

FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DA ENGENHARIA
NÚCLEO DE PESQUISA PARA A PEQUENA MINERAÇÃO RESPONSÁVEL

THAÍS MOTTA VEIGA

**PANORAMA NACIONAL DA
MINERAÇÃO ARTESANAL E EM PEQUENA ESCALA
DE OURO**

VOLUME V
DIAGNÓSTICO DOS ASPECTOS DE SAÚDE PÚBLICA

SÃO PAULO
JULHO/2024



THAIS MOTTA VEIGA

**PANORAMA NACIONAL DA
MINERAÇÃO ARTESANAL E EM PEQUENA ESCALA
DE OURO**

**VOLUME V
DIAGNÓSTICO DOS ASPECTOS DE SAÚDE PÚBLICA**

Estudo realizado no âmbito do Projeto “Desenvolvimento do Plano de Ação Nacional para a Mineração Artesanal e em Pequena Escala de Ouro no Brasil”, financiado pelo Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF), implementado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e em apoio ao Ministério de Minas e Energia da República Federativa do Brasil.

GEFID 10860 - S1-32GFL-000749
Ctt. 2137 / 4903

SÃO PAULO
JULHO/2024



Projeto Desenvolvimento do Plano de Ação Nacional para a
Mineração Artesanal e em Pequena Escala de Ouro no Brasil

Coordenações do Projeto

Hassan Sohn

Articulação Institucional

Giorgio Francesco Cesare de Tomi

Técnica

Oswaldo Menta Simonsen Nico

Financeira

Carlos Henrique Xavier Araujo

Atividades de Campo

Ébida Rosa Santos

Comunicação

Dione Macedo

Organização e Sistematização

Equipe de Campo

Carlos Henrique Xavier Araujo

Deborah Goldemberg

Januaria Pereira Mello

Carlos Eduardo Porto Andrade

Rodrigo Daniel de Miranda Matos

Geoprocessamento

João Vitor Santos

Apoio Operacional

Elisangela Romanelli Terenci

As opiniões, conclusões, recomendações ou quaisquer afirmações emitidas neste trabalho são de exclusiva e inteira responsabilidade do(s) consultor(es) responsáveis pela sua elaboração, não exprimindo necessariamente a opinião da Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE), ou do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF), ou do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) ou do Ministério de Minas e Energia da República Federativa do Brasil.

Todos os dados e conteúdo escrito do presente relatório estão protegidos pela Licença *Creative Commons* Atribuição Não Comercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0). Os leitores são livres para compartilhar e adaptar o material, mas devem fazer as devidas citações, fornecer um link para o material original e indicar se foram feitas alterações. O material publicado não pode ser utilizado para fins comerciais, nem de forma discriminatória, degradante ou distorcida.

Foto de capa: amálgama na bateia (detalhe). Carlos Eduardo Porto Andrade, Peixoto de Azevedo/MT, 2023.



RESUMO

Este documento apresenta uma revisão bibliográfica sistematizada dos estudos de contaminação humana por mercúrio na Amazônia Legal, para a partir desta estabelecer um panorama atual, identificar as principais lacunas de conhecimento existentes em relação aos principais riscos para a saúde das populações expostas e avaliar a capacidade de resposta dos serviços de saúde pública diante deste problema. A partir daí, são propostas estratégias e recomendações que possam subsidiar a implementação de ações de saúde através do Plano de Ação Nacional nos termos do artigo 7.º e o Anexo C da Convenção de Minamata sobre o Mercúrio na missão de reduzir, controlar e, se possível, eliminar os riscos à saúde das populações expostas ou potencialmente expostas ao mercúrio emitido ou liberado pela extração de ouro pela mineração artesanal e em pequena escala.

Palavras-chaves: garimpo de ouro; mercúrio; Amazônia Legal; contaminação; exposição.

VEIGA, Thais Motta. **Panorama nacional da mineração artesanal e em pequena escala, vol. V: diagnóstico dos aspectos de saúde pública**. São Paulo: FDTE, jul. 2024.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AgPopSUS	Agentes Educadoras e Educadores Populares de Saúde
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CASAI	Casa de Saúde Indígena
CAT	Comunicação de Acidente de Trabalho
CEREST	Centro de Referência em Saúde do Trabalhador
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral
CIATox	Centro de Informação e Assistência Toxicológica
CIEVS	Centro de Informações Estratégicas de Vigilância em Saúde
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CNS	Conselho Nacional da Saúde
CONEP	Comissão Nacional de Ética e Pesquisa
CYS	Cisteína
DSEI	Distrito Sanitário Especial Indígena
EMSI	Equipe Multidisciplinar de Saúde Indígena
EPI	Equipamento de Proteção Individual
E-SIC	Sistema Eletrônico de Informações ao Cidadão
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
GSH	Glutathiona reduzida
Hg	Mercúrio
Hg⁰	Mercúrio elementar
Hg⁺	Mercúrio inorgânico monovalente
Hg²⁺	Mercúrio inorgânico divalente
HgT	Mercúrio Total
Hg_R	Mercúrio gasoso reativo
Hg_P	Mercúrio particulado
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LACEN	Laboratório Central de Saúde Pública
MAPE	Mineração Artesanal e em Pequena Escala
MeHg	Metilmercúrio (mercúrio orgânico)
OMS	Organização Mundial da Saúde
OTCA	Organização do Tratado de Cooperação Amazônica
PAN	Plano de Ação Nacional
PNVS	Política Nacional de Vigilância em Saúde



RAISG	Rede de Informações Socioambientais Georreferenciadas da Amazônia
RP	Razão de Prevalência
SasiSUS	Subsistema de Atenção à Saúde Indígena
SES	Secretaria Estadual de Saúde
SESAI	Secretaria de Saúde Indígena
SIASI	Sistema de Informação da Atenção à Saúde Indígena
SIM	Sistema de Informação sobre Mortalidade
SINAN	Sistema de Informação de Agravos de Notificação
SMS	Secretaria Municipal de Saúde
SNC	Sistema Nervoso Central
SUS	Sistema Único de Saúde
T3	Triiodotironina
T4	Tiroxina
UBS	Unidade Básica de Saúde
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFOPA	Universidade Federal do Oeste do Pará
UFPA	Universidade Federal do Pará
UHE	Usina Hidrelétrica
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UNIR	Universidade Federal de Rondônia
UPA	Unidade de Pronto Atendimento
USEPA	United States Environmental Protection Agency
USP	Universidade de São Paulo
VIGIÁGUA	Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano
VIGISOLO	Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Solo Contaminado
VSA	Vigilância em Saúde Ambiental
VSPem	Vigilância em Saúde de Populações Expostas ao Mercúrio



LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estudos sobre contaminação humana por mercúrio realizados na Amazônia Legal	37
Tabela 2. Horas trabalhadas/dia para o sexo feminino e função ocupacional	117
Tabela 3. Horas trabalhadas/dia para o sexo masculino e função ocupacional.....	119
Tabela 4. Sintomas relatados pelos trabalhadores(as) entrevistados(as) por município.	123
Tabela 5. Doenças relatadas pelos trabalhadores(as) entrevistados(as) por município	125
Tabela 6. Busca de atendimento de saúde <i>versus</i> deslocamento.	134
Tabela 7. Órgãos e unidades de saúde integrantes do SUS que responderam aos questionários do Projeto.....	140
Tabela 8. DSEI que responderam ao questionário do Projeto.	141

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Infográfico dos dados de cobertura e uso da terra do Brasil (1985 – 2022).	26
Figura 2. Quantitativo de estudos sobre contaminação humana por mercúrio por ano de publicação.	45
Figura 3. Distribuição geográfica dos estudos de contaminação humana por mercúrio realizados na Amazônia Legal.	46
Figura 4. Quantitativo de estudos sobre contaminação humana por mercúrio por Unidade de Federação (UF) e Amazônia.	47
Figura 5. Comparativo entre os resultados de contaminação humana por mercúrio e a distribuição das PLG de ouro na Amazônia Legal.	48
Figura 6. Nível médio ($\mu\text{g/g}$) de mercúrio em cabelo em diferentes comunidades da Amazônia.	50
Figura 7. Nível médio ($\mu\text{g/g}$) de exposição ao Hg capilar por gênero da população da Amazônia.	51
Figura 8. Distribuição geográfica comparativa na Amazônia Legal entre as PLG de ouro e os estudos de saúde analisados, considerando as unidades hidrográficas.	66
Figura 9. Número de trabalhadores (sexo masculino) entrevistados pela equipe de campo por grupo etário para a variável nível de ensino.	113
Figura 10. Número de trabalhadores(as) entrevistados(as) pela equipe de campo por sexo e grupo etário para a variável nível de ensino.	114
Figura 11. Número de trabalhadoras entrevistadas (sexo feminino) para a variável nível de ensino.	115
Figura 12. Horas trabalhadas/dia para o sexo feminino e função ocupacional.	116
Figura 13. Horas trabalhadas/dia para os trabalhadores do sexo masculino e função ocupacional.	118
Figura 14. Sintomas relatados pelos trabalhadores(as) entrevistados(as).	121
Figura 15. Quantitativo de registros de sintomas relatados pelos trabalhadores(as) entrevistados(as) por município.	122
Figura 16. Doenças relatadas pelos trabalhadores(as) entrevistados(as).	124
Figura 17. Orientações médicas ou participação em campanhas de saúde dos trabalhadores(as) entrevistados(as).	126
Figura 18. Interesse dos trabalhadores(as) entrevistados(as) em participar de programas de capacitação e treinamentos.	126
Figura 19. Ciência dos trabalhadores(as) entrevistados(as) aos prejuízos do uso do mercúrio à saúde e ao meio ambiente.	127
Figura 20. Ciência dos trabalhadores(as) entrevistados (as) sobre a necessidade do uso do EPI.	127
Figura 21. Infográfico compilando entrevistados (as) e dados de saúde.	128
Figura 22. Trabalhadores(as) entrevistados(as) fumantes, por sexo.	129
Figura 23. Trabalhadores(as) entrevistados(as) que fazem uso de medicamentos.	130
Figura 24. Trabalhadores(as) entrevistados(as) que já foram internados.	130
Figura 25. Trabalhadores(as) entrevistados(as) que já sofreram acidentes de trabalho.	130
Figura 26. Frequência semanal de consumo bebida alcóolica por gênero.	131
Figura 27. Frequência semanal de consumo bebida alcóolica para o sexo feminino.	132



Figura 28. Frequência semanal de consumo bebida alcóolica para o sexo masculino.	132
Figura 29. Frequência de consultas médicas por gênero.....	133
Figura 30. Taxas de notificação das intoxicações exógenas por mercúrio registradas no SINAN entre 2006 e 2021	161
Figura 31. Distribuição dos casos em relação ao local de exposição, a circunstância da intoxicação exógena e a via de exposição por mercúrio, no Brasil de 2006 e 2021.	162



SUMÁRIO

RESUMO.....	ii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	iv
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
1. INTRODUÇÃO E ANTECEDENTES.....	11
2. OBJETIVO.....	13
3. METODOLOGIA.....	15
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
4.1. Mercúrio no Ambiente: Características, Fontes, Ciclo, Ocorrências e Rotas de Exposição	18
4.2. Mercúrio no Ambiente: Breve Histórico da Mineração de Ouro no Brasil	22
4.3. Mercúrio no Ambiente: Fontes Antrópicas e Naturais com Potencial Risco de Causar Poluição por Mercúrio na Amazônia Legal.....	24
4.4. Mercúrio no Organismo Humano e Principais Desfechos em Saúde	28
4.4.1. Características do Mercúrio Metálico/Elementar	28
4.4.2. Características do Mercúrio Inorgânico.....	30
4.4.3. Características do Mercúrio Orgânico e dos Compostos Organomercuriais	30
4.5. Fase de Exposição e Intoxicação por Mercúrio	32
5. PANORAMA DA SITUAÇÃO DE SAÚDE DA POPULAÇÃO AMAZÔNICA LEGAL EM RELAÇÃO À EXPOSIÇÃO AO MERCÚRIO.....	36
5.1. Características dos Estudos em Saúde	36
5.2. Descrição Geral da Situação de Saúde com Base nas Evidências	48
5.2.1. Exposição ambiental	52
5.2.2. Exposição Ocupacional.....	61
5.3. Descrição Regional da Situação de Saúde com Base nas Evidências.....	65
5.3.1. Região Hidrográfica (RH) Amazônica	67
5.3.1.1. Bacia do Rio Tapajós.....	67
5.3.1.2. Bacia do Rio Madeira	81
5.3.1.3. Bacia do Rio Negro.....	87
5.3.2. Região Hidrográfica (RH) do Atlântico Nordeste Ocidental.....	90
5.3.3. Região Hidrográfica (RH) Tocantins-Araguaia	91
5.3.4. Região Hidrográfica (RH) Paraguai.....	93
5.4. Síntese dos Principais Achados e Análise das Evidências Científicas com Identificação das Principais Lacunas de Conhecimento.....	96
5.5. Descrição e Análise dos Dados Primários de Saúde dos Trabalhadores(as) Obtidos em Visita de Campo em Territórios de Extração de Ouro	112
5.6. Descrição e Análise da Organização dos Serviços de Saúde Pública na Amazônia Legal	135
5.6.1. Descrição de Ações do Ministério da Saúde em Parcerias com Demais Instituições Públicas.....	135
5.6.2. Descrição das Ações das SES, SMS, CEREST, DSEI e Atendimentos Pelas Unidades de Saúde.....	139
5.6.2.1. Amapá	144
5.6.2.2. Amazonas.....	147
5.6.2.3. Maranhão	148
5.6.2.4. Mato Grosso	148
5.6.2.5. Pará.....	150



5.6.2.6. Roraima	154
5.6.2.7. Tocantins	154
5.6.3. Análise da atuação do setor saúde na Amazônia	155
6. RECOMENDAÇÕES	168
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	186
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	187
APÊNDICE 1. Questionários encaminhados para as Instituições de Saúde.....	219
APÊNDICE 2. Questionamentos Encaminhados ao Ministério da Saúde.....	233
APÊNDICE 3. Estudos em saúde avaliados com exposição ao mercúrio (carga corporal) em populações amazônicas.....	235
ANEXO 1. Aprovação pelo Comitê de Ética da Universidade de São Paulo	284

1. INTRODUÇÃO E ANTECEDENTES

Os efeitos da exposição ao mercúrio para a saúde foram identificados pela primeira vez na cidade de Minamata, no Japão, na década de 1950. O quadro clínico foi oficialmente reconhecido e denominado doença de Minamata em 1956 (EKINO et al., 2007). A doença surgiu como resultado da contaminação industrial causada pela empresa Chisso Corporation, que despejou resíduos contendo metilmercúrio (MeHg) na Baía de Minamata, no episódio que ficou internacionalmente conhecido como “Desastre de Minamata”

As características clínicas da intoxicação por metilmercúrio (MeHg) são classificadas em agudas ou crônicas, com base nos sintomas observados em pacientes que viviam ao redor da baía nas proximidades da fábrica e em pacientes que viviam na costa do Mar de Shiranui (CASTRO e LIMA, 2018). Esse composto químico foi bioacumulado pelos organismos aquáticos e se biomagnificou ao longo da cadeia alimentar. O MeHg, que possui a capacidade de se bioacumular (retenção no organismo) e biomagnificar (tende a aumentar sua concentração em espécies que ocupam níveis mais altos na cadeia trófica), é a principal subespécie de mercúrio que se acumula em pescados e outras biotas aquáticas (HONG; KIM; LEE, 2012).

