

**Efeitos da suplementação nutricional com substâncias antioxidantes em gestantes expostas ao mercúrio na Amazônia Legal**

**Effects of nutritional supplementation with antioxidant substances in pregnant women exposed to mercury in the Legal Amazon**

**Efectos de la suplementación nutricional con sustancias antioxidantes en mujeres embarazadas expuestas al mercurio en la Amazonía Legal**

**Domingas Machado da Silva**

Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia  
Instituição: Universidade Federal do Pará  
Endereço: Santarém – Pará, Brasil  
E-mail: enfadomingassilva@gmail.com

**Leomara Andrade da Silva**

Doutora em Ciências Biológicas  
Instituição: Universidade Federal do Oeste do Pará  
Endereço: Santarém – Pará, Brasil  
E-mail: andrade.biologia@hotmail.com

**Mayara Duarte da Silva**

Doutoranda em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento  
Instituição: Universidade Federal do Oeste do Pará  
Endereço: Santarém – Pará, Brasil  
E-mail: mdsilva.ufopa@gmail.com

**Marlison Erick de Oliveira Pinto**

Graduando em Licenciatura em Ciências Biológicas  
Instituição: Universidade Federal do Oeste do Pará  
Endereço: Santarém – Pará, Brasil  
E-mail: oliveiramarlison20@gmail.com

**Vitória Albuquerque de Lima**

Graduanda em Licenciatura em Ciências Biológicas  
Instituição: Universidade Federal do Oeste do Pará  
Endereço: Santarém – Pará, Brasil  
E-mail: vitorialimmax@gmail.com

**Sandra Layse Ferreira Sarrazin**

Doutora em Biotecnologia  
Instituição: Universidade Federal do Pará  
Endereço: Santarém – Pará, Brasil  
E-mail: sandra.sarrazin@ufopa.edu.br

**Welitom Ttatom Pereira da Silva**

Doutor em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos  
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso  
Endereço: Cuiabá – Mato Grosso, Brasil  
E-mail: welitom.silva@ufmt.br

**Ricardo Bezerra de Oliveira**

Doutor em Neurociências e Biologia Celular  
Instituição: Universidade Federal do Pará  
Endereço: Belém – Pará, Brasil  
E-mail: ricardo.oliveira@ufopa.edu.br

**RESUMO**

O Mercúrio (Hg) é um metal tóxico capaz de causar efeitos deletérios ao sistema nervoso humano. A intoxicação por Hg durante o período pré-natal e lactacional é considerada um grave problema de saúde pública. Na região amazônica brasileira, esse tipo de contaminação representa uma preocupação particularmente importante devido à alimentação da população local ser baseada na ingestão de peixes, em grande parte, contaminados por metilmercúrio (MeHg). Pesquisas têm demonstrado os benefícios de uma alimentação saudável e de alta qualidade, como alimentos ricos em substâncias antioxidantes, na prevenção ao estresse oxidativo provocado pela exposição crônica ao MeHg. Dessa forma, a hipótese levantada nesse estudo foi a de que a suplementação nutricional baseada em substâncias antioxidantes durante o período gestacional pode auxiliar na diminuição dos níveis de MeHg sérico e, assim, contribuir para atenuar possíveis agravos de saúde à mãe e ao bebê. O objetivo desse artigo foi descrever os efeitos da suplementação nutricional com substâncias antioxidantes em gestantes expostas ao Hg na Amazônia brasileira nos anos 2019 a 2024. Trata-se de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). A pesquisa dos artigos foi realizada em três bases de dados: LILACS, PubMed e SciELO, utilizando a opção de busca avançada de artigos publicados em qualquer idioma nos últimos cinco anos. O estudo não encontrou artigos sobre os efeitos da suplementação nutricional com substâncias antioxidantes em gestantes expostas ao Hg na Amazônia brasileira. Esta constatação reforça a necessidade de investigar a ação das substâncias antioxidantes durante a gestação de mulheres em exposição crônica ao Hg na Amazônia Legal.

**Palavras-chave:** intoxicação mercurial, metilmercúrio, gravidez, exposição fetal.

**ABSTRACT**

Mercury (Hg) is a toxic metal capable of causing harmful effects to the human nervous system. Hg intoxication during the prenatal and lactation period is considered a serious public health problem. In Brazilian Amazon region, this type of contamination represents a important concern due to the local population's diet being based on the intake of fish, largely contaminated by methylmercury (MeHg). Research has demonstrated the benefits of a healthy, high-quality diet, such as foods rich in antioxidant substances (FSA), in preventing oxidative stress caused by chronic exposure to MeHg. Therefore, the hypothesis raised in this study was that nutritional supplementation based on antioxidant substances during the gestational period can help reduce serum MeHg levels and, thus, contribute to alleviating possible health problems for the mother and baby. The objective of this article was to describe the effects of nutritional supplementation with antioxidant substances on pregnant women exposed to mercury in Brazilian Amazon from

2019 to 2023. This is a Systematic Literature Review (SLR). The research for articles was carried out in three databases: LILACS, PubMed and SciELO, using the advanced search option for articles published in any language in the last five years. The study found no articles on the effects of nutritional supplementation with antioxidant substances in pregnant women exposed to Hg in the Brazilian Amazon. This finding reinforces the need to investigate the action of antioxidant substances during pregnancy in women chronically exposed to Hg in the Legal Amazon.

