

GABRIELLA MOURA LOPES SIMIÃO

**PRESENÇA DE MERCÚRIO EM ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL :
RISCOS EM SAÚDE ÚNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, SP, para obtenção do grau de médico veterinário.

Preceptor: Prof. Titular Márcio Garcia Ribeiro

Botucatu

2024

GABRIELLA MOURA LOPES SIMIÃO

**PRESENÇA DE MERCÚRIO EM ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL :
RISCOS EM SAÚDE ÚNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, SP, para obtenção do grau de médico veterinário.

Área de Concentração: Medicina Veterinária Preventiva

Preceptor: Prof. Titular Márcio Garcia Ribeiro

Coordenador de Estágios: Prof. Dr. Adriano Sakai Okamoto

Botucatu

2024

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Simião, Gabriella Moura Lopes.

Presença de mercúrio em alimentos de origem animal : riscos em saúde única / Gabriella Moura Lopes Simião. - Botucatu, 2024

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Medicina Veterinária) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu

Orientador: Márcio Garcia Ribeiro

Capes: 50502000

1. Bioacumulação. 2. Mercúrio. 3. Metilmercúrio. 4. Mineração. 5. Saúde única. 6. Toxicologia.

Palavras-chave: Bioacumulação; Mercúrio em alimentos; Metilmercúrio; Mineração ilegal; Saúde única.

GABRIELLA MOURA LOPES SIMIÃO

**PRESENÇA DE MERCÚRIO EM ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL :
RISCOS EM SAÚDE ÚNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, para obtenção do título de Grau acadêmico Bacharel(a) em Medicina Veterinária.

Área de Concentração:

Departamento de produção animal e medicina veterinária preventiva (Inspeção Sanitária de Alimentos de Origem Animal)

Data da defesa: 13 de novembro de 2024

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Márcio Garcia Ribeiro
UNESP – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Campus de Botucatu

Prof. Dr. Luiz Henrique de Araujo Machado
UNESP – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Campus de Botucatu

Profa. Dra. Camila Michele Appolinário
UNESP – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Campus de Botucatu

DEDICATÓRIA

À Adriana Moura Lopes Simião, pelo sonho e esperança depositados em mim, antes mesmo que eu entendesse meu pertencimento ao lugar que alcancei hoje! Pelas noites sem dormir, pelos presentes de Natal e festas de aniversário, por ter vivido em função do futuro de outrem, por me fazer rir até mesmo dias antes de partir. Essa e todas as minhas conquistas serão nossas. Te amo, sempre.

AGRADECIMENTOS

À minha grande rede de apoio, responsável pela minha permanência e não desistência neste curso tão sonhado e importante. Ao meu pai e meus irmãos, que foram meu cais durante todos esses anos, acompanhando de perto as dores e alegrias que este período proporcionou; aos meus (muitos) amigos de graduação, que são os melhores que uma garota poderia ter ao lado; às minhas amigas femininas, que me salvam da escuridão do mundo, restauram minha energia e esperança a todo momento, mostrando que o amor existe em muitas formas; ao meu namorado, por ser um exemplo de dedicação, carinho e um amor leve, racional e verdadeiro; e agradeço imensamente aos profissionais que encontrei pelo caminho, que muito me ensinaram dentro e fora do âmbito veterinário; principalmente os professores mais humanos que conheci, que deram sentido ao que muitas vezes se perde no meio acadêmico: o amor à profissão, a fé no conhecimento e, principalmente, a esperança no indivíduo. Obrigada, Márcio Garcia Ribeiro e Fábio Sossai Possebon, pelo testemunho e inspiração.

“Não há atalhos para uma benção”

- Katy Perry

RESUMO

Mercúrio (Hg) é um metal pesado naturalmente encontrado no ambiente, mas que com a mineração ilegal, queimadas, desmatamento e o crescimento industrial, tem sido amplamente difundido em sua forma metilada, que tem grave impacto na saúde humana. São conhecidas três formas de mercúrio: metálico, inorgânico e orgânico, das quais, o último, geralmente mais tóxico que os compostos minerais. Que por bioacumulação, é depositado em alimentos da dieta humana (principalmente pescado) e, dependendo da exposição, pode gerar distúrbios neurológicos, teratogênicos, renais, entre outros ainda não totalmente esclarecidos. Neste cenário, o presente estudo revisou os principais aspectos sobre o acúmulo ambiental e consumo alimentar de mercúrio e seus efeitos na saúde ambiental e humana, propondo subsidiar reflexões e medidas de controle para este problema de Saúde Única.