Estudos clínicos em pacientes japoneses afetados por intoxicação alimentar por MeHg mostraram que o mercúrio tinha efeitos de longo prazo na saúde, com distúrbios sensoriais persistentes causados pelo histórico de exposição ao MeHg (CASTRO e LIMA, 2018).

O Desastre de Minamata destacou os riscos do mercúrio à saúde associados à poluição industrial e levou à regulamentação internacional sobre a temática, culminando na Convenção de Minamata sobre Mercúrio em 2013. A Convenção de Minamata sobre Mercúrio contém um artigo relativo aos aspectos de saúde (artigo 16), destinados ao desenvolvimento e implementação de programas e estratégias de saúde pública para a proteção e promoção da saúde de populações e trabalhadores expostos ou potencialmente expostos ao mercúrio (Hg) (WHO/UNEP, 2019).

Nessa perspectiva, reforçando o compromisso com os pressupostos da Convenção de Minamata sobre Mercúrio para reduzir e eliminar o impacto do mercúrio

e seus compostos na saúde da população e trabalhadores brasileiros, o Ministério da Saúde coordenou a elaboração do Plano Setorial para a Implementação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio (BRASIL, 2020). O Plano Setorial foi elaborado por um Grupo de Trabalho do Setor Saúde, instituído pela Portaria GM/MS nº 2.197, de 20 de julho de 2018, constituído por diversos representantes do Ministério da Saúde, órgãos vinculados, academia e sociedade civil. Além dos trabalhos realizados pelas autoridades públicas, cabe salientar que muitas medidas estão sendo tomadas em conjunto por instituições dos países amazônicos para melhorar as condições de vida das populações vulneráveis ao mercúrio.

Contudo, em que pese o envolvimento contínuo do setor saúde, ainda se nota uma necessidade de avanços nas estratégias de saúde pública para cumprimento da Convenção de Minamata sobre Mercúrio. São essenciais estratégias com soluções harmônicas com a realidade dessas populações e uma evolução colaborativa para desenvolver e implementar o Plano de Ação Nacional (PAN). Nesses termos, recorda-se o artigo 7.º e o Anexo C da Convenção de Minamata sobre Mercúrio, que determinam a inclusão de estratégias de saúde pública no PAN para a MAPE de ouro, com a promoção e prevenção a exposição de populações vulneráveis, particularmente crianças, mulheres em idade reprodutiva, gestantes, mineradores, povos indígenas e populações ribeirinhas.

Essas soluções devem ser transversais entre os gestores públicos federais, estaduais e municipais, bem como produção acadêmica, sociedade civil e demais setores para trazer ações jurídicas, econômicas, ambientais, educacionais, sociais e de saúde interconectadas para a devida implementação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio no país.

Deste modo, este documento visa fornecer um panorama sistematizado da situação de saúde das populações expostas ou potencialmente expostas ao mercúrio no país e, a partir daí, elaborar recomendações relevantes para o setor saúde. Assim, serão dados subsídios para as medidas necessárias junto às autoridades competentes para garantir as trocas de conhecimentos e informações sobre a prevenção e redução dos riscos ao mercúrio para as populações vulneráveis no país.

2. OBJETIVO

Este documento visa fornecer uma revisão bibliográfica sistematizada e um panorama atual das principais lacunas de conhecimento existentes no Setor Saúde em relação às ações de prevenção da exposição ao mercúrio e redução dos agravos associados ao metal.

Nesse contexto, este trabalho se concentra nas populações da Amazônia Legal, uma vez que as atividades de extração de ouro em pequena escala (legal e ilegal) estão concentradas nesta região. Além disso, há evidências inegáveis de elevados níveis de contaminação humana por mercúrio e manifestações clínicas que estão ou podem estar associadas ao mercúrio nas populações vulneráveis desta região. Dessa forma, ao considerar as ações urgentes nesta área e a elaboração de um primeiro plano de ação, a prioridade foi identificar e avaliar estudos secundários em saúde e a organização dos serviços de saúde pública diante da contaminação ao mercúrio na região.

Para tanto, foram abordados e discutidos aspectos proeminentes à temática:

- ✓ levantamento do referencial teórico global do comportamento do mercúrio no ambiente e no organismo humano;
- ✓ breve abordagem ambiental regional de possíveis fontes de poluição por mercúrio no Brasil que, somados, podem impactar e agravar a saúde da população;
- ✓ levantamento e análise de dados de estudos científicos que tratam de avaliação de risco, estudos epidemiológicos e toxicológicos conduzidos nas comunidades reconhecidamente ou potencialmente em risco na Amazônia Legal;
- ✓ análise de dados primários de saúde dos trabalhadores(as) de territórios de extração de ouro coletados em visitas pela equipe de campo do presente projeto;
- ✓ análise preliminar da atuação das instituições de saúde perante a prevenção da exposição ao mercúrio e redução dos agravos associados ao metal.



A partir daí, são propostas estratégias e recomendações que possam compor o Plano de Ação Intersetorial existente para implementar ações de saúde e melhorar a qualidade de vida das populações vulneráveis, conforme já mencionado.

3. METODOLOGIA

Para otimizar a coleta de dados científicos de qualidade que forneçam informações sobre a contaminação humana por mercúrio na Amazônia, foram utilizados e analisados os estudos compilados na plataforma online Observatório do Mercúrio na Amazônia (WWF-BRASIL, 2021). A tabela de atributos foi extraída da plataforma em 18 de dezembro de 2023 e os dados utilizados são da Amazônia Legal de 1999 a 2022.

Esta plataforma é resultado de uma revisão sistemática de estudos sobre contaminação por mercúrio em humanos e peixes georreferenciados e realizados na Amazônia entre os anos de 1980 e 2022, utilizando a metodologia PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* – sigla em inglês). As evidências sobre a contaminação por mercúrio em populações amazônicas encontradas nesta plataforma são importantes para análises qualitativas e quantitativas, em escala nacional e regional, sobre exposição ao mercúrio e manifestações clínicas em grupos vulneráveis na Amazônia Legal.

A lista de referências das pesquisas extraídas foi complementada com publicações e artigos originais provenientes de uma busca livre e exploratória de pesquisas sobre contaminação por mercúrio em sítios governamentais e organizações nacionais e internacionais. Neste caso, os estudos e publicações levantadas foram utilizadas também para o referencial teórico.

A base de dados Pubmed/Medline contendo publicações de 2000 e 2024 foi utilizada com o intuito de ampliar o conhecimento sobre a exposição e intoxicação ocupacional na Amazônia no país. Para tal, foram elaboradas as perguntas e descritores seguintes:

- (I) Quais são os principais sinais e sintomas associados à exposição ocupacional ao Hg na Amazônia? Descritores: ("Mercury"[Mesh]) AND ("Signs and Symptoms"[Mesh]) AND ("Occupational Exposure"[Mesh]) AND "AMAZON"; e
- (II) Qual a média do nível de exposição ocupacional ao mercúrio da população amazônica? Descritores: ("Mercury"[Mesh]) AND ("Occupational Exposure"[Mesh]) AND "AMAZON"; e ("Mercury"[Mesh]) AND ("Occupational Exposure"[Mesh]) AND "AMAZON" AND "URINE".

Para o panorama em saúde com base nas evidências sobre a exposição e intoxicação das populações vulneráveis do país, foram avaliadas 83 publicações, entre os anos de 1999 e 2024. Desses estudos, foram extraídos do Observatório do Mercúrio um total de 73 evidências científicas. Foram excluídos: todos os estudos anteriores ao ano de 2000, não pertencentes à Amazônia no país e onze estudos duplicados. Alguns dados de tendência central e dispersão provenientes da tabela de atributos da referida plataforma foram corrigidos em conformidade com as publicações.

Os dados obtidos da tabela de atributos e das evidências foram sistematizados nas seguintes informações: geografia (estado e localidade); referencial (fonte, título, autor, ano publicação); aspectos demográficos (tipo de comunidades; faixa etária; sexo); delineamento de estudo; medidas de exposição ao mercúrio (número amostral, biomarcadores, controle de qualidade analítico, ano de coleta das amostras; origem); metodologias (analítica e estatística); desfecho em saúde; medidas de biomarcadores de tendência central (mediana ou média); variação da concentração do mercúrio nas amostras (Hg mínimo e máximo); possíveis fontes sugeridas pelos autores das pesquisas. Foram anotadas informações sobre abastecimento de água e proporção de MeHg – quando disponíveis.

Os dados de níveis de HgTotal (HgT) das pesquisas foram utilizados para analisar gênero (homens e mulheres) e idade somente quando os estudos forneceram informações diferenciadas para estas variáveis.

Adicionalmente, foram encaminhados questionários para alguns Distrito Sanitário Especial Indígena (DSEI), Secretarias Estaduais e Municipais de Saúde (SES e SMS, respectivamente) e Centro de Referências em Saúde do Trabalhador (CEREST) dos seguintes estados da Amazônia: Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins. Os questionários supracitados – elaborados pela autora deste capítulo (Apêndice 1) – foram estruturados com o intuito de coletar com esses órgãos informações sobre recursos humanos e o estabelecimento de ações em vigilância e assistência à saúde de populações expostas e intoxicadas em alguns territórios de extração de ouro.

Os contatos remotos com as autoridades competentes foram realizados preferencialmente por meio do Fala.BR (Plataforma Integrada de Ouvidoria e Acesso à Informação da Controladoria Geral da União), Sistema Eletrônico de Informações

ao Cidadão (E-SIC) (estadual ou municipal) ou ouvidoria do órgão competente (estadual ou municipal), em ordem decrescente de prioridade de encaminhamento dos questionários. Adicionalmente, foram feitas tentativas por correspondência eletrônica ou telefone. As informações coletadas foram agrupadas e analisadas para auxiliar na análise de situação de saúde das populações vulneráveis no Estado.

Complementarmente, trabalhadores(as) do setor de extração de ouro e profissionais de unidades de atendimento à saúde pública de localidades visitadas pela equipe do projeto responderam questionamentos sobre agravos e doenças, em colaboração com o projeto “Plano de Ação Nacional para Mineração Artesanal e em Pequena Escala para o Brasil”.

O Termo de Consentimento Esclarecido foi elaborado pela equipe do projeto e assinado pelos participantes entrevistados. A Comissão de Ética em Pesquisa da Universidade de São Paulo (USP) aprovou e inseriu os documentos apresentados pelo projeto na Plataforma Brasil, sem a necessidade de apreciação pela Comissão Nacional de Ética e Pesquisa (CONEP) (Anexo 1). Estes questionários foram elaborados pela coordenação do projeto e as entrevistas foram realizadas pela equipe de campo do projeto. Estes últimos também sistematizaram e tabularam as informações advindas das entrevistas, as quais foram analisadas e apresentadas no presente capítulo.

Por último, foi realizada uma reunião com o Ministério da Saúde no dia 10 de outubro de 2023 e foram encaminhadas perguntas por correspondência eletrônica sobre as ações e propostas Ministerial (Apêndice 2), para o intercâmbio adequado de informações e possíveis melhorias no Projeto Plano de Ação Nacional Ouro Sem Mercúrio. A resposta do Ministério da Saúde a esses questionamentos do projeto resultou no OFÍCIO Nº 17/2014/AISA/MS.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. Mercúrio no Ambiente: Características, Fontes, Ciclo, Ocorrências e Rotas de Exposição

O mercúrio é um metal que tem ciclo de vida complexo e pode provir de fontes naturais ou antropogênicas. É altamente volátil, com elevada persistência ambiental, e raramente é encontrado como elemento livre na natureza. A forma como o mercúrio se apresenta – metálico (ou elementar), inorgânico (ou sais inorgânicos de mercúrio), e orgânico (compostos orgânicos contendo mercúrio ou organomercuriais, incluindo metilmercúrio) – influencia no seu comportamento no ambiente (CRESPO-LOPEZ et al., 2021). Também influencia na absorção e distribuição no organismo humano e, conseqüentemente, nos impactos na saúde (ATSDR, 1999).

As principais fontes naturais de mercúrio são a desgaseificação da crosta terrestre, as emissões dos vulcões e os vapores de corpos d'água naturais (WHO, 1991). Dentre estas fontes, o metal pode ser encontrado em minério de cinábrio (HgS); basalto e riolito (rochas vulcânicas/extrusivas); arenito (rocha sedimentar) (CLAYTON e CLAYTON, 1982; JONASSON e BOYLE, 1979).

Fontes antropogênicas incluem na extração de ouro (como por exemplo, mineração e garimpo), queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral e betume), produção de cimento, de ferro e aço, fundição de metais não ferrosos, indústria de cloro-álcalis, disposição de resíduos e produção direta de mercúrio (BUSTO et al., 2011; BUSTO et al., 2013; KAKAREKA e KUKHARCHYK, 2012; PEHNEC et al., 2010).

Os setores industriais que têm elevada influência são: produção de metais não ferrosos (15% do estoque mundial), cimento (11%) e metais ferrosos (2%). Emissões geradas por resíduos, incluindo os produtos adicionados de mercúrio, são aproximadamente 7% do inventário global de 2015 (UNEP, 2018).

As emissões globais de mercúrio atmosférico provenientes de emissões antropogênicas foram estimadas em aproximadamente 2.200 toneladas em escala mundial em 2015. Ou seja, um aumento de 20% em comparação com 2010. A queima de combustíveis fósseis é responsável por 24% das emissões estimadas, principalmente devido à combustão de carvão (21%) (UNEP, 2018).

O mercúrio pode ser depositado na superfície terrestre por meio de deposição úmida ou seca. Os processos terrestres e oceânicos são responsáveis pela redistribuição do mercúrio nos diversos ecossistemas através de processos químicos e biogeoquímicos (DRISCOLL et al., 2013).

De acordo com O'CONNOR et al. (2019, *apud* WANG et al., 2020), uma vez emitido para a atmosfera, o mercúrio sob a forma de vapor pode ser transportado em sua forma elementar [Hg⁰]. Na atmosfera, o Hg⁰ também tende a ser oxidado. É oxidado pela reação com vapor d'água e ozônio, e se dissolve na atmosfera, precipitando na forma de íons (mercúrio inorgânico). O principal sumidouro do Hg⁰ é a deposição no solo, folhas ou corpos d'água após a oxidação em mercúrio divalente [Hg²⁺]. Uma vez em ecossistemas aquáticos, o mercúrio pode existir na forma dissolvida e particulada.