**Keywords:** mercurial poisoning, methylmercury, pregnancy, fetal exposure.

## **RESUMEN**

El mercurio (Hg) es un metal tóxico que puede causar efectos nocivos al sistema nervioso humano. La intoxicación por Hg durante los períodos prenatal y de lactancia se considera un grave problema de salud pública. En la región amazónica brasileña, este tipo de contaminación es una preocupación particularmente importante debido a que la dieta de la población local se basa en el consumo de pescado, el cual está ampliamente contaminado con metilmercurio (MeHg). La investigación ha demostrado los beneficios de una dieta saludable y de alta calidad, como alimentos ricos en antioxidantes, para prevenir el estrés oxidativo causado por la exposición crónica al MeHg. Por lo tanto, la hipótesis planteada en este estudio fue que la suplementación nutricional basada en antioxidantes durante el embarazo puede ayudar a reducir los niveles séricos de MeHg y, por lo tanto, contribuir a mitigar posibles problemas de salud para la madre y el bebé. El objetivo de este artículo fue describir los efectos de la suplementación nutricional con sustancias antioxidantes en mujeres embarazadas expuestas al Hg en la Amazonía brasileña de 2019 a 2023. Esta es una Revisión Sistemática de la Literatura (RSL). La búsqueda de artículos se realizó en tres bases de datos: LILACS, PubMed y SciELO, utilizando la opción de búsqueda avanzada para artículos publicados en cualquier idioma en los últimos cinco años. El estudio no encontró artículos sobre los efectos de la suplementación nutricional con sustancias antioxidantes en mujeres embarazadas expuestas al Hg en la Amazonia brasileña. Este hallazgo refuerza la necesidad de investigar la acción de las sustancias antioxidantes durante el embarazo en mujeres expuestas crónicamente al Hg en la Amazonia Legal.

**Palabras clave:** intoxicación por mercurio, metilmercurio, el embarazo, exposición fetal.

## **1 INTRODUÇÃO**

O mercúrio (Hg) é um elemento químico altamente tóxico ao homem e ao meio ambiente (Bjørklund *et al.*, 2017; Gonçalves; Gonçalves, 2004). Na natureza, o Hg pode se apresentar em diversas formas físicas e químicas, entre elas a forma elementar, sais inorgânicos e compostos orgânicos (Clarkson; Vyas; Ballatori, 2007; Franco, 2009). Os solos na bacia amazônica são importantes reservatórios naturais de Hg, sendo estimado cerca de 97% do Hg na região de origem natural (Roulet *et al.*, 1998). Contudo, a intensificação das atividades humanas, como a garimpagem do ouro (ALMEIDA *et al.*, 2005; LACERDA, 1997; LACERDA; MALM, 2008;

SANTOS *et al.*, 2003), o desmatamento, a exploração dos solos e a construção de hidroelétricas na região, tem sido associada ao aumento da incorporação desse metal pesado nos sistemas ecológicos (Brito *et al.*, 2017; Grotto *et al.*, 2010; Gurjão *et al.*, 2010; Roulet *et al.*, 1998).

O metilmercúrio (MeHg), a forma química de Hg mais tóxica para seres vivos, tem a capacidade de bioacumulação e biomagnificação ao longo da cadeia trófica (Almeida *et al.*, 2005; Crespo-López *et al.*, 2005; Gurjão *et al.*, 2010; Hacon *et al.*, 2009; Paula, 2006). Segundo Clarkson (1997) e Padovani, Forsberg e Pimentel (1995), enquanto os corpos d'água recebem cargas de Hg naturalmente por meio da precipitação e da lixiviação dos solos, sendo, posteriormente, convertido em MeHg devido a ação de microrganismos aquáticos. Essa forma química tende a bioacumular na cadeia trófica, atingindo maiores concentrações em peixes predadores.

O consenso da literatura científica afirma que a exposição humana ao Hg ocorre por meio do consumo de peixes, amálgamas dentais e vacinas (Bjørklund *et al.*, 2017; Clarkson, 1997; Clarkson; Magos; Myers, 2003; Franco, 2009; Gonçalves; Gonçalves, 2004; Roulet *et al.*, 1998). Na Amazônia, no entanto, estudos têm demonstrado o aumento dos níveis de Hg presentes nos peixes da região, tornando-os a principal fonte de contaminação humana, uma vez que a dieta das comunidades ribeirinhas e indígenas se baseia na ingestão desse tipo de proteína animal (Brito *et al.*, 2017; Franco, 2009; Grotto *et al.*, 2010; Roulet *et al.*, 1998).

O Ministério da Saúde (MS) estabelece que o limite máximo de Hg em alimentos é de 1,00 mg/kg (Brasil, 2013) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda que os níveis de mercúrio aceitáveis em humanos seja até 10 µg/L (Nevado *et al.*, 2010; WHO, 2021). Com efeito, diversos estudos têm verificado níveis de Hg em populações amazônicas acima do valor de referência (Bastos *et al.*, 2006; Gonçalves; Gonçalves, 2004; Hacon *et al.*, 2009; Lacerda; Malm, 2008; Nevado *et al.*, 2010; Sá *et al.*, 2006).

Valores elevados de MeHg no corpo humano estão relacionados aos mecanismos de neurotoxicidade, incluindo o aumento da produção de radicais livres, causadores do estresse oxidativo, o que poderia resultar em complicações de saúde em médio e longo prazo (Bjørklund *et al.*, 2017; Franco, 2009; Grotto *et al.*, 2010). Nesse contexto, as gestantes representam um grupo de risco, dado que o desenvolvimento fetal pode se tornar comprometido por alterações induzidas pelo Hg (Bjørklund *et al.*, 2017; Faial *et al.*, 2015; Franco, 2009; Rodrigues, 2020).

