; MCMASTER, M.E; PARROTT, J.L; HEWITT, L.M; MUNKITTRICK, K.R; BARRETO F.C.C; BASILO, T.H, GOMES, M.P; REIS. F. R.W; FURLEY, T.H. Development of environmental effects monitoring protocol in Brazil: a fish guide study of three river estuaries. Environ Monit Assess. 2019 Oct 19;191(11):658. doi: 10.1007/s10661-019-7860-y. PMID: 31630267.

MATTHIENSEN, A; CHAGAS, E. A; OTONIEL, R. D; KAMINSKI, P. E; ALBUQUERQUE, T. C. S. Compatibilização de Demandas para o Uso da Água no Estado de Roraima: Piscicultura. Boa Vista, Roraima, 2009. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009. 24p. (Embrapa Roraima. Documentos, 24).

MINH, Q.B.; SCHMIDT, A. H.; CHERNOMOR, O.; SCHREMPF, D.; WOODHAMS, M. D.; HAESELER, A. V.; LANFEAR, R.; IQ-TREE 2: New Models and Efficient Methods for Phylogenetic Inference in the Genomic Era, *Molecular Biology and Evolution*, Volume 37, Issue 5, May 2020, Pages 1530–1534, <https://doi.org/10.1093/molbev/msaa015>

SÁ, M.R.; CASTILHOS, Z.C.; DOMINGOS, L.M.B. Avaliação Espaço-Temporal de Teores de Mercúrio em Peixes da Amazônia (2000-2022) XXX Jornada de Iniciação Científica e VI Jornada de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação CETEM RJ 2022.

USEPA. Manganese, 1995. Disponível em [https://iris.epa.gov/ChemicalLanding/&substance\\_nmbr=73](https://iris.epa.gov/ChemicalLanding/&substance_nmbr=73). Acessado em outubro de 2024.

USEPA; United States Environmental Protection Agency. Risk Assessment Guidance for Superfund, 1989. V.I: Human Health Evaluation Manual.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. 2014. Integrated Risk Information System. Disponível em: <http://www.epa.gov.br/iris>. Acessado em agosto 2024.

VASCONCELOS, A. C. S; SOUSA, C. C; LIMA, M. O; OLIVEIRA, M. W; FERREIRA, S. R. B; BASTA, P. C. Avaliação de Risco à Saúde Atribuível ao Consumo de Pescado Contaminado por Metilmercúrio na Bacia do Rio Branco, Roraima, Amazônia, Brasil. 2022. Disponível em: <https://informe.ensp.fiocruz.br/assets/anexos/ff51a29762190d78a7da62fa06d2751e.PDF>. Acesso em: 23 de outubro de 2024.