A geologia local influencia expressivamente os níveis de mercúrio de ecossistemas terrestre e aquático. Em ambientes aquáticos, a geologia pode proporcionar condições favoráveis para a atividade microbiana e converter o Hg inorgânico em metilmercúrio [MeHg] e outros organomercuriais (MIRANDA et al., 2007; SIQUEIRA et al., 2018).

A porosidade, tal como a composição de sedimentos e de rochas sedimentares adjacentes ricas em enxofre são exemplos de interferência geológica na atividade e crescimento de bactérias redutoras responsáveis pela metilação do metal. Assim, as características intrínsecas do solo e rochas podem afetar a adsorção, a retenção e a disponibilidade do metal (WANG et al., 2020).

Além disso, o mercúrio tem a capacidade de ligação com diversas partículas e sedimentos superficiais em ambientes aquáticos que, dependendo das condições ambientais, sedimenta e acumula. Portanto, considerando que o mercúrio na água tende a se ligar às partículas em suspensão (FORSTNER e PATCHINELAM, 1976), o referido agente se torna mais biodisponível no sedimento do que na água bruta.

A determinação de mercúrio em material particulado suspenso representa um papel importante, considerando os aspectos relacionados ao transporte e mobilidade deste metal, visto que, a granulometria fina em suspensão pode adsorver e trocar íons com a solução e transportá-los ao longo do corpo d'água e depositá-los em outros sítios de deposição (CRANSTON e BUCKLEY, 1972).

Fatores como produção natural de MeHg nos ambientes úmidos, mediante a entrada de mercúrio inorgânico, mudanças climáticas, mudanças no solo e nos processos dos ecossistemas aquáticos desempenham um papel crescente no ciclo do mercúrio, afetando a distribuição, as interações químicas e absorção biológica de mercúrio no ambiente (UNEP, 2018).

Assim, o mercúrio em ecossistema aquático pode provir de origem natural ou antropogênica, oriundo da deposição atmosférica (úmida e seca), descarga de afluentes, erosão e lixiviação, difusão de sedimentos profundos e águas subterrâneas (HENDRICKS, 2018).

O consumo de peixes é uma das principais fontes de exposição humana ao MeHg, especialmente populações ribeirinhas e indígenas que têm o pescado como base da alimentação (ARRIFANO et al., 2018; BASTA et al., 2021; BASTOS et al., 2006; CLARKSON e MAGOS, 2006; MENESES et al., 2022; PASSOS e MERGLER, 2008; SERRA; SILVA.; BERNARDI, 2021).

Os níveis de mercúrio em várias espécies de peixes de água doce na Suécia, Finlândia, Noruega e Península Kola na Rússia foram encontrados em alguns casos, e atribuídos às liberações locais diretamente para a água por deposição de mercúrio atmosférico transportado de fontes distantes (UNEP, 2018). O Hg atmosférico é comumente agrupado em três formas: mercúrio elementar gasoso (Hg^0), mercúrio gasoso reativo (Hg_R) e mercúrio particulado (Hg_p) (ZHANG; WRIGHT; BLANCHARD, 2009).

No que tange ao transporte do mercúrio a longas distâncias, cabe destacar que na Europa há evidências sobre uma significativa deposição atmosférica do metal (PIRRONE, 2001). A hipótese do referido artigo é que parte do Hg atual na atmosfera é derivado de emissões de atividades antrópicas ao longo de décadas.

Essas atividades aumentaram os níveis de mercúrio no ar aproximadamente 3 (três) vezes, gerando o alerta para ações de redução na emissão de mercúrio em escala global (ALMEIDA, 2005). Entretanto, o legado do mercúrio e a possível influência das mudanças climáticas em sua remobilização dificultam a avaliação de quaisquer alterações que possam ocorrer no futuro (UNEP, 2018).

Outra forma de remobilização e contaminação pelo mercúrio é por meio do crescimento das plantas nos solos contaminados pelo mercúrio que podem acumular o mercúrio não apenas pelas raízes, mas também pelas folhas que absorvem

diretamente na forma de vapor (SCHLUTER, 2000). Conforme já amplamente discutido na literatura científica, as queimadas mobilizam o Hg significativamente, através da retirada do metal da biomassa e reemissão de Hg atmosférico (CARPI et al., 2014).

A queima de biomassa é considerada outra fonte importante de emissões globais de mercúrio. Das emissões globais anuais estimadas em 7.500 toneladas, 675 toneladas podem ser atribuídas às emissões de Hg provenientes da combustão de biomassa (PIRRONE et al., 2010). As mudanças no uso da terra, como a conversão de florestas tropicais em pastagens e agricultura, estão diretamente relacionadas ao transporte do Hg, incluindo para ecossistemas aquáticos.

Durante a estação chuvosa, os rios transbordam com frequência, cobrindo a floresta e áreas adjacentes. As florestas atuam como uma importante fonte de carbono orgânico no ambiente aquático e têm impactos significativos na química do mercúrio (FADINI e JARDIM, 2001; SILVA FORSBERG et al., 1999).

Paralelamente, a inundação de grandes áreas marginais aos rios por represamento hidrelétrico reduz a oxigenação da água e aumenta o potencial de redução, permeando condições físico-químicas que também favorecem o aumento da concentração de matéria orgânica dissolvida que serve como fonte de carbono para as espécies organomercuriais nos sedimentos (OLIVEIRA et al., 2021) e a exposição à biota aquática (HONDA; HYLANDER; SAKAMOTO, 2006). Quanto maior a acidez, teor de matéria orgânica e temperatura da água, mais eficiente será o ciclo do mercúrio (FEIJÃO e PINTO, 1992).

As operações de extração de ouro são frequentemente vistas como um meio de subsistência alternativo para comunidades atingidas pela pobreza global (TSANG et al., 2019). Quando não há efetivas medidas de proteção à saúde, estas atividades podem contribuir significativamente para a perda do mercúrio através emissões diretas para a atmosfera e pela disposição de rejeitos, constituindo uma forma de poluição do solo, dos cultivos e sistemas aquáticos adjacentes, dos sedimentos fluviais e, conseqüentemente, das biotas aquáticas.

Exemplos como em Regência de Sukabumi/Indonésia demonstram que produtos como mandioca, arroz e mamão consumidos e comercializados por habitantes da referida região, foram utilizados como indicadores para avaliar a

poluição por Hg em plantas e solo de áreas adjacentes aos locais de garimpo artesanal da localidade (SARAGIH et al., 2021).

Outros estudos realizados confirmam a presença de mercúrio no solo e nas plantações cultivadas aos arredores às áreas de garimpos em países como Gana e Indonésia, sobretudo plantações de mandioca (ADDAI-ARHIN et al., 2022; ADJORLOLO-GASOKPOH; GOLOW; KAMBO-DORSA, 2012; SARAGIH et al., 2021).

De acordo com os dados da Organização das Nações Unidas, a mineração de ouro é atualmente a principal fonte de Hg na atmosfera, com 77,9 toneladas (67,3%) emitidas anualmente. Atualmente, essas operações são responsáveis por 37 a 38% do total da poluição global por mercúrio – maior fonte de emissão do mundo (UNEP, 2018; UNEP, 2023).

Entretanto, pouco se sabe sobre o destino e os padrões de deposição e acumulação das emissões atmosféricas de mercúrio em paisagens impactadas pelas atividades de garimpo e mineração (GERSON et al., 2022).

4.2. Mercúrio no Ambiente: Breve Histórico da Mineração de Ouro no Brasil

No final do século XVII, foram registradas descobertas de ouro em Minas Gerais, que estabeleceram os alicerces para o primeiro ciclo do ouro no Brasil no século XVIII.

A ocupação da Floresta Amazônica se deu no início de 1716 com a descoberta de ouro no Rio Coquipo Mirim (Cuiabá – Mato Grosso). Durante este século, o Brasil se tornou o maior produtor mundial de ouro, produzindo um total oficial de 948 toneladas do metal nobre, além de grande quantidade de exportações clandestinas (FEIJÃO e PINTO, 1992).

Em 1893, foram produzidas mais de 10 toneladas de ouro em cinco anos em Calçoene (Amapá). Alguns anos depois, as atividades de exploração de ouro na Floresta Amazônica ficaram interrompidas por mais de meio século devido a corrida da borracha, que na época oferecia melhores preços e condições de produção (FEIJÃO e PINTO, 1992).

Entretanto, o garimpo continuou a existir em alguns locais, com destaque: Amapá (principalmente os rios Jari e Lourenço); Maranhão (Gurupi e Pirocaua); Xingu (Altamira, Estado do Pará), dentre outras áreas.

Em 1958, foram descobertos os expressivos depósitos aluvionares na região do Médio Tapajós (Itaituba, Estado do Pará) (FEIJÃO e PINTO, 1992). A atividade de ouro na Amazonia, que na época respondia por 59% da área total do Brasil, expandiu-se para as áreas que fazem fronteira com os países panamazônicos – Bolívia, Peru, Colômbia, Venezuela, Guiana, Suriname e França (Guiana Francesa).

O aumento do preço do metal na Bolsa de Metais de Londres desencadeou uma corrida do ouro em vários países, inclusive no Brasil. As deficiências de ações do Estado no processo de ocupação dos garimpos amazônicos criaram a complexa situação atual. Neste ponto, vale destacar a corrida do ouro no Rio Madeira, iniciada em 1975. O resultado foi uma produção média de ouro de 9,4 toneladas/ano, resultando em emissões médias de Hg para o ambiente de 12,4 toneladas/ano (LACERDA, 1990).

No final da década de 70, a garimpagem já existia nos estados do Amazonas, Pará, Maranhão, Roraima, Rondônia, Tocantins, Mato Grosso e Amapá – todos pertencentes a Amazônia Legal. Após a renúncia da extração intensiva de borracha durante a Segunda Guerra Mundial e a conclusão de grandes obras de infraestrutura na floresta amazônica, tais como grandes rodovias, hidrelétricas, projetos de colonização e mineração, o segundo ciclo do ouro iniciou na década de 1980 (FEIJÃO e PINTO, 1992).

O segundo ciclo de ouro está diretamente relacionado à descoberta do Garimpo de Serra Pelada, que levou à ocupação desregulada da floresta amazônica, devido à intervenção federal e mecanização dos garimpos. Aproximadamente 236 mil Km² ou 4,34% da área total da Amazônica no país foram afetados pelos garimpos de ouro (FEIJÃO e PINTO, 1992).

No Estado do Pará, Tapajós a maior área garimpeira a época do país e do mundo, correspondia a 100 mil Km² (FEIJÃO e PINTO, 1992). A abertura das rodovias Cuiabá-Santarém (BR-163) e Transamazônica (BR-320) contribuíram para o aumento de estabelecimentos em Itaituba (MACHADO, 2013). A Reserva Garimpeira do Tapajós, criada em 1983, motivou a busca pelo ouro por milhares de pessoas. A Bacia do Rio Tapajós foi responsável por aproximadamente 50% da produção de ouro do Brasil em 1980, com maior concentração de garimpos nos municípios de Itaituba e Jacareacanga (SANTOS et al., 2003a).

Da década de 1990 até meados da década de 2000, a atividade de mineração cobriu mais de 150.000 km², sendo 60.000 garimpeiros aluvionais (VILLAS-BÔAS et al., 2001), em que Alta Floresta (Rio Tele Pires), Serra do Navio (Rios Tartarugalzinho e Amapari) e Porto Velho (Rio Madeira) foram importantes áreas de garimpo (HACON et al., 1997).

4.3. Mercúrio no Ambiente: Fontes Antrópicas e Naturais com Potencial Risco de Causar Poluição por Mercúrio na Amazônia Legal

Com base na quantificação de dados de vários órgãos minerais e ambientais brasileiros, bem como em trabalhos de campo, no início da década de 1980, a poluição por mercúrio proveniente da extração de ouro foi estimada em 1,32 kg Hg/kg Au, das quais 45% foram lançadas nos rios e 55% na atmosfera (PFEIFFER e LACERDA, 1988). Outros estudos realizados nas décadas de 1980 e 1990 identificaram níveis elevados de mercúrio nos ecossistemas de localidades próximas às atividades de extração de ouro (AKAGI, 1995; HACON et al., 2008; LACERDA et al., 1989; PFEIFFER et al., 1989).

A extração pela MAPE de ouro é apontada como uma das principais fontes de emissão de mercúrio para o meio ambiente (UNEP, 2023). Nos últimos anos, existe um número proeminente de estudos nas proximidades de territórios de extração de ouro. O elevado número de estudos realizados no Estado do Pará está de acordo com a alta prevalência de mineradores nas regiões amazônicas, especialmente na Bacia do Tapajós (CASTRO e LIMA, 2018).

Os rios com maior atividade garimpeira são Tapajós, Teles Pires, Jamanxim, Xingu e Amazonas. Essas cinco bacias representam 66% da área garimpada do país, correspondendo Tapajós 20% (54,8 mil hectares) e Teles Pires 18% (48,1 mil hectares) (MAPBIOMAS, 2023).

Desconsiderando o aspecto conceitual garimpo *versus* mineração industrial *versu* extração de ouro ilegal, de acordo com o MAPBIOMAS, apresentam uma das maiores concentrações de garimpos, em ordem decrescente: (i) Pará – Itaituba, Jacareacanga, São Feliz do Xingu e Oriximiná; (ii) Mato Grosso – Peixoto de Azevedo; e (iii) Minas Gerais. Itaituba corresponde a 16% da área minerada do país (MAPBIOMAS, 2023).

A literatura científica reporta que atualmente um dos principais problemas relativos à contaminação por Hg advindo da extração de ouro na Bacia Amazônica é a extração ilegal de ouro (BASTA et al., 2021; COBRAPE, 2023; VEGA et al., 2018).

São diversos os trabalhos integrados que fornecem informações abrangentes sobre a Bacia Amazônica, incluindo as fontes de poluição mais impactantes em termos regionais. Um dos trabalhos é o “*Resumo Executivo do “Relatório sobre a Situação da Qualidade da Água na Bacia Amazônica”*” (COBRAPE, 2023), fruto do trabalho conjunto das instituições de 8 (oito) países amazônicos responsáveis pelas políticas públicas de meio ambiente e de gestão dos recursos hídricos que compõem a Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA).