A região amazônica exibe uma grande variedade de frutos ricos em polifenóis da classe

dos flavonoides, como as espécies Açaí (*Euterpe oleracea*) e Camu Camu (*Myrciaria dubia*), ambas com altos teores de epicatequinas, epigallocatequinas e antocianinas (Bem, 2012; Cedrim; Barros; Nascimento, 2018; Machado, 2017). Pesquisas científicas afirmam que uma dieta rica em substâncias antioxidantes, contendo elevados teores de polifenóis, sobretudo, os da classe dos flavonoides, conhecidas como antocianinas, podem aumentar a proteção contra muitas doenças metabólicas (CEDRIM; BARROS; NASCIMENTO, 2018). Alguns frutos amazônicos com propriedades antioxidantes podem formar complexos com metais reativos, retardando ou diminuindo o processo de absorção desses tóxicos pelo trato gastrointestinal (Machado, 2017).

No entanto, pouco se sabe sobre os efeitos neuroprotetores da ingestão de fontes de substâncias antioxidantes em gestantes e ainda são poucas as pesquisas que investigaram a correlação entre o estresse oxidativo e as populações expostas ao Hg, especialmente, aquelas que residem em regiões com exposição humana crônica (Grotto *et al.*, 2010). Dessa forma, a presente estudo se justifica devido o MeHg ser considerado uma ameaça global à saúde humana, sobretudo, para mulheres grávidas inseridas num contexto de vulneráveis socioeconômicas, as quais possuem comprovadamente dificuldades de acesso aos serviços de saúde pelo Sistema Único de Saúde (SUS).

Assim, o objetivo desse artigo foi descrever os efeitos da suplementação nutricional com substâncias antioxidantes em gestantes expostas ao Hg na Amazônia brasileira nos anos 2019 a 2024.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

O Hg é um elemento químico altamente tóxico, cuja exposição crônica está amplamente documentada na literatura científica por autores clássicos como Clarkson (1997), Magos e Myers (2003), que destacam os impactos neurotóxicos do MeHg no desenvolvimento fetal. A capacidade do MeHg em atravessar a barreira placentária e provocar lesões no sistema nervoso central durante o período gestacional foi amplamente discutida por Grandjean *et al.* (1997), que correlacionaram níveis elevados de MeHg no sangue materno a déficits cognitivos em recém-nascidos.

Na região amazônica, a contaminação por Hg decorre, em grande parte, do consumo de peixes contaminados (Almeida *et al.*, 2005; Hacon *et al.*, 2009). De acordo com Roulet *et al.*

(1998), os ecossistemas amazônicos atuam como reservatórios naturais de mercúrio, mas atividades antrópicas, como a garimpagem de ouro, intensificam a liberação de MeHg, aumentando a bioacumulação nas cadeias tróficas.

A literatura consolidada também aponta que a suplementação com substâncias antioxidantes pode exercer um efeito neuroprotetor, minimizando os danos oxidativos provocados pela exposição a metais pesados (Franco, 2009; Grotto *et al.*, 2010). Estudos realizados por Bem (2012) e Cedrim, Barros e Nascimento (2018) evidenciam que frutos amazônicos ricos em flavonoides, como o açaí e o camu camu, possuem propriedades antioxidantes capazes de reduzir os níveis de radicais livres e diminuir os danos oxidativos associados à exposição ao MeHg.

Clarkson e Magos (2006) reafirmam que a toxicidade do Hg é amplificada em contextos de vulnerabilidade socioeconômica, como as comunidades ribeirinhas da Amazônia, onde o acesso a alimentos antioxidantes e serviços de saúde é limitado. Por isso, a investigação dos efeitos da suplementação antioxidante em gestantes expostas ao mercúrio torna-se uma questão emergente no contexto amazônico.

Entretanto, apesar das evidências sobre os efeitos benéficos das substâncias antioxidantes na mitigação dos danos provocados pelo MeHg, a literatura específica sobre gestantes na Amazônia permanece limitada (Grotto *et al.*, 2010; Franco, 2009). Assim, faz-se necessária a condução de estudos que articulem a suplementação nutricional com a redução dos níveis séricos de MeHg, especialmente em populações expostas cronicamente ao Hg.

A revisão de literatura conduzida por Bjørklund *et al.* (2017) destaca que a exposição crônica ao Hg pode intensificar o estresse oxidativo, um processo que resulta no aumento da produção de radicais livres e na diminuição das defesas antioxidantes do organismo. Esse mecanismo é particularmente preocupante durante a gestação, pois pode comprometer o desenvolvimento fetal e induzir danos irreversíveis ao sistema nervoso central (Grandjean *et al.*, 1997). Nesse sentido, o uso de substâncias antioxidantes, como a vitamina E e os polifenóis, tem sido investigado como uma estratégia potencial para reduzir os níveis de estresse oxidativo induzidos pelo MeHg (Franco, 2009).

Além disso, Franco (2009) sugere que o consumo regular de alimentos antioxidantes pode atuar não apenas na redução do estresse oxidativo, mas também na modulação da expressão gênica de enzimas antioxidantes, como a glutatona peroxidase e a superóxido dismutase. Esses

efeitos protetores podem ser particularmente relevantes em gestantes da Amazônia, onde o risco de exposição ao MeHg é exacerbado pelo consumo frequente de peixes contaminados (Almeida *et al.*, 2005; Grotto *et al.*, 2010). Dessa forma, a presente pesquisa propõe investigar a efetividade da suplementação antioxidante como uma intervenção potencial para mitigar os efeitos neurotóxicos do Hg durante a gestação.

### 3 METODOLOGIA

Foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). A pesquisa dos artigos foi realizada em três bases de dados: Literatura Latino-Americana em Ciências da Saúde (LILACS), Scientific Electronic Library Online (SciELO) e PubMed, utilizando a opção de busca avançada. Os critérios de inclusão foram: 1) Artigos que abordavam a temática do estudo; 2) Artigos publicados em qualquer idioma; 3) Artigos publicados indexados em periódicos revisados por pares; 4) Artigos disponíveis em textos completos e 5) Artigos publicados nos últimos cinco anos (2019-2024).