Palavras-chave: Bioacumulação; Mercúrio em alimentos; Metilmercúrio; Mineração ilegal; Saúde Única.

ABSTRACT

Mercury (Hg) is a heavy metal naturally found in the environment, but with illegal mining, burning, deforestation and industrial growth, it has been widely spread in its methylated form, which has a serious impact on human health. Three forms of mercury are known: metallic, inorganic and organic, the latter of which is generally more toxic than mineral compounds. Which, due to bioaccumulation, is deposited in foods in the human diet (mainly fish) and, depending on exposure, can generate neurological, teratogenic, renal disorders, among others that are not yet fully understood. In this scenario, the present study reviewed the main aspects of the environmental accumulation and food consumption of mercury and its effects on environmental and human health, proposing to support reflections and control measures for this One Health problem.

Keywords: Bioaccumulation; Mercury in food; Methylmercury; Illegal mining; One Health.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	11
2.1. Características e tipos de mercúrio.....	11
2.2. Usos do mercúrio	11
2.3. Fontes de contaminação por mercúrio.....	12
2.4. Presença de mercúrio em alimentos	12
2.5. Impactos do mercúrio na saúde humana	13
2.6. Regulamento e limites de segurança	14
2.7. Métodos de detecção e análise	14
2.8. Medidas de prevenção e controle	15
3. CONCLUSÃO.....	16
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

1. INTRODUÇÃO

A intoxicação por mercúrio causa danos graves à saúde humana tanto em casos de inalação de vapor de mercúrio na atmosfera quanto pela cadeia alimentar, na qual o mercúrio metilado (MeHg), considerado a forma mais tóxica, é bioacumulado principalmente em pescados e mamíferos marinhos. O consumo destes produtos na dieta humana, causam biomagnificação e podem ultrapassar a quantidade limite estabelecida pela Organização Mundial de Saúde, causando efeitos neurológicos e sistêmicos nos indivíduos.

Na década de 1950, ocorreu grande desastre na cidade de Minamata, no Japão, que motivou estudos sobre a toxicidade clínica e ambiental do MeHg. Neste episódio, várias pessoas desenvolveram danos neurológicos e milhares evoluíram para óbito por contato direto ou exposição uterina ao metal (CASTRO & LIMA, 2018). De acordo com Bisinoti e Jardim (2004), a emissão e deposição atmosférica antrópica de mercúrio tem correspondido até 75% do valor anual, e cerca de 10.000 toneladas de Hg fluem para os oceanos anualmente.

A gravidade destas quantidades se associa ao fato que estes sedimentos poluídos com Hg presentes nos rios, lagos e oceanos, possibilita que o metal permaneça ativo como substrato para metilação por até 100 anos (BISINOTI e JARDIM, 2004).

No Brasil, com a pressão do desenvolvimento industrial e econômico, garimpos ilegais, desmatamento e queimadas tem sido cada vez mais comuns e estão diretamente ligados a emissão e deposição de mercúrio em grandes bacias hidrográficas, causando contaminação na forma metilada em regiões onde há abundância da atividade de pesca como principal atividade de sustento da população (PASSOS & MERGLER, 2008).

Estudos nessas regiões, principalmente na região amazônica, tem alertado para o consumo de pescado com a ingestão e exposição de Hg, encontrando déficits neurofuncionais em humanos com exposição crônica até mesmo a doses abaixo dos limites recomendados (PASSOS & MERGLER, 2008).

Neste contexto, o presente estudo revisou os riscos para os humanos da presença de mercúrio em alimentos de origem animal.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Características e tipos de mercúrio

O mercúrio, metal pesado encontrado naturalmente no ambiente, apresenta três formas: elementar ou metálica, inorgânica e orgânica. O mercúrio metálico é volátil à temperatura ambiente podendo causar intoxicação por inalação, pois pode se converter à forma metilada nos pulmões, mas é praticamente insolúvel em água. Os compostos organometálicos, geralmente são mais tóxicos, como o metilmercúrio (MeHg), considerado o mais tóxico para os humanos, visto que tem alta lipossolubilidade, facilitando a passagem pelas barreiras encefálica e placentária (BRISINOTI e JARDIM, 2004).

O mercúrio metálico adentra de forma antrópica o meio ambiente devido a utilização em indústrias e, principalmente, atividade garimpeira. A extração do ouro granulométrico presente em sedimentos de fundo de bacias hidrográficas, se torna possível pela propriedade de amalgamação do mercúrio metálico (BOISCHIO e BARBOSA, 1993).