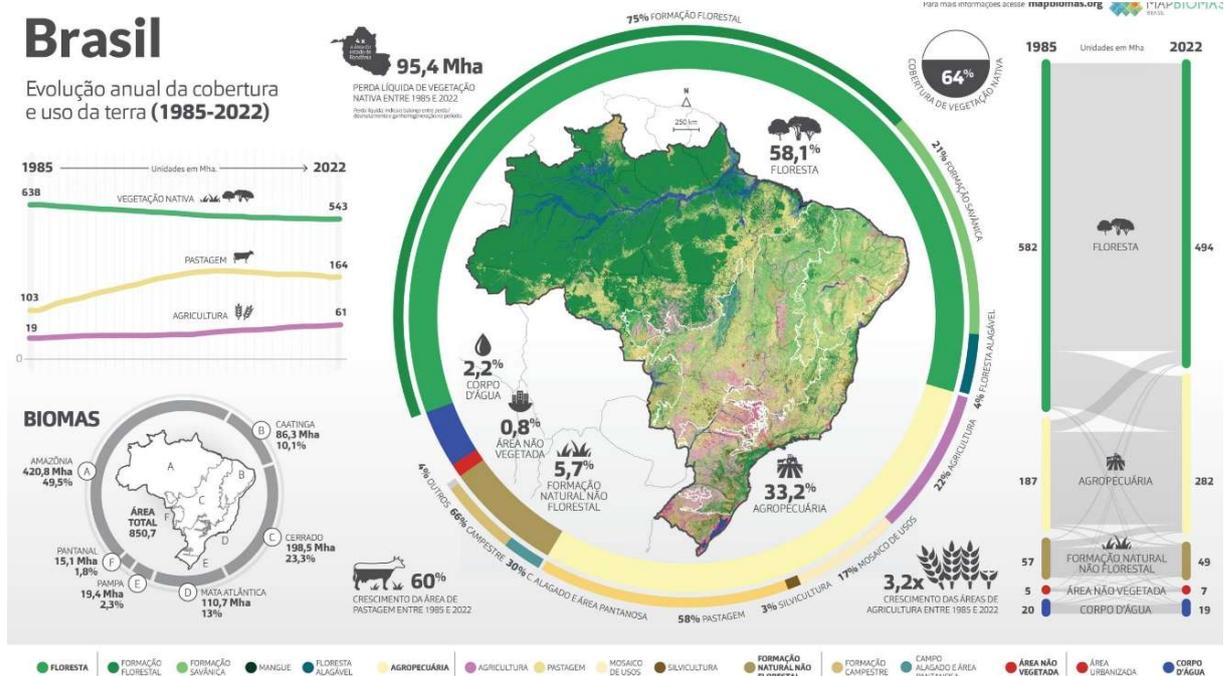
O relatório mencionado definiu que as atividades humanas com potencial impacto sobre a qualidade das águas na Bacia Amazônica foram: desmatamento; queimadas; mineração; agropecuária; hidrelétricas; exploração petrolífera; esgotos domésticos e mudanças climáticas. Pressões que podem influenciar, em sua maioria, a poluição por mercúrio nos ecossistemas terrestres e aquáticos.

Estudos retratam que as taxas de desmatamento devido às atividades de extração de ouro ilegal de ouro cresceram no país acentuadamente nos últimos anos (RAISG, 2023; SIQUEIRA-GAY e SÁNCHEZ, 2021). De acordo com SIQUEIRA-GAY e SÁNCHEZ (2021), o desmatamento devido a estas atividades aumentou mais de 90% entre 2017 e 2020, atingindo a 101,7 km² anuais em 2020 (SIQUEIRA-GAY e SÁNCHEZ, 2021).

Entre 2001 e 2020, a Amazônia perdeu mais de 542.000 km², ou quase 9% de suas florestas, o que corresponde ao tamanho da França. A Amazônia Legal foi a mais afetada, seguida pelos países da Bolívia, do Peru e da Colômbia (RAISG, 2023).

De 1985 a 2022, a área ocupada por florestas naturais passou de 5.816.000 km² para 4.941.000 km², redução de 15% (Figura 1). Os biomas que mais perderam florestas naturais foram Amazônia (13%) e Cerrado (27%). A quase totalidade (95%) da conversão de florestas naturais no Brasil foi para as atividades agropecuárias, seja pastagens ou cultivos agrícolas (MAPBIOMAS, 2023).

Figura 1. Infográfico dos dados de cobertura e uso da terra do Brasil (1985 – 2022).



(Mha = Milhões de Hectares)
Fonte: (MAPBIOMAS, 2023).

Segundo o Projeto PRODES - Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), os municípios que mais desmataram na Região Hidrográfica Amazônica em 2012 foram: Confresa e Cotriguaçu (MT); Cujubim (RO); Acrelândia e Epitaciolândia (AC); Boca do Acre (AM); Porto Grande (AP); São Luiz (RR); e Rondon do Pará, Novo Repartimento e Placas (PA)¹. Em cada um desses Estados, entretanto, verifica-se diferenças, quanto a dimensão de suas áreas desmatadas e quanto a intensidade das taxas de desmatamento de um ano para outro (BRASIL, 2015).

A Bacia do Rio Tapajós é fortemente afetada pelo desmatamento, sobretudo na região próxima ao Rio São Manuel ou Teles Pires, caracterizada por zonas inundáveis, e as áreas desmatadas ocupadas na maior parte pela agropecuária. O mesmo acontece com a Bacia Hidrográfica Xingu, onde essas áreas são ocupadas por mineração e infraestrutura do setor elétrico. As áreas ao entorno de Porto Velho estão diretamente relacionadas com as atividades agropecuárias (COBRAPE, 2023).

¹ Resultado da pressão de expansão da agropecuária, com a abertura de áreas nativas para a formação de pastagens e para o cultivo de grãos.

Os dados avaliados utilizados foram da Rede de Informações Socioambientais Georreferenciadas da Amazônia - RAISG (2020) - processados pela Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos – COBRAPE.

Quanto aos focos de queimadas, identificados por satélite (AQUA M-T) na Bacia Amazônica pelo INPE, entre os dias 24 e 25 de outubro de 2021, se concentram nas sub-bacias hidrográficas Madre de Diós/Mamoré/Madeira e Solimões (COBRAPE, 2023) (ambas partes da Bacia Hidrográfica do Amazonas).

Atividades humanas como a construção de barragens para a operação de usinas e barragens hidrelétricas também têm grande impacto no ecossistema amazônico, além de inibir a migração dos peixes (ARRIFANO et al., 2018a; BASTA et al. 2021). Ainda, há projetos de integração de usinas de grande escala na região amazônica, que são previstas para criar e expandir conexões regionais através da exploração das diversidades hidrológicas das bacias hidrográficas. Vale mencionar: instalações associadas à Usina Hidrelétrica (UHE) Belo Monte, na Bacia do Rio Xingú (a maior hidrelétrica da Amazônia e a quarta maior do mundo, também localizada no Estado do Pará) às usinas do Rio Teles Pires (Colider, Sinop, Foz do Apiacás, São Manoel, e Teles Pires), e o Complexo Hidrelétrico Tapajós, em São Luís do Tapajós (BRASIL, 2010).

Os processos naturais de sedimentação ocorridos há milhões de anos, desde as bacias andinas até as terras baixas, são responsáveis pela formação de ecossistemas aquáticos da Amazônia devido à dinâmica de inundações. Este período de inundações é, portanto, um passo fundamental para a preservação da biodiversidade e fortalecimento das cadeias alimentares, que são base para a manutenção da vida dos povos indígenas (COBRAPE, 2023).

O carreamento pode ser também de substâncias, inclusive tóxicas como o mercúrio. Devido a dinâmica natural da gravidade das águas dos rios do montante à jusante de atividades de extração de ouro nos países que compõem a Bacia Amazônica, o mercúrio utilizado nestas atividades nos países mais altos pode ser carregado juntamente com materiais dissolvidos das águas.

4.4. Mercúrio no Organismo Humano e Principais Desfechos em Saúde

O mercúrio, por não ser um agente essencial ao organismo, mesmo em baixas concentrações é considerado extremamente tóxico ao organismo (ATSDR, 1989). A exposição humana ao mercúrio em suas diferentes formas (elementar, inorgânico e orgânico) pode ocorrer por diversas vias – inalatória, gastrointestinal, dérmica. Pode ser diferenciada quanto à exposição ambiental ou ocupacional, tal como ao contexto acidental ou intencional. A toxicocinética do Hg, mediante a absorção, distribuição, biotransformação e excreção, depende da forma e estado de oxidação do mercúrio e seus compostos (ATSDR, 1999).

4.4.1. Características do Mercúrio Metálico/Elementar

A baixa pressão de vapor do mercúrio metálico torna-o altamente volátil, favorecendo a via pulmonar como a principal forma de exposição do metal (BOERLEIDER; ROELEVELD; SCHEEPERS, 2017; TABER e HURLEY, 2008). Os seres humanos absorvem cerca de 80% da quantidade inalada (ATSDR, 1999; PEREIRA et al., 2015; UNEP/WHO, 2008).

Após a absorção dos vapores de mercúrio elementar, reações de oxidação metabolizam o mercúrio, convertendo-o em cátions monovalente (Hg^+ - mercurosos) e divalente (Hg^{2+} - sais mercúricos). As reações de oxidação implicam na biotransformação do mercúrio elementar e na manifestação dos seus efeitos tóxicos (LOHREN et al., 2015).

Este agente é lipofílico e pode atravessar a barreira hematoencefálica e placentária. É um agente que pode danificar diretamente a estrutura do plexo coroide² e gerar danos morfológicos (ZHENG, 2001). Por via dérmica, a absorção dessa subespécie é pequena (PEREIRA et al., 2015). Com relação à excreção, é eliminado do organismo pelos rins, fígado, mucosa intestinal, glândulas sudoríparas e salivares, pele e leite. Contudo, suas principais vias de excreção são a urinária e a fecal (PEREIRA et al., 2015).

As principais manifestações clínicas apresentadas em casos suspeitos de intoxicação por Hg elementar relatadas na literatura foram: acrodinia (“doença rosa” em crianças); cefaleia; dermatite; descamação; gengivite; gosto metálico; perda de

² Estrutura encontrada no sistema nervoso onde é produzido a maior parte do líquido cefalorraquidiano.

peso; anorexia; febre; insônia; alterações neurocomportamentais; fadiga; tonturas; tremores; espasmos musculares; ataxia; cegueira súbita; delírios; visão obscura; alterações respiratórias (como insuficiência respiratória, tosse, bronquiolite, pneumonia, traqueobronquite, dentre outros); desconforto e dor torácica pleurítica; hipertensão; taquicardia; lesões renais; nefropatia; proteinúria; necrose tubular; insuficiência coronária; elevação de enzimas hepáticas; e hemorragia digestiva (AMORAS, 2011; BOSE-O'REILLY et al., 2017; CASTRO e LIMA, 2014; GIBB e O'LEARY, 2014; MALEK et al., 2017; RODRIGUES et al., 2007; SILBERNAGEL et al., 2011).

Os sintomas podem piorar e tornarem-se permanentes com a exposição continuada e concentrações aumentadas do metal. Essa espécie de mercúrio está intimamente relacionada à exposição ou intoxicação dos trabalhadores de atividades de extração de ouro (vide no item 4.5 “Fase de exposição e intoxicação por mercúrio”).

Em condições ocupacionais e ambientais, existem estudos que reportam a exposição ao mercúrio elementar e inorgânico associadas à MAPE de ouro pode ter impactos significativos no sistema imunológico humano (GARDNER et al., 2010; GIBB e O'LEARY, 2014, SILVA et al., 2004). GARDNER et al. (2010) sugerem que a modulação das respostas de citocinas e anticorpos pelo mercúrio pode afetar a suscetibilidade de pessoas expostas a doenças de ativação imune, como autoimunidade e alergia. Os pesquisadores salientam, ainda, que pode alterar significativamente as interações patógeno-hospedeiro e ter consequências para a suscetibilidade a doenças infecciosas. GARDNER et al. (2010) destacam a necessidade adicional de avaliar o impacto de baixas doses e exposições crônicas ao mercúrio no sistema imunológico humano.

Em síntese, os efeitos da intoxicação aguda por mercúrio elementar com valores elevados têm sido amplamente discutidos na literatura com desfechos predominantemente neurológicos (GARDNER et al., 2010; GIBB e O'LEARY, 2014, SILVA et al., 2004; ILO, 2022). No que tange aos efeitos dos indivíduos à exposição prolongada a concentrações baixas do agente tóxico, há relatos de alterações respiratórias, neurofisiológicas, neurocomportamentais, endócrinas, dentre outros na população (BOSE-O'REILLY et al., 2017; FEITOSA-SANTANA et al., 2007; KHOURY et al., 2013; PASSOS e MERGLER, 2008).

4.4.2. Características do Mercúrio Inorgânico

No sangue, os compostos inorgânicos do Hg liberam o Hg ionizado, e nessa forma o metal se encontra praticamente todo ligado a proteínas (PEREIRA et al., 2015). A principal via de exposição destes sais é por ingestão. Os compostos de Hg²⁺ são altamente corrosivos, podendo danificar o trato gastrointestinal e são altamente nefrotóxicos (CLARKSON e MAGOS, 2006; DARGAN et al., 2003; VEARRIER e GREENBERG, 2010).

As principais manifestações clínicas encontradas na literatura para suspeitas e confirmação de intoxicação por sais de Hg inorgânicos são: vômitos profusos; diarreia sanguinolenta; hematêmese; ulcerações; necrose intestinal; proteinúria; insuficiência renal oligúrica; síndrome nefrótica; alterações comportamentais; espasmos musculares; insônia; taquicardia e hipertensão (BROUSSARD; HAMMETT-STABLER; WINECKER, 2002; CAO et al., 2011).

4.4.3. Características do Mercúrio Orgânico e dos Compostos Organomercuriais

Os compostos orgânicos de Hg são de grande interesse do ponto de vista da Saúde Ambiental (YE et al., 2016). No sangue, o Hg derivado de compostos organomercuriais se liga principalmente a hemoglobina (até 90%) (PEREIRA et al., 2015). Uma vez absorvidos, são amplamente distribuídos por todo o corpo, acumulando-se no cérebro, rins, fígado, cabelo e pele, e lentamente eliminados (ATSDR, 1999; RISHER; MURRAY; PRINCE, 2002; OLIVEIRA, et al., 2021; UNEP/WHO, 2008). O metilmercúrio também se converte em Hg inorgânico (PEREIRA et al., 2015).

Estudos reportam que os compostos organomercuriais, como o metilmercúrio e outros derivados alquílicos de cadeia curta, atravessam a barreira hematoencefálica atingindo principalmente o Sistema Nervoso Central (SNC), e, em gestantes, também a barreira placentária, podendo causar danos irreversíveis ao cérebro e ao feto (VEGA et al., 2018).