Os descritores usados na busca dos artigos foram: “Mercúrio”, “Gravidez”, “Intoxicação Mercurial” e “Exposição Fetal”. Foram usados, primeiramente, os descritores “Mercúrio” *OR* “Intoxicação Mercurial” *AND* “Gravidez” *OR* “Gestação” *AND* “Antioxidante” em cada uma das bases de dados, por meio da pesquisa truncada com auxílio dos operadores booleanos *AND* e *OR*, porém não se obtiveram resultados (Quadro 1).

Quadro 1 – Quantidade de artigos encontrados na primeira busca realizada nas bases de dados selecionadas.

Base de Dados	DeCS	Qtde. de artigos encontrados na primeira busca
LILACS	Mercúrio <i>OR</i> Intoxicação Mercurial <i>AND</i> Gravidez <i>OR</i> Gestação <i>AND</i> Antioxidante	0
SciELO	Mercúrio <i>OR</i> Intoxicação Mercurial <i>AND</i> Gravidez <i>OR</i> Gestação <i>AND</i> Antioxidante	0
PubMed	Mercúrio <i>OR</i> Intoxicação Mercurial <i>AND</i> Gravidez <i>OR</i> Gestação <i>AND</i> Antioxidante	0

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Apenas quando utilizados os descritores “Mercúrio” *AND* “Gravidez” nas bases de dados LILACS e SciELO, e “Intoxicação Mercurial” *AND* “Gravidez” *AND* “Exposição Fetal” obtiveram-se os resultados apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Quantidade de artigos encontrados na segunda busca realizada nas bases de dados selecionadas.

Base de Dados	DeCS	Qtde. de artigos encontrados na segunda busca
LILACS	Mercury <i>and</i> Pregnancy	27
SciELO	Mercury <i>and</i> Pregnancy	14
PubMed	Intoxicação Mercurial <i>and</i> Gravidez <i>and</i> exposição fetal	15
<b>Total</b>		56

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Posteriormente, foi realizada a leitura dos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos encontrados, sendo excluídos 09 resultados da plataforma LILACS (uma tese e 8 artigos não disponíveis) e 01 artigo na plataforma SciELO por ser uma duplicata, restando 46 artigos a serem analisados. Em seguida, houve a leitura completa e minuciosa dos textos, selecionando-se 11 artigos para compor o escopo final da pesquisa, conforme apresentado no Quadro 3, a seguir.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Quadro 3 – Síntese dos artigos levantados na pesquisa bibliográfica.

LILACS				
N.	Autores	Título do Artigo	Periódico	Ano
1	CORTÉS-A., S. <i>et al.</i>	Exposición a contaminantes provenientes de termoelectricas a carbón y salud infantil: ¿Cuál es la evidencia internacional y nacional?	Revista Chilena de Pediatría	2019
2	VALBUENA-RODRÍGUEZ, S.; NAVARRO-RAMÍREZ, M. A.	Mercurio total en bague rayado y bocachico del río Meta, Colombia	Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica	2021
3	CARDOSO, F. C. <i>et al.</i>	Consumo de peixes e exposição pré-natal ao mercúrio na região do Xingu-PA.	Revista Eletrônica Acervo Saúde	2022
4	CARDOSO, E. F. dos S. <i>et al.</i>	Revisão Integrativa: concentrações acumulativas do mercúrio em gestante e recém-nascido através do consumo de peixe.	Revista Científica Multidisciplinar	2023
5	TAPIA, D. E. <i>et al.</i>	Mercury and neurodevelopmental disorders in children: Systematic Review	Arch. Argent. Pediatr.	2023
SciELO				
6	MUSTRA, C. <i>et al.</i>	Influência do metilmercúrio no crescimento e desenvolvimento fetal	Acta Portuguesa de Nutrição	2021
7	DANTAS, A. O. <i>et al.</i>	Maternal Mercury Exposure and Hypertensive Disorders of Pregnancy: A Systematic Review	Rev. Bras. Ginecol. Obstet.	2022
PubMed				
8	NAKAYAMA, S. F. <i>et al.</i>	Blood mercury, lead, cadmium, manganese and selenium levels in pregnant women and their determinants:	Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology	2019

		the Japan Environment and Children's Study (JECS)		
9	IWAI-SHIMADA, M. <i>et al.</i>	Exposure profile of mercury, lead, cadmium, arsenic, antimony, copper, selenium and zinc in maternal blood, cord blood and placenta: the Tohoku Study of Child Development in Japan	Environmental Health and Preventive Medicine	2019
10	JIE, O. <i>et al.</i>	Biomarkers of metal toxicity in embryos in the general population	Journal of Clinical Laboratory Analysis	2019
11	OKUBO, H.; NAKAYAMA, S. F	Periconceptional maternal diet quality influences blood heavy metal concentrations and their effect on low birth weight: the Japan Environment and Children's Study	Environment International	2023

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

O estudo não encontrou artigos sobre os efeitos da suplementação nutricional com substâncias antioxidantes em gestantes expostas ao mercúrio na Amazônia brasileira (2019-2024). Cabe ressaltar também a baixa quantidade de artigos sobre os efeitos do Hg em gestantes amazônidas, sendo esta a temática central a ser pesquisada neste estudo. Contudo, optou-se por permanecer com tal objetivo, uma vez que este trabalho faz parte de uma tese de doutoramento. Ademais, esta constatação reforça a necessidade de investigar a ação das substâncias antioxidantes durante a gestação de mulheres em exposição crônica ao Hg na Amazônia Legal.