A queima da amálgama lança no ambiente vapores de mercúrio, enquanto perdas durante o manuseio despejam a forma líquida no ambiente. Bensefa-Colas et al. (2017), citaram que, no ambiente, a presença de MeHg é resultado da metilação do mercúrio na forma inorgânica, induzida por bactérias sedimentares dos cursos de água onde este metal é encontrado. O produto desta organificação é mobilizado pela cadeia alimentar aquática.

2.2. Usos do mercúrio

O uso de mercúrio na atividade humana data à época romana, quando era supostamente utilizado para embalsamar a dentição de bebês e, posteriormente, como tratamento para sífilis. Na medicina, além do uso mencionado para sífilis, compostos de mercúrio foram empregados em termômetros, barômetros e esfigmomanômetros. Além do amálgama de mercúrio ainda ser utilizado para obturações dentárias em diversos países (ZHAO et al., 2022).

Zhao et al. (2022), alegam ainda que na década de 1970, o metilmercúrio era comumente utilizado como fungicida em sementes e grãos, resultando em bioacumulação na cadeia alimentar. Atualmente, apesar do conhecimento sobre os efeitos adversos do mercúrio na saúde humana, a exposição ao metal persiste e até aumenta em alguns países, como o Brasil, devido à mineração de ouro, muitas vezes ilegal. Ademais, a queima de carvão e combustíveis fósseis contribui significativamente para a distribuição das emissões de mercúrio na atmosfera.

2.3. Fontes de contaminação por mercúrio

De acordo com Bisinoti e Jardim (2004), a principal fonte de contaminação humana por metilmercúrio é a dieta, encontrado principalmente em pescado. O mercúrio também é encontrado naturalmente em carvão vegetal e mineral que, quando carbonizados em termelétricas, produzem mercúrio em forma de vapor (NEVES, 2019).

Estima-se emissão de 10.000 toneladas/ano de mercúrio para a atmosfera (BISINOTI e JARDIM, 2004). Ademais, o ar e a água contribuem de forma significativa para o nível total de Hg no organismo humano. Mercúrio volatilizado na atmosfera ou complexado a materiais orgânicos, também é carregado pela erosão dos solos pelo sistema fluvial, retornando às bacias hidrográficas, onde o Hg elementar é transformado em metilmercúrio por bactérias sedimentares (BENSEFA-COLAS et al., 2011). A lixiviação, por vezes associada a prática de desmatamento, somada a incêndios florestais e agricultura de “corte e queima”, contribuem para o aumento da carga ambiental de Hg (PASSOS e MERGLER, 2008). Desta forma, ocorre a bioacumulação do MeHg na cadeia alimentar aquática e, conseqüentemente, a biomagnificação causa maiores concentrações da substância na dieta humana (NEVES, 2019).

2.4. Presença de mercúrio em alimentos

A presença de mercúrio tem sido descrita em leite de vaca cru e também em tecidos musculares de suínos e bovinos, que apresentam uma diminuição da

concentração com o tempo, fato que pode estar relacionado à diminuição de utilização de farinha de peixe na alimentação animal e interrupção do tratamento de sementes com metilmercúrio (BOUDEBBOUZ et al., 2020).

No entanto, observa-se elevada persistência de MeHg no pescado utilizado na dieta humana, devido a metabolização lenta e tempo de meia-vida do metal que pode variar entre um e três anos. Em peixes de regiões do Brasil, foram identificados níveis de Hg acima do valor permitido na legislação atingindo, em áreas de mineração, até 2,75 mg/kg, e em peixes de rios não contaminados, até 0,10 mg/kg. No pescado, em média, 85% se encontram na forma metilada (BISINOTI & JARDIM, 2011). Porém, a concentração pode variar de acordo com cada espécie de pescado e região geográfica (BENSEFA-COLAS et al., 2011).

2.5. Impactos do mercúrio na saúde humana

Desde o surgimento da Doença de Minamata após o incidente no Japão, houve crescimento dos estudos relativos aos efeitos do Hg no organismo humano. É de conhecimento atual que a exposição a este metal causa sinais de intoxicação tardios, com período de latência inversamente proporcional ao tempo e quantidade da exposição, e que os distúrbios são, principalmente, neurológicos, teratológicos e renais (MICARONI et al., 2000).

Tal comprometimento nos humanos ocorre em virtude da lipossolubilidade do metal, que possibilita atravessar as barreiras hematoencefálica e placentária e, além de se concentrar no encéfalo fetal, o MeHg também é transportado pelo leite materno de mulheres contaminadas. A concentração cerebral fetal pode ser até sete vezes maior que a concentração no sangue materno (MICARONI et al., 2000; BENSEFA-COLAS et al., 2011).