A ingestão de pescados e frutos do mar é considerada a principal via de exposição e esses compostos. O MeHg é facilmente absorvido no trato gastrointestinal. Aproximadamente 90% do metilmercúrio é excretado como Hg inorgânico nas fezes (PEREIRA et al., 2015). Porém, esse composto pode ser

excretado no leite materno, suor, urina e persistir no cabelo e unhas (GONZALEZ-ESTECHA et al., 2015).

Por fim, devido a capacidade de ligação do mercúrio aos agrupamentos (-SH) de proteínas, de enzimas e de substâncias de baixo peso molecular, ocorrem: interferência por ligação de Coenzima A; inibição da Glicose-6-fosfatase; inibição da Glicose-6-fosfato desidrogenase; inibição da Hexoquinase; inibição da Isocitrato desidrogenase e Succinato desidrogenase; inibição da Fosfoglicose isomerase; inibição da Fosfatase alcalina; alteração de Catalase; inibição da Xantina oxidase; inibição da monoamino oxidase; indução de danos por estresse oxidativo; mutagenicidade entre outras alterações (PEREIRA et al., 2015).

Os mecanismos de oxidação induzidos pelo Hg ocorrem por sua afinidade com componentes sulfidrílicos de elementos biológicos endógenos que incluem a glutatona reduzida (GSH), cisteína (CYS), metalotioneínas e albumina (OLIVEIRA et al., 2014).

O mercúrio pode competir com elementos metabólicos como o selênio através de ligantes biológicos, afetando negativamente a distribuição e a homeostase de elementos essenciais no organismo (FRUSTACI et al., 2012). Assim, a conversão dos hormônios tireoidianos tiroxina (T4) e triiodotironina (T3) poderiam ser prejudicados, considerando que são dependentes de proteínas (BORTOLI, 2009).

Portanto, embora ainda controverso na literatura, há indícios que o selênio pode ser um fator protetor contra a intoxicação por mercúrio, uma vez que pode ligar com o Hg e inibir a absorção deste pelo organismo. Entretanto, a efetividade do selênio como fator antioxidante para indivíduos humanos é incerto e necessita estudos mais aprofundados em humanos.

Os principais efeitos concentram-se nos sistemas nervoso, digestivo, renal e cardiovascular (LI et al., 2010; VEGA et al., 2018; WU et al., 1985). Os sintomas de toxicidade tardia (> 1 mês) são típicos de intoxicação por mercúrio orgânico, sendo as principais manifestações clínicas abordadas na literatura: parestesias; dores de cabeça; ataxia; disartria; visão turva; cegueira; deficiência auditiva; taquicardia; fadiga; perda de peso; insônia; e alterações comportamentais (CHANG et al., 2008; EKINO et al., 2007).

4.5. Fase de Exposição e Intoxicação por Mercúrio

Todas as populações do mundo estão provavelmente expostas a alguma quantidade de mercúrio e há grande variabilidade nas exposições dentro e entre países e regiões (BASU et al., 2018; UNEP/WHO, 2008). Há, entretanto, dados limitados, de modo que dificulta tomadas de decisões baseadas em evidências (BASU et al., 2018).

Na fase de exposição, ou seja, contato do indivíduo com o agente tóxico (nesse caso, o mercúrio), são fatores críticos a via de exposição, a frequência e a duração da exposição. Fatores como dose ou concentração do toxicante, propriedades físico-químicas do metal e fatores relacionados à suscetibilidade individual do próprio indivíduo também podem determinar a ocorrência e a gravidade dos efeitos adversos à saúde (PEREIRA et al., 2015; UNEP/WHO, 2008).

Padrões socioeconômicos, condições de vida, culturais, de escolaridade, e hábitos influenciam a exposição ao mercúrio e a vulnerabilidade do indivíduo. Deste modo, os efeitos tóxicos à exposição a poluentes ambientais estão condicionados a estes determinantes, o que pode explicar as diferentes formas de manifestação e desenvolvimento dos processos mórbidos relacionados à exposição química (VALENTIM, 2022). Em síntese, o processo de adoecimento é multicausal, podendo variar de acordo com o indivíduo exposto e a região poluída por mercúrio.

Os efeitos nas populações expostas ao mercúrio distinguem-se em exposição aguda e crônica, em condições ocupacional e ambiental. Em que pese não ser o foco do presente trabalho e configurar uma hipótese incomum, a ingestão intencional ou acidental do Hg⁰ pode representar uma outra forma de exposição.

A exposição ao mercúrio elementar e inorgânico ocorre principalmente em condições ocupacionais (incluindo a extração de ouro) ou através do contato com produtos que contêm mercúrio (UNEP/WHO, 2018). Em relação à exposição aguda ao mercúrio em condições ocupacionais, a maior parte ocorre através da inalação de vapores elementares do mercúrio proveniente de aquecimento amálgama (mistura composta de partes aproximadamente iguais de mercúrio e ouro), por exemplo, durante a queima a céu aberto (ILO, 2022; WHO, 2016; YE et al, 2016).

Os trabalhadores da mineração e moradores de regiões próximas às atividades de garimpos apresentam maior risco de exposição e intoxicação por vapores de mercúrio (BASU et al., 2018; BOSE-O'REILLY et al., 2017; GIBB e

O'LEARY, 2014; MENSAH et al., 2016). Os vapores de Hg ao redor dos locais de queima de amálgama podem ser alarmantemente altos e quase sempre excedem o limite da Organização Mundial da Saúde (OMS) de $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para exposição pública (UNEP, 2012; GIBB e O'LEARY, 2014). Essas exposições afetam não apenas os trabalhadores, mas também as comunidades do entorno dos centros de processamento (UNEP, 2012).

O mercurialismo metálico ocupacional manifesta-se de forma aguda ou crônica após a exposição intensa ou prolongada a vapores de Hg no processo de trabalho. Os desfechos à saúde mais comuns reportados entre garimpeiros são os neurológicos, incluindo tremor, ataxia, problemas de memória e distúrbios da visão (GIBB e O'LEARY, 2014; ILO, 2022).

A intoxicação por mercúrio foi reconhecida como uma das primeiras doenças ocupacionais, listada na lista de doenças ocupacionais da OIT já em 1925 (ILO, 2022). O problema do mercurialismo ocupacional é sério, porque o diagnóstico raramente é feito e não existe um sistema adequado de controle e de monitorização dos vapores do Hg nos locais de trabalho (FARIA, 2003).

De acordo com GIBB e O'LEARY (2014), aproximadamente 15 milhões de pessoas, dentre as quais incluem 3 milhões de mulheres e crianças, participam da MAPE em países em desenvolvimento. A intoxicação por mercúrio por via inalatória é ainda mais preocupante, pois observou-se, além dos riscos de distúrbios neurocomportamentais, abortos espontâneos e defeitos congênitos (POULIN e GIBB, 2008). Devido à natureza bioacumulativa, a exposição ao agente tóxico antes da gravidez pode afetar o desenvolvimento neurológico do feto (ILO, 2022).

As crianças podem inalar concentrações mais elevadas de vapor de mercúrio do que os adultos. O vapor de mercúrio é mais pesado do que o ar, por isso as concentrações do metal podem aumentar em baixas altitudes perto da zona de respiração das crianças. Além disso, seus pulmões têm uma área de superfície maior em relação ao peso corporal e respiram mais rápido (BESSER, 2009).

Outras formas de contaminação são pela exposição dos familiares através das roupas dos trabalhadores que estejam contaminadas por resíduos de mercúrio (ATSDR, 1999; UNEP/WHO, 2008) que são levadas para casa.

A exposição ocupacional ao mercúrio elementar pode ser detectada pelo aumento das concentrações séricas e urinárias de mercúrio em amostras coletadas

de trabalhadores de atividade de garimpo e lojas de ouro (SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021; SCHUTZMEIER et al., 2018), as quais refletem a exposição mais recente ao metal (NALEWAY et al., 1991).

Em indivíduos cronicamente expostos ao mercúrio, se o nível do agente no organismo for elevado, os níveis no sangue podem permanecer elevados mesmo após cessar a exposição (YE et al., 2016).

A principal via de entrada não ocupacional do mercúrio nos seres humanos é através do consumo do pescado (CASTRO e LIMA, 2014; CASTRO e LIMA, 2018; VEGA et al., 2018). Há décadas estudos identificaram que, entre os consumidores de peixes carnívoros, as comunidades ribeirinhas apresentam o maior grau de exposição (EVE; OLIVEIRA; EVE, 1996; LEINO e LODENIUS, 1995; PASSOS e MERGLER, 2008).

Além destes, a absorção de altas concentrações de Hg da água consumida e irrigáveis, solo, vegetais e alimentos plantados e bioacumuláveis pode impactar à saúde dos consumidores (ADDAI-ARHIN et al., 2022; ADJORLOLO-GASOKPOH; GOLOW; KAMBO-DORSA, 2012; SARAGIH et al., 2021). A exposição humana aos alimentos contaminados por organomercuriais é comumente relacionada à exposição crônica aos compostos em questão.

Há um enfoque recente no impacto da exposição ao mercúrio na saúde mediante exposição crônica, de baixo ou moderado grau (YE et al., 2016). Entretanto, quando a exposição for moderada a estes agentes de forma não contínua, indivíduos podem apresentar ausência de sintomas (SILBERNAGEL et al., 2011), o que dificulta o diagnóstico pelo profissional de saúde.

O mercúrio orgânico representa uma porção muito pequena do mercúrio urinário e, portanto, os níveis de concentração urinária podem não refletir os níveis de concentração dessa subespécie no corpo (GOLDMAN e SHANNON, 2001). Dessa maneira, após a exposição ao metilmercúrio, os níveis de HgT no cabelo e no sangue podem ser usados como biomarcadores de exposição ambiental ao mercúrio (YE et al., 2016).

Portanto, a análise do cabelo é comumente usada para avaliar a exposição ao metilmercúrio, que responde por 80-90% do conteúdo total de mercúrio dentro dessa matriz (CLARKSON e MAGOS, 2006; BASU et al., 2018). A exposição ao mercúrio pode ser rastreada por longo período, visto que o cabelo é composto de

queratina, que contém grupos de aminoácidos ricos em grupos sulfidríla, ligando facilmente ao agente. Considerando que o cabelo pode crescer 1 centímetro por mês (BASU et al., 2018), a concentração de mercúrio capilar é usada como um biomarcador de exposição crônica ao metilmercúrio (YE et al., 2016).

Pesquisadores alertam para cautela ao analisar e interpretar os níveis de HgT no cabelo, tendo em vista a contaminação externa da matriz com mercúrio elementar em áreas de MAPE de ouro (BASU et al., 2018; SHERMAN et al., 2015). Neste cenário, recomenda-se analisar o MeHg além do HgT (SHERMAN et al., 2015; SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021). Isso ocorre porque o primeiro fornece melhores medidas de exposição alimentar, especialmente quando combinado com ferramentas de pesquisa qualitativa (BASU et al., 2018; SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021).

5. PANORAMA DA SITUAÇÃO DE SAÚDE DA POPULAÇÃO AMAZÔNICA LEGAL EM RELAÇÃO À EXPOSIÇÃO AO MERCÚRIO

O panorama da situação de saúde da população da Amazônia Legal em relação à exposição ao mercúrio é apresentado a partir de: (i) características (item 5.1), descrição geral (item 5.2), descrição regional (item 5.3) e análise (item 5.4) dos estudos de saúde sobre essa temática realizados na região; (ii) descrição e análise dos dados primários de saúde dos trabalhadores obtidos em visita de campo em territórios de extração de ouro (item 5.5); (iii) descrição e análise da organização dos serviços de saúde pública – descrição das ações do Ministério da Saúde e parcerias (item 5.6.1), descrição das ações da SES, SMS, CEREST, DSEI e Unidades de Saúde (item 5.6.2) e análise da atuação do setor saúde na Amazônia (item 5.6.3).

5.1. Características dos Estudos em Saúde

Dentre as evidências científicas avaliadas para a caracterização, descrição e análise dos estudos em saúde (itens 5.1 a 5.4), foram utilizadas 83 pesquisas na população da Amazônia Legal para auxiliar no panorama em saúde quanto à exposição e intoxicação por mercúrio (Tabela 1). Foram utilizados preferencialmente os estudos epidemiológicos, toxicológicos e de avaliação de risco sobre o mercúrio que reportassem de forma clara as estatísticas descritivas, perfil epidemiológico e/ou desfechos em saúde associados à exposição ou intoxicação ao mercúrio nas diversas comunidades da região.

Tabela 1. Estudos sobre contaminação humana por mercúrio realizados na Amazônia Legal

Referência	Regiões Hidrográficas ¹	UF	Tipo de Comunidade ²	Gênero Amostrado ³	Amostras/ biomarcadores ⁴	População ⁵	faixa etária (anos)	n amostral
MENESES <i>et al.</i> , 2022	T	PA	Rib.	MF	San. (HgT)	Ad	>18	462
VIANNA <i>et al.</i> , 2022	T, S	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	In.	0 a 19	1.318
SERRA, SILVA e BERNARDI, 2021	M	RO	Rib./ Gar./ Urb.	MF	Cab. (HgT)	Ad	16 a 87	1.089
SANTOS, SACRAMENTO <i>et al.</i> , 2021	A	n.a.	Geral	MF	n.a.	Ad. In.	geral	n.a.
CRESPO-LOPEZ <i>et al.</i> , 2021	A	n.a.	Geral	MF	n.a.	Ad. In.	geral	n.a.
BASTA <i>et al.</i> , 2021	T	PA	Ind.	MF	Cab. (HgT)	Ad. In.	agrupados em >12 e <12	197
OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2021	T	PA	Ind.	MF	Cab. (MeHg)	Ad	>12	110
MENDES <i>et al.</i> , 2021	M	AM	Rib.	MF	Cab. (HgT)	Ad. In.	0 a 15 e adultos	137
LACERDA <i>et al.</i> , 2020	T, TA	PA	Rib./ Gar.	M	Cab.	Ad	40 a 46	44
SA <i>et al.</i> , 2019	TA	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	Ad	13 a 53	118
PUTY <i>et al.</i> , 2019	A	n.a.	Geral	MF	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.



Referência	Regiões Hidrográficas ¹	UF	Tipo de Comunidade ²	Gênero Amostrado ³	Amostras/ biomarcadores ⁴	População ⁵	faixa etária (anos)	n amostral
LIMA, 2018	M	RO	Rib.	MF	Cab. (HgT)	In.	6 a 14	263
FEITOSA-SANTANA et al., 2018	M	AM	Rib.	M	Cab. (HgT)	Ad	18 a 64	78
VEGA et al., 2018	N	RR	Ind.	F	Cab. (HgT)	Ad. In.	> 5	239
ARRIFANO et al., 2018	T	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	Ad	30 a 52	224
ARRIFANO et al., 2018a	TA	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	Ad	18 a 70	37
COSTA JUNIOR et al., 2018	T	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	Ad	18 a 60	123
FREITAS et al., 2018	T, TA	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	In.	7 a 14	176
JESUS et al., 2018	P	MT	Urb.	MF	Uri.	Ad	>18	109
CUNHA; MARQUES; DÓREA, 2018	M	RO	Rib./ Urb./ Rur.	MF	Cab. (HgT)	Ad. In.	crianças (0 a 59 m.) e adultos (13 a 43 a.)	1.343 (m&f)
OLIVEIRA et al., 2018	ANO	PA	Rib.	F	Cab. (HgT)	Ad	13 a 55	106
CASTRO e LIMA, 2018	A	n.a.	Geral	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.