Assim, o escopo final desta revisão sistemática contou com artigos cuja temática enfatiza os efeitos do Hg na gravidez destacando a ação desse metal no desenvolvimento fetal e na saúde da gestante. O Quadro 4 apresenta a síntese dos resultados encontrados na pesquisa bibliográfica.

Quadro 4 – Síntese dos principais resultados levantados nos artigos consultados.

LILACS			
Autores/Ano	Título do Artigo	Periódico	Principais Resultados
CORTÉS-A., S. <i>et al.</i> (2019).	Exposición a contaminantes provenientes de termoeléctricas a carbón y salud infantil: ¿Cuál es la evidencia internacional y nacional?	Revista Chilena de Pediatría.	A exposição a emissões de usinas termelétricas a carvão (CTE) com alto teor de carbono está associada a crianças com baixo peso ao nascer, menor estatura, menor perímetro cefálico (CC) e prematuridade; O diâmetro do CC aumentou nos recém-nascidos após a diminuição do CTE. Quocientes de desenvolvimento (CD) e quociente de inteligência (QI) mais baixos foram encontrados em crianças expostas às emissões de carbono CTE em comparação com aquelas não expostas. Viver em áreas com fontes de emissões de mercúrio (associadas a CTE e fábricas de cimento movidas a carbono) está associado a um risco aumentado de autismo.

VALBUENA-RODRÍGUEZ, S.; NAVARRO-RAMÍREZ, M. A. (2021).	Mercurio total en bagre rayado y bocachico del río Meta, Colombia.	Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica.	Todas as amostras analisadas de bocachico e bagre listrado apresentaram contaminação com mercúrio. Porém, esses valores não ultrapassam o valor máximo aceitável (0,5 mgHg/kg). É tão importante determinar o nível de mercúrio nos peixes quanto o índice de risco, pois, neste caso, o cálculo do ih determinou valores maiores que um (1), indicando risco para o seu consumo, por isso deve ser controlar e limitar o consumo de bagre listrado das margens do rio meta a uma ingestão semanal inferior a 700 g, a fim de evitar problemas de saúde gerados pelos efeitos neurotóxicos do metilmercúrio, especialmente em mulheres grávidas, para proteger o feto em treinamento , sem afetar, em maior medida, o seu estilo de vida.
CARDOSO, F. C. <i>et al.</i> (2022).	Consumo de peixes e exposição pré-natal ao mercúrio na região do Xingu-PA.	Revista Eletrônica Acervo Saúde.	A exposição pré-natal ao mercúrio associada ao consumo de peixes na dieta, na região do Xingu é menor que a observada em outros estudos realizados na Amazônia, porém, as evidências de contaminação de peixes na região sugerem que essas mulheres necessitam ser acompanhadas periodicamente.
CARDOSO, E. F. dos S. <i>et al.</i> (2023).	Revisão Integrativa: concentrações acumulativas do mercúrio em gestante e recém-nascido através do consumo de peixe.	RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar.	Os estudos demonstram a possibilidade de as gestantes consumidoras de pescado apresentarem exposição acumulativa do mercúrio durante a sua vida pregressa e a permanência durante a gestação. Além disso, foram observados níveis superiores de Hg ao recomendado pelas agências reguladoras; reiterando que o peixe, embora essencial para obtenção de proteínas e outros nutrientes, é a principal forma de exposição ao metal tóxico. Nas avaliações do RN não foram encontrados redução de peso e comprimento ao nascer.
TAPIA, D. E. <i>et al.</i> (2023).	Mercury and neurodevelopmental disorders in children: Systematic Review.	Arch. Argent. Pediatr.	Os estudos demonstraram que as evidências sobre os efeitos da exposição ao mercúrio e dos distúrbios do desenvolvimento neurológico em crianças são limitadas. Dificuldades de aprendizagem, autismo e transtorno de déficit de atenção e hiperatividade foram alguns dos efeitos potenciais relatados.
<b>SciELO</b>			
MUSTRA, C. <i>et al.</i> (2021).	Influência do metilmercúrio no crescimento e desenvolvimento fetal	Acta Portuguesa de Nutrição	Parece haver uma relação entre o consumo de peixe e os níveis de metilmercúrio no organismo, o que está associado a deficiências cognitivas em crianças cujos longos períodos de tempo estão excessivamente expostos a este elemento. Portanto, o peixe é também uma importante fonte de diversos nutrientes essenciais, proteínas, vitaminas, minerais e ácidos