Bensefa-colas et al. (2011), relataram sinais como parestesia de extremidades, astenia e mal-estar geral em casos leves de intoxicação e, em casos mais graves, encefalopatia, deficiência intelectual, distúrbios comportamentais, cegueira cortical e surdez de origem coclear.

Bisinoti e Jardim (2004), descreveram paralisia e até morte nos casos de exposição grave. E em camundongos experimentalmente intoxicados , o

metilmercúrio exerce ação cancerígena. Há ainda relatos de danos renais pela formação secundária de Hg inorgânico, bem como lesões nos nervos periféricos e também musculatura cardíaca (BENSEFA-COLAS et al., 2011).

2.6. Regulamento e limites de segurança

O limite de segurança estabelecido pela Organização Mundial de Saúde (OMS) é de 2,0 ppm de concentração de Hg no organismo humano. Acima de 6,0 ppm são observados sinais graves à saúde, incluindo danos neurológicos, segundo a Fundação Oswaldo Cruz (NEVES, 2019).

A Comissão Europeia estabeleceu limites máximos de resíduos mercuriais para carnes (0,01 mg/kg), carnes de caça selvagem (0,015 mg/kg), gordura animal (0,01 mg/kg), miúdos (0,02 mg/kg), leite (0,01 mg/kg) e mel (0,01 mg/kg) (QUALFOOD, 2018).

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), determinou os seguintes limites máximos de Hg em alimentos: 0,05 mg/kg para alimentos em geral, 0,50 mg/kg para peixes não predadores e 1,0 mg/kg para peixes predadores. A Resolução da Diretoria Colegiada (ANVISA) nº 487/2021 estabeleceu os limites máximos com base nos casos que constituem risco à saúde do consumidor (NEVES, 2019).

2.7. Métodos de detecção e análise de mercúrio

Níveis de concentração de mercúrio em fios de cabelo de humanos estão relacionados a ingestão dietética da forma destilada nos indivíduos (CASTRO & LIMA, 2018). Aferições deste metal em sangue total e capilares refletem com credibilidade a carga corporal e a intensidade da exposição (PASSOS & MERGLER, 2008).

A concentração de mercúrio no fio de cabelo da mãe está associada com os níveis de metal no encéfalo fetal ou do recém-nascido. Assim, a análise do cabelo tem sido o melhor método de detecção do mercúrio pois é de fácil coleta, manipulação e armazenamento. Estima-se que os primeiros sinais neurotóxicos

surtem em concentrações de 200 g/L no sangue e 50 g/g no cabelo (BENSEFA-COLAS et al., 2011).

2.8. Medidas de prevenção e controle

Em 2013, o Brasil assinou a Convenção de Minamata concordando com o banimento ou diminuição da utilização de mercúrio em várias atividades. No entanto, esta convenção não estabeleceu prazos para o processo de mineração do ouro, que é a principal atividade relacionada a intoxicação humana, devido a exploração inadequada do metal, requerendo melhor fiscalização ou políticas públicas de controle (NEVES, 2019).

Como controle, tem sido estudado recentemente a ação protetora do selênio (SE), uma vez que este possui provável efeito protetivo contra a ação tóxica do mercúrio (PASSOS e MERGLER, 2008). O SE, quando ligado a metais pesados, induz a formação de complexos selenioproteicos que têm capacidade de ligação a vários átomos de Hg, deslocando e alterando a distribuição do mercúrio nos tecidos (FRANÇA, 2005).

Populações com dietas abundantes em castanha-do-pará, possuem quantidades consideráveis de selênio no organismo, uma vez que este alimento possui grandes quantidades do elemento. Assim, estudos sobre o efeito protetor do consumo destas castanhas em casos de intoxicação por MeHg têm ganhado visibilidade (MARCO, 2007).

3. CONCLUSÃO

A contaminação por mercúrio nos alimentos de origem animal é relativamente negligenciada na saúde única, pois envolve danos ambientais, aos animais e afeta diretamente a saúde humana. A diminuição da poluição e exploração descontroladas, são ações indispensáveis da contaminação ambiental e, consequentemente para a redução das intoxicações em humanos.

O pescado é uma das principais fontes nutricionais e de subsistência dos moradores das áreas com maior contaminação por Hg. Assim, são necessárias ações de gerenciamento de risco nestas regiões, ou políticas que reduzam a contaminação ambiental do mercúrio em alimentos origem animal.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENSEFA-COLAS, L.; ANDUJAR, P.; DESCATHA, A. Intoxication par le mercure. **La Revue de Médecine Interne**, v. 32, n. 7, p. 416-424, 2011. DOI: 10.1016/j.revmed.2009.08.024.