Referência	Regiões Hidrográficas ¹	UF	Tipo de Comunidade ²	Gênero Amostrado ³	Amostras/ biomarcadores ⁴	População ⁵	faixa etária (anos)	n amostral
SILVA, 2018	T	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	In.	6 a 14	36
COSTA JUNIOR et al., 2017	T, TA	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	Ad	13 a 57	144
ROCHA et al., 2016	M	RO	Urb.	F	Cab.	Ad	18 a 48	149
CARVALHO, 2016	M	RO	Rib./ Urb.	MF	Cab. e San. (HgT)	In.	5 a 17	198
MILHOMEM FILHO et al., 2016	TA	MA	Rib.	MF	Cab.	Ad	14 a 20	25 famílias
FIOCRUZ, 2016	N	RR	Ind.	MF	Cab. (HgT)	Ad. In.	agrupados em < 12 e ≥12	239
CERBINO, 2016	M, N	RO	Rib. (LACT)	F	Cab. (HgT)	-	-	28
HOSHINO et al., 2015	M	AM	Rib.	MF	Cab. (HgT)	Ad. In.	1 a 47	58
ANDRADE, 2015	T	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	Ad. In.	> 3	1502
BOURDINEAUD et al., 2015	T	PA	Rib.	M	Cab.	Ad	> 35	93
FAIAL et al., 2015	T	PA	Rib.	MF	Cab. (MeHg)	Ad. In.	0 a 60	141
SILVA, 2015	M	RO	Rib. (LACT)	F	-	Ad	17 a 39	9



Referência	Regiões Hidrográficas ¹	UF	Tipo de Comunidade ²	Gênero Amostrado ³	Amostras/ biomarcadores ⁴	População ⁵	faixa etária (anos)	n amostral
OIKAWA, 2015	T	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	Ad	14 a 54	86
CASTILHOS et al., 2015	T	PA	Gar./ Rur.	MF	Uri. (HgT)	Ad	31 a 50	646
LIMA, 2014	T, TA	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	In.	5 a 10	158
VIEIRA ROCHA et al., 2014	M	RO	Rib.	MF	Cab. (HgT)	In.	3 a 9	42
OLIVEIRA, 2014	T, TA, ANO	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	Ad	13 a 55	199
MARINHO et al., 2014	T, TA	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	In.	0 a 12	216
TAKAMASHI, 2014	T	PA	Quil.	MF	Cab. (HgT)	In.	8 meses (média)	279
KHOURY et al., 2013	T, TA	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	Ad	13 a 53	157
MARQUES et al., 2013	M	RO	Rib./ Rur./ Urb./ Gar.	MF	Cab. (HgT)	Ad. In.	13 a 43 (idade gestacion. a.l- seman.a.)	1.433
VIEIRA et al., 2013	M	RO	Rib. (LACT)	F	Cab. (HgT) e L. (MeHg)	Ad	15 a 42	157



Referência	Regiões Hidrográficas ¹	UF	Tipo de Comunidade ²	Gênero Amostrado ³	Amostras/ biomarcadores ⁴	População ⁵	faixa etária (anos)	n amostral
MILHOMEM FILHO, 2012	TA	MA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	Ad	14 a 60	25 famílias
BARCELOS et al., 2012	T	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	Ad. In.	15 a 83	144
FARIAS et al., 2012	N	AM	Urb.	MF	Cab. (HgT)	In.	2 a 7	201
PINHEIRO et al., 2012	T	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	-	-	882
DUTRA et al., 2012	T	PA	Urb.	MF	Cab. (HgT)	In.	8 a 10	137
AMORAS, 2011	T	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	In.	0 a 60 meses	103
GROTTO et al., 2010	T	PA	Rib.	MF	Cab. e San. (HgT)	Ad	15 a 80	108
MALM et al., 2010	T	PA	Rib. (M&F)	MF	Cab. (HgT e MeHg)	Ad	15 a 53	83
FARRIPAS, 2010	T	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	Ad	16 a 74	112
BORTOLI, 2009	N	AM	Urb.	F	Cab.	Ad	19 a 50	54
FILLION et al., 2009	T	PA	Rib.	MF	Cab.	Ad	15 a 65	456
PASSOS et al., 2008	T	PA	Rib.	MF	Cab. e San.	Ad	15 a 65	256



Referência	Regiões Hidrográficas ¹	UF	Tipo de Comunidade ²	Gênero Amostrado ³	Amostras/ biomarcadores ⁴	População ⁵	faixa etária (anos)	n amostral
PINHEIRO et al., 2008	T, TA	PA	Rib.	F	Cab. (HgT)	Ad	46 a 65	87
PASSOS e MERGLER, 2008	A	n.a.	Geral	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RODRIGUES et al., 2007	T	PA	Gar.	M	Uri. (HgT)	Ad	18 a 74	20
CORBETT et al., 2007	TA	PA	Gar.	MF	Uri.	-	-	235
PASSOS et al., 2007	T	PA	Rib.	MF	Cab. e San. (HgT)	Ad	15 a 89	449
PINHEIRO et al., 2007	T, TA	PA	Rib.	MF	Cab.	In.	0 a 12	168
FARIAS, 2006	N, PU, T, M	AM	Rib.	MF	Cab. (HgT e MeHg)	In.	crianças pré-escolares	91
PINHEIRO et al., 2006	T, TA	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	Ad. In.	crianças e adultos (15 a 65)	222
ALVES et al., 2006	N	AM	Rib.	MF	Cab.	Ad	15 a 50	210
FILLION et al., 2006	T	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	Ad	15 a 89	251
BASTOS et al., 2006	M, N, T	AM	Rib.	MF	Cab.	-	-	713
DÓREA et al., 2005	T	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	-	-	296



Referência	Regiões Hidrográficas ¹	UF	Tipo de Comunidade ²	Gênero Amostrado ³	Amostras/ biomarcadores ⁴	População ⁵	faixa etária (anos)	n amostral
TAVARES et al., 2005	P	MT	Rib.	MF	Cab. (HgT)	In.	3 a 7	209
SILVA et al., 2004	T, S	AM	Rib./ Gar.	MF	Cab.	Ad	25 a 44	*
PASSOS et al., 2003	T	PA	Rib.	F	Cab. (HgT)	Ad	23 a 62	26
SANTOS et al., 2003	M	RO	Ind.	MF	Cab. (HgT)	Ad. In.	0 a acima de 45	910
SANTOS et al., 2003a	T, TA	PA	Ind.	MF	Cab.	Ad. In.	4 a 97 anos	2.709
DOREA et al., 2003	N	AM	Rib.	F	Cab.	Ad	15 a 45	14
RAMOS, 2003	M	RO	Urb.	MF	Cab., San., Umb. (HgT)	Ad	15 a 45	100
CROMPTON et al., 2002	T	PA	Rib.	MF	Cab.	Ad. In.	2 a 77	205
HARADA et al., 2001	T	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	Ad. In.	1 a 67	132
BARBOSA et al., 2001	N	AM	Rib.	MF	Cab. (HgT)	Ad. In.	adultos e crianças	149
SANTOS et al., 2000	T	PA	Rib.	MF	Cab.	Ad. In.	0 a 65	220 (1994), 327 (1995) e 321 (1996)

Referência	Regiões Hidrográficas ¹	UF	Tipo de Comunidade ²	Gênero Amostrado ³	Amostras/biomarcadores ⁴	População ⁵	faixa etária (anos)	n amostral
DOLBEC et al., 2000	T	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT)	Ad	15 a 79	68
PINHEIRO et al., 2000	T, TA	PA	Rib.	MF	Cab. (HgT e MeHg)	Ad	25 a 37	120
HACON et al., 2000	T	MT	Gar. (GEST)	F	-	Ad	14 a 45	110
SILVA-FORSBERG et al., 1999	N	AM	Rib.	MF	Cab. (HgT)	Ad. In.	42 a 62	154

Notas:

¹ Regiões Hidrográficas (RH)

A: Amazônica; M: Madeira (RH Amazônica); N: Negro (RH Amazônica); T: Tapajós (RH Amazônica); S: Solimões (RH Amazônica); P: Purus (RH Amazônica); TA: RH Tocantins-Araguaia; ANO: RH Atlântico Nordeste Ocidental; P: RH Paraguaí.

² Tipo de Comunidade

Gar.: garimpeira; Ind.: indígena; Quil.: quilombola; Rib.: ribeirinha; Rur.: rural; Urb.: urbana;

³ Gênero amostrado

M: Masculino; F: Feminino

⁴ Amostras/biomarcadores

Cab.: Cabelo; San.: Sangue; Uri.: urina; L.: leite; Umb.: Cordão Umbilical;

HgT: Mercúrio Total; MeHg: Metilmercúrio. n.a.: Não Aplicável

⁵ População

Ad.: Adulta; In.: Infantil.

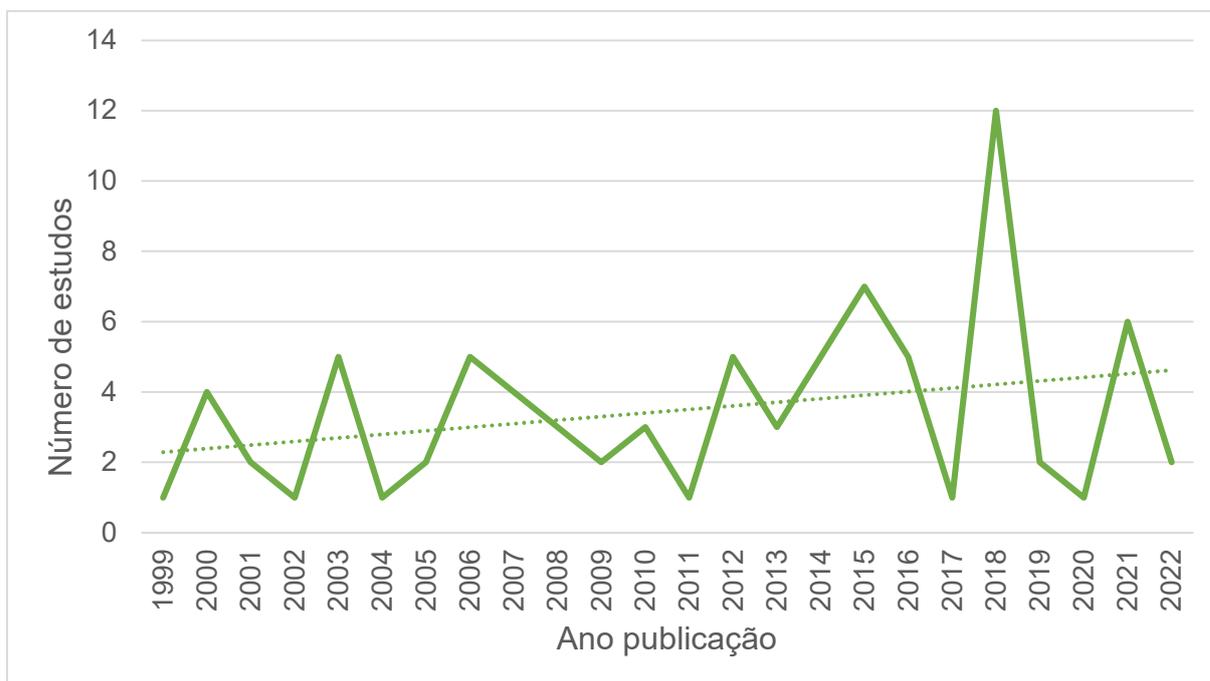
n.a.: Não Aplicável

- : Sem informação/identificação

Fonte: Elaborado pela Autora.

Dos 83 estudos em saúde, 54 (65,06%) foram publicados em periódicos de acesso aberto. A maioria dos estudos são transversais (89,16% – 74 estudos). Os anos que se destacaram em termos de número de estudos publicados foi 2018 (14,46% – 12) e 2021 (7,23% – 6), apresentando uma tendência de aumento desde 1999 (Figura 2).

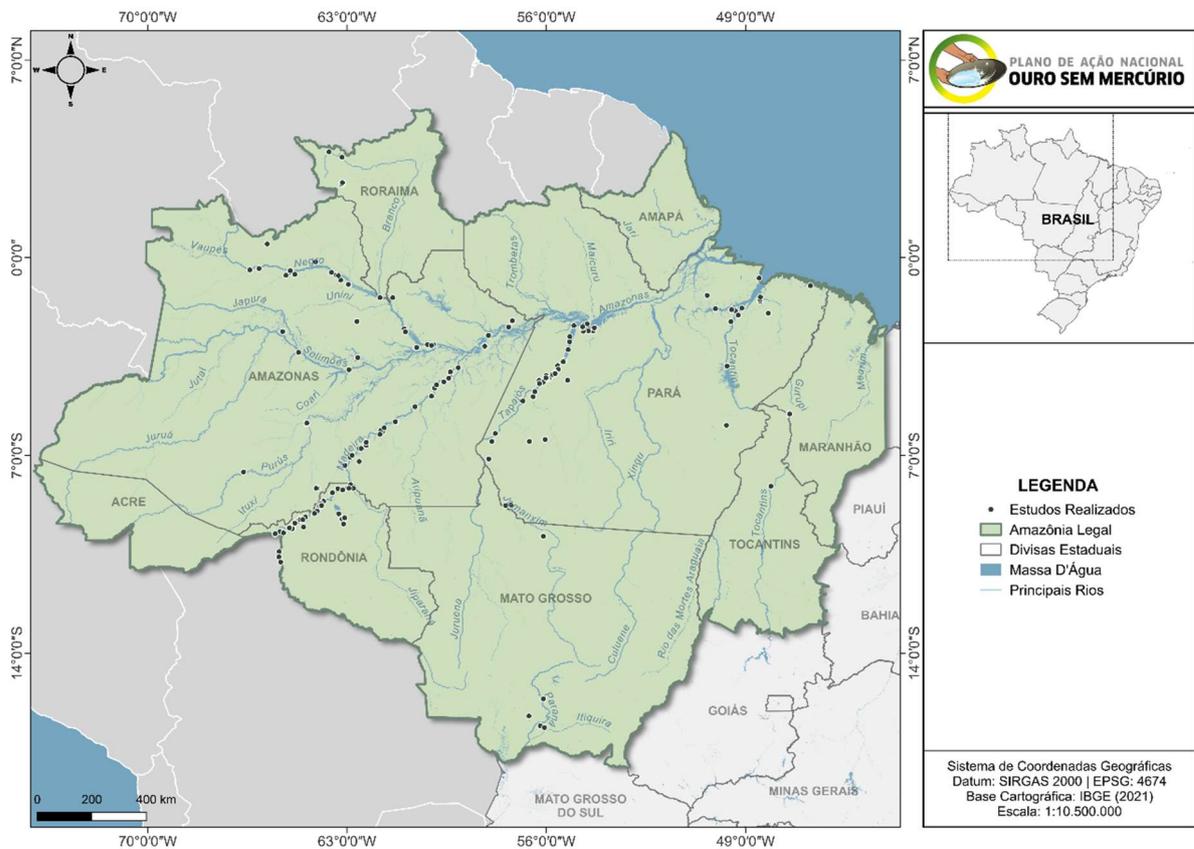
Figura 2. Quantitativo de estudos sobre contaminação humana por mercúrio por ano de publicação.