			graxos com efeito protetor contra a exposição ao mercúrio. É necessário fornecer às gestantes conhecimentos sobre o impacto do mercúrio no crescimento e desenvolvimento fetal, bem como suas principais fontes. É importante sensibilizar para o consumo de peixes pequenos e de baixo nível trófico, tendo em conta os seus benefícios para a saúde materna e fetal e respetivos riscos de contaminação.
DANTAS, A. O. <i>et al.</i> (2022).	Maternal Mercury Exposure and Hypertensive Disorders of Pregnancy: A Systematic Review	Rev. Bras. Ginecol. Obstet.	Embora o Hg seja um metal tóxico amplamente difundido e a gravidez seja um período de maior suscetibilidade a ameaças ambientais e risco cardiovascular. No geral, esta revisão mostrou resultados mistos, com dois estudos relatando uma associação positiva no grupo com maior exposição. Porém, devido à importância do assunto, são necessários estudos adicionais para elucidar os efeitos do Hg na HDP, com especial atenção ao ajuste do confundimento negativo.
<b>PubMed</b>			
NAKAYAMA, S. F. <i>et al.</i> (2019).	Blood mercury, lead, cadmium, manganese and selenium levels in pregnant women and their determinants: the Japan Environment and Children's Study (JECS)	Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology	As distribuições das concentrações sanguíneas de Hg, Pb, Cd, Mn e Se em mulheres grávidas japonesas. Os níveis sanguíneos de Pb diminuíram de 5 a 10 vezes nos últimos 25 anos no Japão, assim como em outros países desenvolvidos. Os principais preditores do nível sanguíneo de cada elemento foram o consumo de peixe para Hg, a idade materna e o consumo de bebidas não alcoólicas para Pb, a idade materna e o tabagismo para Cd, a idade gestacional na aMUSTRAgem para Mn e os níveis de proteína sérica para Se.
IWAI-SHIMADA, M. <i>et al.</i> (2019).	Exposure profile of mercury, lead, cadmium, arsenic, antimony, copper, selenium and zinc in maternal blood, cord blood and placenta: the Tohoku Study of Child Development in Japan	Environmental Health and Preventive Medicine	Fortes correlações foram observadas entre THg (e MeHg) no sangue materno e do cordão umbilical. Os níveis de THg e Sb no sangue do cordão umbilical foram duas vezes maiores que os do sangue materno. A concentração de THg no sangue do cordão umbilical foi associada com alguns déficits neurocomportamentais e neurofisiológicos em crianças. Para compreender os efeitos da exposição pré-natal, são necessárias mais pesquisas sobre as variações da transferência placentária de elementos.
JIE, O. <i>et al.</i> (2019).	Biomarkers of metal toxicity in embryos in the general population	Journal of Clinical Laboratory Analysis	A maioria dos estudos existentes tem preocupação apenas com populações com exposição ocupacional ou que usaram avaliações de exposição ecológica; evidências de nível individual e de nível inferior a exposições crônicas do "mundo real" a metais tóxicos que suportam os efeitos adversos na gravidez e a

			embriotoxicidade ainda são limitadas. Atualmente, apesar das evidências crescentes da embriotoxicidade associada ao mercúrio numa série de modelos animais, há escassez de dados sobre o impacto do mercúrio nos seres humanos.
OKUBO, H.; NAKAYAMA, S. F. (2023).	Periconceptional maternal diet quality influences blood heavy metal concentrations and their effect on low birth weight: the Japan Environment and Children's Study	Environment International	Embora todos os metais pesados avaliados tenham sido positivamente associados ao risco de Baixo Peso ao Nascer (BPN), uma pontuação mais elevada na dieta materna equilibrada foi negativamente associada ao risco de BPN. Uma dieta materna de alta qualidade atenuou o efeito do Pb no BPN, um efeito que foi mais acentuado em concentrações elevadas de Pb no sangue. Uma dieta “bem balanceada” de alta qualidade antes da concepção pode reduzir a exposição a alguns metais pesados e mitigar o risco elevado de BPN associado à exposição pré-natal ao Pb em pares mãe-filho japoneses. Contudo, uma melhor compreensão da influência da dieta geral, incluindo combinações complexas de alimentos e nutrientes e padrões reais de consumo diário, sobre o efeito dos metais pesados é necessária.

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Como pode-se verificar no quadro acima, a principal fonte de exposição humana ao MeHg é o consumo de peixe. Na Amazônia, o peixe consiste na proteína animal mais consumida pelas populações tradicionais da região (Cardoso *et al.*, 2023). A grande preocupação com a contaminação mercurial proveniente do consumo de pescado contaminado está relacionada aos efeitos “neurotóxicos do metilmercúrio, especialmente em mulheres grávidas, para proteger o feto” durante o desenvolvimento fetal (Valbuena-Rodríguez; Navarro-Ramírez, 2021, p. 7).

Mustra *et al.* (2021), corroboram com esta informação afirmando que as deficiências cognitivas em crianças expostas ao MeHg por longos períodos de tempos são decorrentes do consumo de peixe contaminado. Nakayama *et al.* (2019), também detectaram que os principais preditores do nível sanguíneo de Hg esteve associado ao consumo de peixe.

Para Cardoso *et al.* (2022, p. 6), as evidências de contaminação de peixes na região do Xingu: “sugerem que mulheres necessitam ser acompanhadas periodicamente” desde o pré-natal até a fase da amamentação. Isso porquê, segundo Tapia *et al.* (2023), existem poucas evidências sobre os efeitos deletérios da exposição ao Hg em crianças, porém algumas dificuldades de

aprendizagem, autismo e transtorno de déficit de atenção e hiperatividade são descritos como potenciais causas desta exposição.

Em vista disso, Iwai-Shimada *et al.* (2019), verificaram fortes correlações entre os níveis Mercúrio Total (THg) e MeHg no sangue materno e no cordão umbilical, indicando exposição fetal a esse metal tóxico ao longo da gestação. Conforme estes pesquisadores, a concentração de THg no sangue do cordão umbilical encontra-se associada a alguns déficits neurocomportamentais e neurofisiológicos em crianças. Por sua vez, Cortés *et al.* (2019) constataram que as emissões de mercúrio associadas às emissões de usinas termelétricas a carvão (CTE) e fábricas de cimento movidas a carbono são capazes de aumentar o risco de autismo.

Enquanto isso, Dantas *et al.* (2022) encontraram poucos estudos relatando a associação positiva entre a gravidez e o Hg. Jie *et al.* (2019), concordam com esta afirmação ao afirmar que apesar das crescentes evidências da embriotoxicidade correlacionada ao Hg, ainda existe uma escassez de pesquisas que forneçam dados consistentes para elucidar os impactos desse metal pesado à saúde humana, sobretudo, na fase gestacional.