BISINOTI, M. C.; JARDIM, W. F. O comportamento do metilmercúrio (metilHg) no ambiente. **Química Nova**, v. 27, n. 4, p. 593-600, 2004. DOI: 10.1590/S0100-40422004000400014.

BOISCHIO, A. A. P.; BARBOSA, A. Exposição ao mercúrio orgânico em populações ribeirinhas do Alto Madeira, Rondônia, 1991: resultados preliminares. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 9, n. 2, p. 155-160, 1993. DOI: 10.1590/S0102-311X1993000200006.

BOUDEBBOUZ, A., BOUDALIA, S., BOUSBIA, A., HABILA, S., BOUSSADIA, M. I., & GUEROUI, Y. Heavy metals levels in raw cow milk and health risk assessment across the globe: A systematic review. **Science of The Total Environment**, 141830, 2020. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.1418.

CASTRO, N. S. S. DE; LIMA, M. DE O. Hair as a biomarker of long term mercury exposure in Brazilian Amazon: a systematic review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 3, p. 500, 2018. DOI: 10.3390/ijerph15030500.

DOREA, J. G.; BARBOSA, A. C.; SILVA, G. S. Fish mercury bioaccumulation as a function of feeding behavior and hydrological cycles of the Rio Negro, Amazon. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 142, n. 3-4, p. 275-283, 2006. DOI: 10.1016/j.cbpc.2005.10.014.

FRANÇA, J. G. DE. Efeito do selênio sobre a toxicidade do cloreto de mercúrio (HgCl₂) em tilápia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757). 2017. **Dissertação (Mestrado em Aquicultura)** – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, Jaboticabal, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/0a6b1b97-52b7-4f40-8ea9-d4ebe1bc63e8>. Acesso em: 19 de ago 2024.

GOMES B. L. C.; MALATO A. M. P.; RIBEIRO I. DO N.; SILVA C. C. F. DA; SILVA E. V. DA; SANTANA D. S.; MARTINS M. E. L.; LOURINHO M. C. L.; SANTOS R. C. DOS; MONTEIRO E. L. Análise temporal da exposição ao mercúrio na população ribeirinha da Amazônia: revisão integrativa. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 13, n. 5, p. e7172, 2021. DOI <https://doi.org/10.25248/reas.e7172.2021>.

MARCO, K. C. DE. Avaliação da exposição ao metilmercúrio e dieta rica em selênio sobre os níveis de óxido nítrico na população da região amazônica.

Dissertação (Mestrado em Toxicologia) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/60/60134/tde-25072007-105904/pt-br.php>. Acesso em: 14 de ago de 2024.

MICARONI, R. C. DA C. M.; BUENO, M. I. M. S.; JARDIM, W. de F. Compostos de mercúrio: revisão de métodos de determinação, tratamento e descarte. **Química Nova**, v. 23, n. 4, p. 487-495, 2000. DOI: 10.1590/S0100-40422000000400011.

MOZAFFARIAN, D.; RIMM, E. B. Fish intake, contaminants, and human health. **JAMA**, v. 296, n. 15, p. 1885-1899, 2006. DOI: 10.1001/jama.296.15.1885.

NEVES, Julia. Estudo aponta níveis elevados de mercúrio em crianças e mulheres indígenas. Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), **Acesso digital**, 2019. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/estudo-aponta-niveis-elevados-de-mercuro-em-criancas-e-mulheres-indigenas>. Acesso em: 16 ago. 2024.

PASSOS, C. J. S.; MERGLER, D. Human mercury exposure and adverse health effects in the Amazon: a review. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 24, supl. 4, p. s503-s520, 2008. DOI: 10.1590/S0102-311X2008001600004.

QUALFOOD, Base de dados de Qualidade e Segurança Alimentar, Ambiental e HST. Há novos limites máximos de resíduos de mercúrios em frutas e legumes. **Acesso Digital**, 2018. Disponível em: <https://www.qualfood.com/noticias/item/606-ha-novos-limites-maximos-de-residuos-de-mercuro-em-fruta-e-legumes#:~:text=E%20ainda:%20noz%2Dmoscada%2C,pode%20ler%2Dse%20no%20Regulamento>. Acesso em: 18 de ago de 2024.

ZHAO, M.; LI, Y.; WANG, Z. Mercury and mercury-containing preparations: history of use, clinical applications, pharmacology, toxicology, and pharmacokinetics in traditional chinese medicine. **Frontiers in Pharmacology**, vol 12, article 807807, 2022. DOI: 10.3389/fphar.2022.807807