Fonte: Elaborado pela Autora.

A maior parte dos estudos concentrou-se no Tapajós (54,22% – 45 estudos) e no Madeira (20,48% – 17 estudos), localizados na Região Hidrográfica Amazônica, conforme definições da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (BRASIL, 2015). Também foram analisados estudos nos rios: Negro, Tocantins, Teles Pires, Jamanxim, Amazonas, Púrus, Urubaxi, Jamari, Mamoré, Marauia, Acará, Cuiabá, Maia, Cuiuni e Uraricoera (Figura 3).

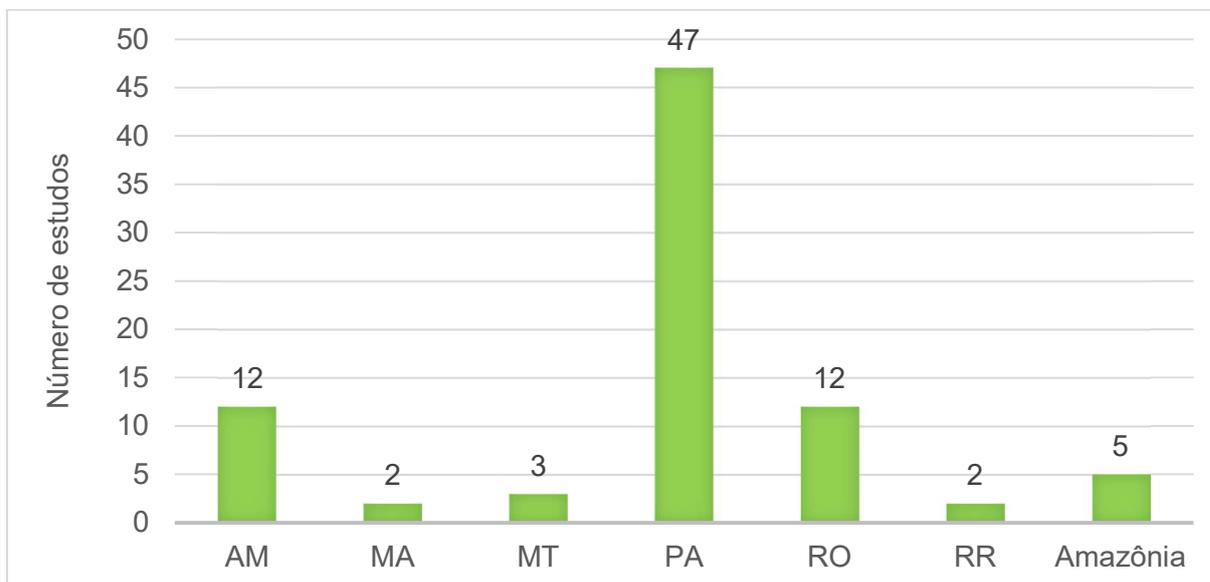
Figura 3. Distribuição geográfica dos estudos de contaminação humana por mercúrio realizados na Amazônia Legal.



Fonte: Autora, a partir dos dados obtidos na pesquisa.
Elaboração: geoprocessamento do Projeto Ouro Sem Mercúrio.

Os estudos predominam no Estado do Pará (56,63% – 47), seguido pelos Estados de Rondônia (14,46% – 12) e Amazonas (14,46% – 12), Mato Grosso (3,61% – 3), Maranhão (2,41% – 2), Roraima (2,41% – 2) e na Amazônia como um todo, em 6,02% (5) dos estudos (estes últimos referentes às revisões sistemáticas) (Figura 4).

Figura 4. Quantitativo de estudos sobre contaminação humana por mercúrio por Unidade de Federação (UF) e Amazônia.



Fonte: Elaborado pela Autora.

A maioria dos estudos em saúde foi realizada em comunidades ribeirinhas (72,29% – 60), seguidos pelas comunidades urbanas (10,84% – 9), garimpeiras (9,64% – 8), indígenas (7,23% – 6), rurais (3,61% – 3) e quilombolas (1,20% – 1) (Tabela 1). A população geral corresponde à 6,02% (5) dos estudos.

Vale salientar que é interessante um único estudo amostrar diferentes comunidades de distintas localidades, Estados, bacias e regiões hidrográficas para fins de comparação quanto aos níveis de exposições e intoxicação ao mercúrio entre as comunidades. Deste modo, como alguns estudos tiveram também esse fim, o total de comunidades ultrapassou o quantitativo de estudos totais analisados – 83 estudos – visto que nove dessas evidências realizaram amostragens em comunidades diversas, como ribeirinhas, rurais, urbanas, dentre outras.

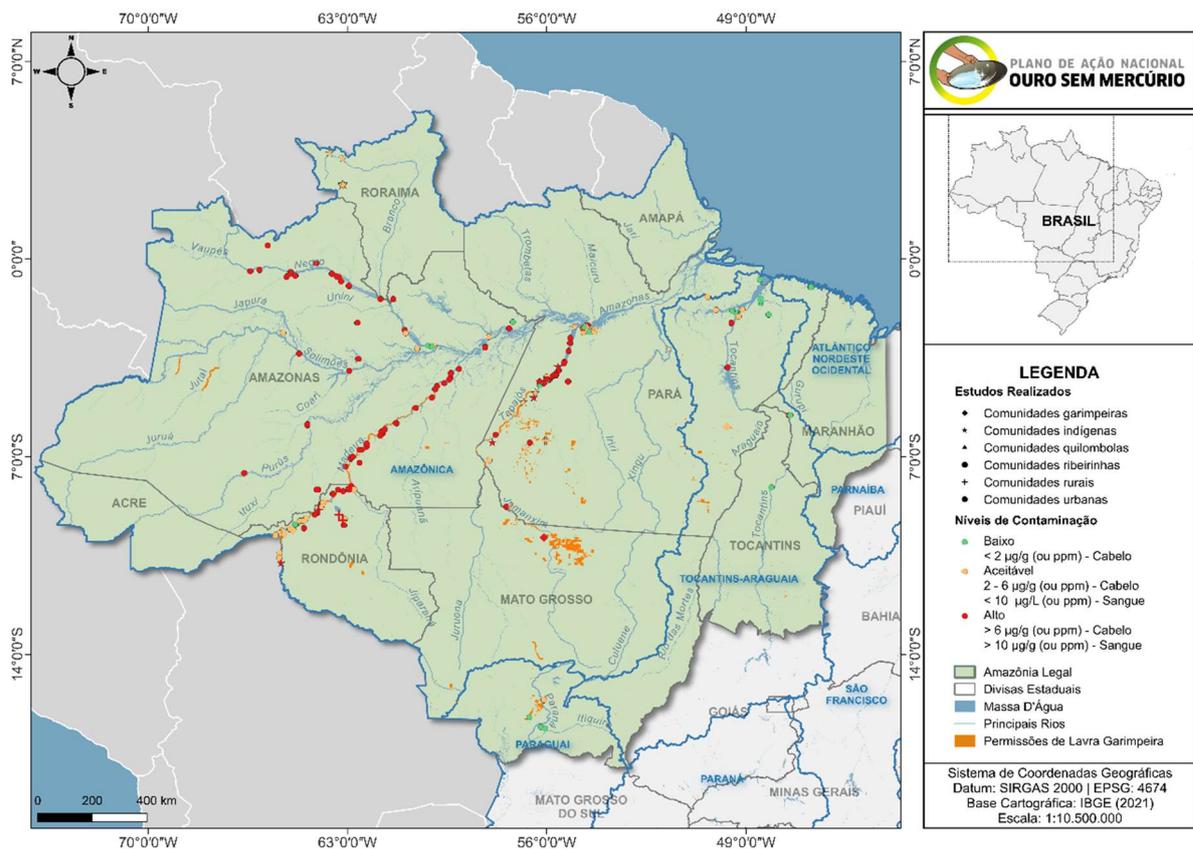
Adicionalmente, predominam estudos em adultos (48,19% – 40), seguidos por adultos e crianças (24,01% – 20) e crianças (18,07% – 15). Quanto ao gênero, a maioria das pesquisas coletaram amostras de ambos os sexos (79,52% – 66 estudos). Os demais não especificaram ou não foi possível identificar a população avaliada.

As pesquisas em saúde avaliadas neste relatório se concentraram em análise de mercúrio em amostras de cabelo (86,54% – 75 estudos), com determinação de HgTotal (HgT) na maioria delas. Além do cabelo, o mercúrio foi analisado em urina, sangue, leite, plasma sanguíneo e cordão umbilical (Tabela 1).

5.2. Descrição Geral da Situação de Saúde com Base nas Evidências

Pesquisas reportam que o nível médio ou mediano de exposição ao mercúrio em amostras capilares e de sangue na população amazônica excede o limite normal preconizado pela OMS (ARRIFANO et al., 2018, ARRIFANO et al., 2018a; BARBOSA et al., 2001; BASTA et al., 2021; CASTRO e LIMA, 2018; FARIAS, 2006; GROTTTO et al., 2010; LIMA, 2014; MENESES et al., 2022). Dentre essas se destacam nas proximidades ou às margens dos rios mais estudados (BARBOSA et al., 2001; BASTA et al., 2021; FARIAS, 2006; GROTTTO et al., 2010; MENESES et al., 2022) (Figura 5 e Apêndice 3).

Figura 5. Comparativo entre os resultados de contaminação humana por mercúrio e a distribuição das PLG de ouro na Amazônia Legal



Fonte: Fonte: Autora, a partir dos dados obtidos na pesquisa. Elaboração: geoprocessamento do Projeto Ouro Sem Mercúrio.

Em relação aos limites preconizados pelas agências e organizações internacionais, utilizou-se os parâmetros de referência de indicadores da OMS, uma vez que não há valores de referência e limites de tolerância nacionais para amostras biológicas humanas no país.

Assim, em que pese não existirem limites seguros para exposição ao mercúrio, foi considerado para amostras de cabelo (indicador para exposição ambiental), nível de mercúrio $\geq 6,0 \mu\text{g/g}$ (ou ppm) como indicador de risco à saúde e $2,0 \mu\text{g/g}$ para indivíduos não expostos (UNEP/WHO, 2008). Estudos prévios realizados na região amazônica utilizaram tais indicadores para amostras de cabelo (BASTA et al., 2021; BASTOS et al., 2006; FAIAL, et al., 2015; HACON, et al., 2014; MALM, et al., 1995; MARINHO et al., 2014; SANTOS et al., 2003; CASTRO e LIMA, 2018; VEGA et al., 2018).

No entanto, cabe destacar que indivíduos que consomem peixes, principalmente os predadores/carnívoros, uma ou mais vezes por dia até três vezes na semana, podem apresentar concentrações de mercúrio no cabelo acima de $10 \mu\text{g/g}$ (UNEP/WHO, 2008).

Ainda, foi seguindo o limiar estabelecido para sangue de $10 \mu\text{g/L}$ como limite de segurança em saúde (WHO, 1990) e $50 \mu\text{g/g}$ de creatinina (WHO, 1991; UNEP/WHO, 2008) para a concentração máxima urinária de mercúrio recomendada para indivíduos ocupacionalmente expostos. Os níveis urinários de mercúrio raramente excedem $5 \mu\text{g/g}$ de creatinina em indivíduos que não são ocupacionalmente expostos ao mercúrio (UNIDO, 2003; UNEP/WHO, 2008).

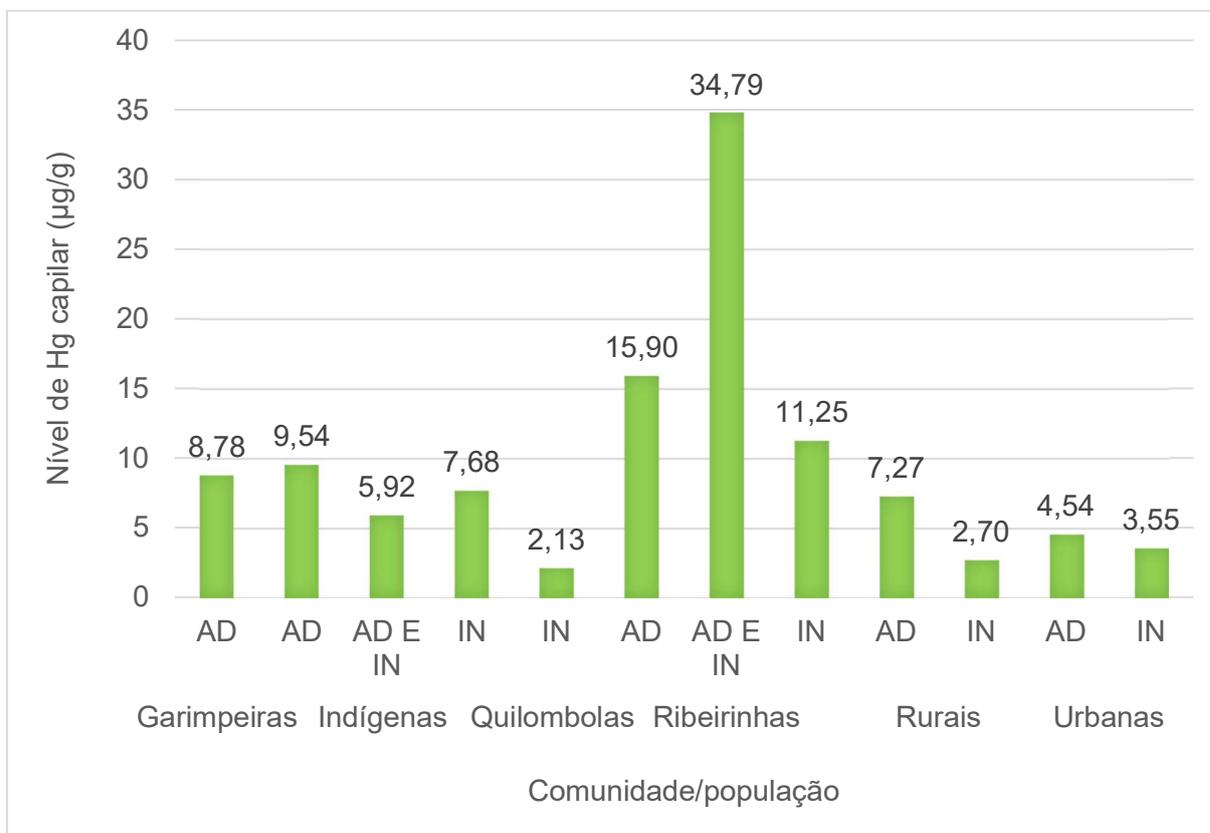
Para o Comitê da FAO/OMS de Especialistas em Aditivos Alimentares (JECFA – sigla em inglês), a caracterização do perigo é expressa como a Ingestão Semanal Tolerável Provisória (PTWI) e está estabelecida em $1,6 \mu\text{g}$ de MeHg por kg de peso corporal (FAO/WHO, 1972, 1978, 1989, 2000, 2004, 2007 *apud* UNEP/WHO, 2008). Pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA – sigla em inglês) é de $0,1 \mu\text{g/kg}$ de peso corporal/dia, equivalente a PTWI de $0,7 \mu\text{g/Kg}$ de MeHg por semana (NRC, 2000; UNEP/WHO, 2008).