Embora o presente estudo não tenha encontrado artigos que evidenciassem os efeitos da suplementação nutricional com substâncias antioxidantes em gestantes expostas ao mercúrio na Amazônia brasileira, alguns autores sugerem que a dieta materna de alta qualidade seja responsável por atenuar os efeitos tóxicos do Hg. Okubo e Nakayama (2023, p. 2), constataram que a: “nutrição materna ideal antes e durante a gravidez para a saúde fetal é agora bem reconhecida”. Para estes autores:

A dieta “bem balanceada” de alta qualidade antes da concepção pode reduzir a exposição a alguns metais pesados e mitigar o risco elevado de BPN associado à exposição pré-natal ao chumbo (Pb) em pares mãe-filho japoneses (Okubo; Nakayama, 2023, p. 7).

Desse modo, supõe-se nesta pesquisa que a temática de investigação primariamente estabelecida não pode ser descartada, ao contrário, reforça-se a necessidade de realização de mais estudos que enfatizem os impactos da nutrição materna diante da exposição crônica aos metais pesados, principalmente, com relação à contaminação de gestantes por MeHg na região amazônica, uma vez que a toxicidade do Hg encontrar-se fortemente correlacionado ao consumo do pescado, a fonte primordial de alimentação das populações tradicionais dessa região.

## 5 CONCLUSÃO

O artigo evidenciou que a contaminação por Hg, mais precisamente por sua forma tóxica o Metilmercúrio, ocorre principalmente por meio do consumo de peixe, sendo considerada uma exposição crônica a este metal pesado. Apesar de existirem poucas evidências que esclareçam os efeitos neurotóxicos do Hg em crianças e neonatos, já está bem estabelecida a correlação positiva entre alguns transtornos do desenvolvimento e a exposição ao MeHg.

A exposição fetal ao MeHg é um grave problema de saúde pública, uma vez que a embriotoxicidade correlacionada ao Hg tem aumentado as chances de crianças nascerem com algum déficit neurocomportamental e neurofisiológico. Este estudo detectou uma escassez de pesquisas que buscassem esclarecer os impactos do Hg à saúde materna na fase gestacional, bem como não foi possível encontrar investigações que confirmassem os efeitos da suplementação nutricional com substâncias antioxidantes em gestantes expostas ao mercúrio na Amazônia brasileira.

Contudo, alguns achados sugerem que a dieta de alta qualidade na gestação impacte positivamente na atenuação dos efeitos deletérios da exposição crônica a metais tóxicos como o Hg. Esse dado se torna promissor, já que o presente artigo não encontrou trabalhos que enfatizassem a ação neuroprotetora das substâncias antioxidantes em gestantes, reforçando a necessidade de investigar essa temática, sobretudo, na região amazônica, que se torna cada vez mais ameaçada pela garimpagem ilegal, sendo esta uma das formas mais recorrentes de contaminação mercurial dos ambientes aquáticos na região.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. D. *et al.* Mercury loss from soils following conversion from forest to pasture in Rondônia, Western Amazon, Brazil. **Environmental Pollution**, v. 137, n. 2, p. 179–186, set. 2005.
- BASTOS, W. R. *et al.* Mercury in the environment and riverside population in the Madeira River Basin, Amazon, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 368, n. 1, p. 344–351, 1 set. 2006.
- BEM, Grazielle Freitas de. **Efeito protetor do extrato hidroalcoólico de *Euterpe oleracea* Mart. (Açaí) nas alterações renais, cardiovasculares e metabólicas induzidas pela restrição protéica materna durante a gestação.** 2012. 99f. Dissertação (Mestrado em Biociências) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- BJØRKLUND, G. *et al.* The toxicology of mercury: Current research and emerging trends. **Environmental Research**, v. 159, 2017.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução - RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013.** 2013. Disponível em: <[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0042\\_29\\_08\\_2013.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0042_29_08_2013.html)>. Acesso em: 30 ago. 2022.
- BRITO, B. C. *et al.* The influence of inundation and lake morphometry on the dynamics of mercury in the water and plankton in an Amazon floodplain lake. **Hydrobiologia**, v. 790, n. 1, p. 35–48, 1 abr. 2017.
- CARDOSO, E. F. dos S. Revisão Integrativa: concentrações acumulativas do mercúrio em gestante e recém-nascido através do consumo de peixe. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4, n. 3, 2023.
- CARDOSO, F. C. Consumo de peixes e exposição pré-natal ao mercúrio na região do Xingu-PA. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 15, n. 9, 2022.
- CEDRIM, P. C. A. S.; BARROS, E. M. A.; NASCIMENTO, T. G. Antioxidant properties of acai (*Euterpe oleracea*) in the metabolic syndrome. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2018.
- CLARKSON, T. W. The Toxicology of Mercury. **Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences**, v. 34, n. 3, p. 369-403, 1997.
- CLARKSON, T. W.; MAGOS, L.; MYERS, G. J. The Toxicology of Mercury - Current Exposures and Clinical Manifestations. **The new england journal of medicine**, v. 349, n. 18, 2003.
- CLARKSON, T. W.; VYAS, J. B.; BALLATORI, N. Mechanisms of mercury disposition in the body. American Journal of Industrial Medicine. **American Journal of Industrial Medicine**, v. 50, p. 757-764, 2007.

CORTÉS-A., S. *et al.* Exposición a contaminantes provenientes de termoeléctricas a carbón y salud infantil: ¿Cuál es la evidencia internacional y nacional? **Revista Chilena de Pediatría**, v. 90, n. 1, p.: 102-114, 2019.

CRESPO-LÓPEZ, M. E. *et al.* Mercurio y neurotoxicidad. **Revista de Neurología**, v. 40, n. 07, p. 441-447, 2005.

DANTAS, A. O. *et al.* Maternal Mercury Exposure and Hypertensive Disorders of Pregnancy: A Systematic Review. **Rev. Bras. Ginecol. Obstet.**, v. 44, n. 12, p.: 1126–1133, 2022.

FAIAL, K. *et al.* Mercury levels assessment in hair of riverside inhabitants of the Tapajós River, Pará State, Amazon, Brazil: Fish consumption as a possible route of exposure. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 30, p. 66–76, 1 abr. 2015.

FRANCO, J L. **O sistema antioxidante da glutatona como alvo molecular na neurotoxicidade induzida por Mercúrio:** efeitos protetores de compostos naturais. 2009. 144f. Tese (Doutorado em Neurociências) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Florianópolis, fevereiro de 2009.

GONÇALVES, A.; GONÇALVES, N. N. S. Exposição humana ao mercúrio na Amazônia brasileira: uma perspectiva histórica. **Revista Panamericana de Salud Pública/Pan Am J Public Health**, v. 15, n. 2, 2004.

GRANDJEAN, P. *et al.* Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. **Neurotoxicology and Teratology**, v. 19, n. 6, p. 417-428, 1997.

GROTTO, D. *et al.* Mercury exposure and oxidative stress in communities of the Brazilian Amazon. **Science of the Total Environment**, v. 408, n. 4, p. 806–811, 15 jan. 2010.

GURJÃO, R. S. *et al.* Comportamento do Mercúrio em perfis de solos do Sítio Ilha de Terra - Caxiuanã, Pará. **Química Nova**, v. 33, n. 4, 821-826, 2010.

HACON, S. *et al.* Um panorama dos estudos sobre contaminação por mercúrio na Amazônia Legal no período de 1990 a 2005- Avanços e Lacunas. **Geochimica Brasiliensis**, v. 23, n. 1, p. 029-048, 2009.

IWAI-SHIMADA, M. *et al.* Exposure profile of mercury, lead, cadmium, arsenic, antimony, copper, selenium and zinc in maternal blood, cord blood and placenta: the Tohoku Study of Child Development in Japan. **Environmental Health and Preventive Medicine**, v. 24, n. 35, 2019.

LACERDA, L. D. Contaminação por mercúrio no Brasil: fontes industriais vs garimpo de ouro. **Revista Química Nova**, v. 20, n. 2, p. 196–199, 1997.

LACERDA, L. D.; MALM, O. Contaminação por mercúrio em ecossistemas aquáticos: uma análise das áreas críticas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, 2008.

MACHADO, C L R. **Estado nutricional de populações expostas ao mercúrio: o estudo observacional de coorte nas regiões do rio Tapajós e Tucuui.** 2017. 106f. Dissertação (Mestrado em Neurociências e Biologia Celular) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Belém, 2017.

MUSTRA, C. *et al.* Influência do Metilmercúrio no crescimento e desenvolvimento fetal. **Acta Portuguesa de Nutrição**, v. 26, p.: 70-73, 2021.

NAKAYAMA, S. F. Blood mercury, lead, cadmium, manganese and selenium levels in pregnant women and their determinants: the Japan Environment and Children's Study (JECS). **Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology**, v. 29, p.: 633–647, 2019.

NAKAYAMA, S. F. *et al.* Blood mercury, lead, cadmium, manganese and selenium levels in pregnant women and their determinants: the Japan Environment and Children's Study (JECS). **Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology**, v. 29, p.: 633–647, 2019.

NEVADO, J. J. B. *et al.* Mercury in the Tapajós River basin, Brazilian Amazon: A review. *Environment International*. **Environment International**, v. 36, p. 593–608, 2010.

OKUBO, H.; NAKAYAMA, S. F. Periconceptional maternal diet quality influences blood heavy metal concentrations and their effect on low birth weight: the Japan Environment and Children's Study. **Environment International**, v. 173, 2023.

PADOVANI, C. R.; FORSBERG, B. R.; PIMENTEL, T. P. Contaminação mercurial em peixes do rio Madeira: resultados e recomendações para consumo humano. **ACTA amazônica**, v. 25, n. ½, p. 127-136. 1995.

PAULA, M. Inimigo invisível: metais pesados e a saúde humana. **Revista Tchê Química**, v. 3, n. 6, p. 37–44, 2006.

RODRIGUES, Keuri Eleutério. **O extrato aquoso de Coriandrum sativum L. promove neuroproteção contra alterações motoras e danos oxidativos na progênie de ratas expostas ao Metilmercúrio.** 2020. 70f. Tese (Doutorado em Neurociências e Biologia Celular) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2020.

ROULET, M. *et al.* Distribution and partition of total mercury in waters of the Tapajós River basin, Brazilian Amazon. **Sci Total Environ**, v. 213, Issues 1–3, pp. 203-211, 1998.

SÁ, A. L. *et al.* Exposição humana ao mercúrio na região oeste do estado do Pará. **Revista Paraense de Medicina**, v. 20, n. 1, janeiro – março, 2006.

SANTOS, E. C. O. *et al.* Exposição ao mercúrio e ao arsênio em Estados da Amazônia: síntese dos estudos do Instituto Evandro Chagas/FUNASA. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 6, n. 2, p. 171-185, 2003.

TAPIA, D. E. Mercury and neurodevelopmental disorders in children: A systematic review. **Arch. Argent. Pediatr.**, v. 121, n. 5, p.: e202202838, 2023.

VALBUENA-RODRÍGUEZ, S.; NAVARRO-RAMÍREZ, M. A. Mercurio total en bagre rayado y bocachico del río Meta, Colombia. **Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica**, v. 24, n. 2, p. e1880, julio-diciembre, 2021.

WHO. World Health Organization. **Minamata convention on mercury**: annotated bibliography of WHO information. 2021. Disponível em: <<https://www.who.int/publications/i/item/9789240022638>>. Acesso em: 30 ago. 2022.