De acordo com a relação 175:250:5:1 para ingestão de metilmercúrio ($\mu\text{g/kg}$ por semana): mercúrio cabelo (em ppm): mercúrio cérebro (em ppm): mercúrio sangue total (em ppm) (CLARKSON; VYAS; BALLATORI, 2007; NRC, 2000; UNEP/WHO, 2008), pesquisadores identificaram que as populações amazônicas consomem de 2 a

6 vezes as doses de referência internacionalmente reconhecidas (CRESPO-LOPEZ et al., 2021).

Em relação aos níveis médios de mercúrio por comunidade (garimpeiros, indígenas, quilombolas, ribeirinhas, rurais e urbanas) em adultos e crianças, os resultados mostram que a população geral (adulta e infantil) ribeirinhos apresentam o maior nível médio de Hg capilar (34,79 $\mu\text{g/g}$) (Figura 6 e Apêndice 3). Altas concentrações médias de Hg em amostras de cabelo também são encontradas em indivíduos adultos indígenas (9,54 $\mu\text{g/g}$) e rurais. As crianças ribeirinhas e indígenas apresentam elevados teores de Hg capilar, com valores médios de 11,25 $\mu\text{g/g}$ e 7,68 $\mu\text{g/g}$, respectivamente. Cumpre mencionar que as comparações são genéricas e abrangentes, considerando que os estudos foram realizados em anos, períodos, populações, faixas etárias, gênero e localidades diferentes, tal como existem metodologias e protocolos distintos aplicados entre os estudos.

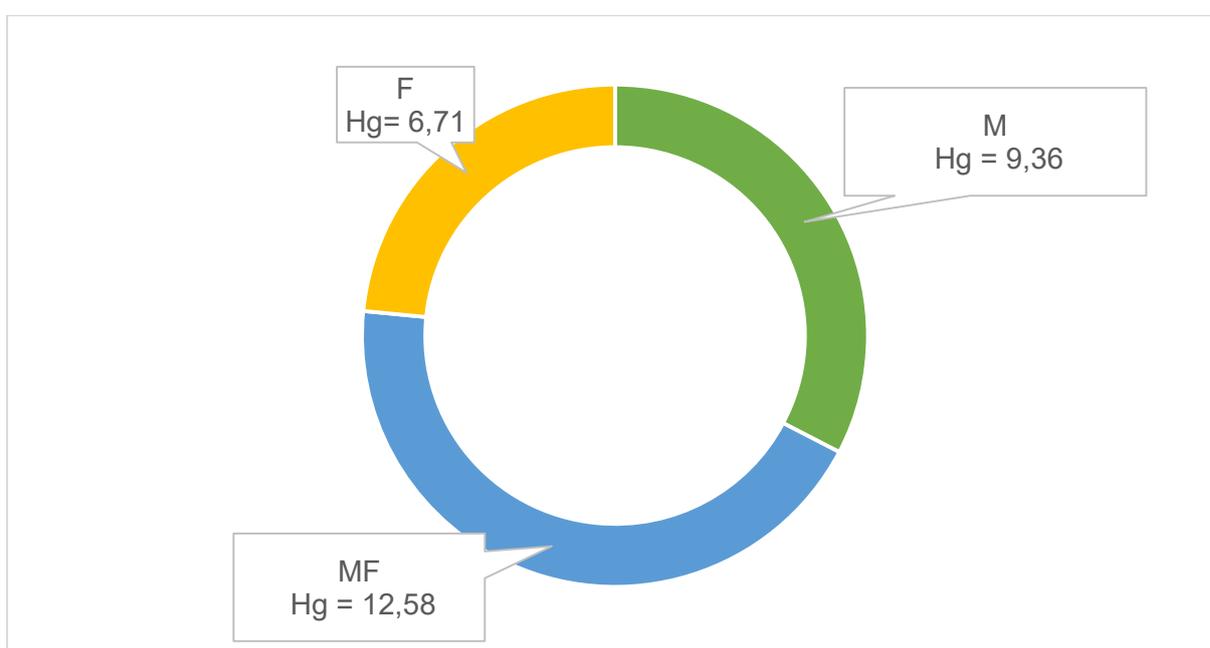
Figura 6. Nível médio ($\mu\text{g/g}$) de mercúrio em cabelo em diferentes comunidades da Amazônia.



Fonte: Elaborado pela Autora.

A média dos níveis de Hg capilar na população masculina é maior do que na feminina (9,36 $\mu\text{g/g}$ e 6,71 $\mu\text{g/g}$, respectivamente). A média de Hg capilar de pesquisas realizadas em ambos os sexos (HM) representa o valor de 12,58 $\mu\text{g/g}$ (Figura 7). A média de Hg em amostras de urina na comunidade garimpeira representa 13,73 $\mu\text{g/L}$, atingindo o valor de 400 $\mu\text{g/L}$ (RODRIGUES et al., 2007). No sangue o nível médio corresponde 58,7 $\mu\text{g/L}$ em indivíduos das comunidades ribeirinhas.

Figura 7. Nível médio ($\mu\text{g/g}$) de exposição ao Hg capilar por gênero da população da Amazônia



(M - Masculino; F – Feminino; MF – Masculino e Feminino)

Fonte: Elaborado pela Autora.

Concentrações médias de mercúrio foram encontradas em amostras de cabelo de comunidades ribeirinhas da Bacia do Rio Negro, Estado do Amazonas, com médias de até 97,44 $\mu\text{g/g}$ (amostra coletada em 1993) (SILVA FORBSBERG et al., 1999) (Apêndice 3).

Recentemente, valores elevados de HgT também foram encontrados em comunidades ribeirinhas do Tapajós/PA, média até 54,3 $\mu\text{g/L}$ e valor máximo de 296,5 $\mu\text{g/L}$ (coleta de sangue entre 2015 e 2019) (MENESES et al., 2022). Na Bacia do Rio Madeira, no Estado do Amazonas, o Hg capilar médio atingiu valor de 62,76 $\mu\text{g/g}$ nas comunidades ribeirinhas (coleta de amostras entre 2001 e 2003) (BASTOS et al.,

2006). Altos níveis de mercúrio também foram encontrados em indivíduos próximos à Usina Hidrelétrica Tucuruí, ao longo do Rio Tocantins (Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia), atingindo 47,6 µg/g de HgT capilar (ARRIFANO et al., 2018a).

Dessa forma, estudos confirmam a exposição crônica no Brasil e registram alguns dos níveis mais altos de exposição humana no mundo (CASTRO e LIMA, 2018; CRESPO-LOPEZ et al., 2021; SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021).

Quanto à exposição ocupacional, elevadas concentrações de HgT foram encontradas em amostras de urina de garimpeiros em São Chico/PA e Creporzinho/PA, na Bacia do Rio Tapajós, com médias de 17,37 µg/g e 13,75 µg/g, respectivamente (CASTILHOS et al., 2015) (Apêndice 3).

Portanto, diante do levantamento realizado e em consonância com a literatura internacional, incluindo a revisão sistemática de BASU et al. (2018), é possível identificar como populações preocupantes no país: (i) as comunidades que têm peixe como base da dieta (especialmente populações ribeirinhas e indígenas), ou seja, populações expostas ambientalmente ao mercúrio; e (ii) e indivíduos que trabalham ou residem em áreas de MAPE de ouro.

5.2.1. Exposição ambiental

Reitera-se que o cabelo é considerado um indicador biológico chave em estudos de exposição ao mercúrio em populações que consomem peixes. É uma amostra não invasiva de coleta, sendo relativamente bem aceita pelos participantes das pesquisas (MARINHO et al., 2015). Frisa-se que o Hg orgânico, principalmente o MeHg, pode ser responsável por aproximadamente 95% do HgT no cabelo (WHO, 1989) e estudos na Amazônia brasileira estão em consonância com tal resultado (ARRIFANO et al., 2018; ARRIFANO et al., 2018a; MARINHO et al., 2014).

Estudos realizados nessa região reportam que os níveis de mercúrio encontrados em amostras de cabelo recolhidas de grupos estudados que viviam em áreas próximas à extração de ouro são significativamente mais elevados do que grupos controle – ou seja, populações que vivem em áreas sem histórico de atividade de garimpo (FREITAS et al., 2018; KHOURY et al., 2013; MARINHO et al., 2014; PINHEIRO et al., 2006; PINHEIRO et al., 2007; TAVARES et al., 2005; VIANNA et al., 2022).

Os dois grupos de populações comparados – de estudo e de controle – apresentam geralmente características semelhantes entre si, como características socioeconômicas e demográficas (baixo nível de escolaridade e renda), consumo de pescado, estado nutricional e manifestações clínicas (LIMA, 2014).

A população estudada (grupo de estudo) se localiza principalmente no Tapajós, no Município de Itaituba, enquanto os grupos controle das comunidades incluem: Rio Tocantins (Acará/PA, Limoeiro do Ajuru/PA, Pindobal Grande/PA, Panacauera/PA); Rio Guajará de Beja (Ananindeua/PA); Rio Cuiabá (Barão de Melgaço/PA); Panacauera/PA. Grupos de pesquisa também foram considerados em comunidades ao longo do Rio Negro e controle em Manaus/AM.

Adicionalmente, estudos também foram desenvolvidos para avaliar a exposição ao mercúrio da população dessa região, com base na relação entre o nível de contaminação ao metal dos indivíduos e a localização geográfica das atividades de extração de ouro (FREITAS et al., 2018; VEGA et al., 2018).

A título de exemplo, VEGA et al. (2018) realizaram um estudo transversal em mulheres e crianças indígenas da reserva Yanomami, no Estado de Roraima, no qual os autores sugeriram haver associação entre a exposição ao mercúrio e a localização geográfica de extração ilegal de ouro. A Razão de Prevalência (RP) foi estimada como um indicador de associação entre a localização geográfica da MAPE de ouro e a exposição humana ao mercúrio. O nível de significância de 5% ($p < 0,05$) foi considerado para todos os testes estatísticos. Como resultado, a prevalência de HgT capilar foi acima de 6 $\mu\text{g/g}$ em 92,3% da população da aldeia Waikás Aracaca – onde a atividade de extração ilegal foi relatada.

Alguns pesquisadores reforçam a hipótese de que as atividades de extração de ouro, sobretudo ilegal, ainda são a principal fonte de contaminação humana por mercúrio nas regiões estudadas por estes ou na região Amazônica como um todo (BASTA et al., 2021; COSTA JUNIOR et al., 2017; CRESPO-LOPES et al., 2021; CROMPTON et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2021; FAIAL et al., 2015; HACON et al., 2000; HARADA et al., 2001; KHOURY et al., 2013; MARINHO et al., 2014; SANTOS et al., 2000; VIANNA et al., 2022).

Entretanto, estudos focados na exposição ao mercúrio das populações amazônicas também sugerem que outras fontes de emissão desse metal contribuem

simultaneamente para a contaminação desses indivíduos e, principalmente, da biota aquática.

Assim, pesquisadores sugerem elevadas concentrações de mercúrio nos compartimentos abióticos e bióticos da Amazônia provenientes de fonte única ou múltiplas, tais como: extração de ouro (legal e ilegal) (AMORAS, 2011; ANDRADE, 2015; BASTA et al., 2021; FIOCRUZ, 2016; LINO et al., 2019; MENDES et al., 2021; MENESES et al., 2022; SERRA; SILVA.; BERNARDI, 2021); desmatamento e queimadas (MENDES et al., 2021; MILHOMEM FILHO, 2012; SÁ et al., 2019); transporte atmosférico do mercúrio (DUTRA et al., 2012; MENESES et al., 2022; OLIVEIRA et al., 2018); contaminação natural (ANDRADE, 2015); represamento hidrelétrico (ARRIFANO et al., 2018; ARRIFANO et al., 2018; SERRA; SILVA.; BERNARDI, 2021) e remobilização do solo (BASTOS et al., 2006; ROULET et al., 1998; WASSERMAN; HACON; WASSERMAN, 2003).

Por sua vez, em concordância com a literatura internacional, pesquisadores têm observado que as concentrações de mercúrio nos cabelos são maiores à medida que há maior ingestão de peixes contaminados pelo mercúrio nos hábitos alimentares (BASTOS et al., 2006; HARADA et al., 2001; VIANNA et al., 2022). Assim, existem resultados sugestivos de uma associação entre o consumo de pescados contaminados por Hg e crescimento expressivo de HgT em amostras de sangue e cabelo (BASTA et al., 2021; CASTRO e LIMA, 2014; CASTRO e LIMA, 2018; HACON et al., 2020; MARQUES et al., 2013; PASSOS et al., 2008; TAKANASHI, 2014).

Alguns estudos relatam concentrações de mercúrio acima do estabelecido pela OMS (0,5 ppm) e USEPA (0,3 ppm) em peixes não piscívoros e/ou piscívoros da Amazônia (FAIAL et al., 2015; BASTA et al., 2023; RODRIGUEZ MARTIN-DOIMEADIOS et al., 2014, COSTA et al., 2023). As concentrações de Hg nos pescados dependem da localização da amostragem, sazonalidade, espécies e nível trófico dos pescados.

Em relação aos limites de tolerância para pescados estabelecimentos nacionalmente, cabe ressaltar que a legislação brasileira estabelece limites máximos de mercúrio de 1,0 e 0,5 ppm para peixes piscívoros e não piscívoros, respectivamente (BRASIL, 1998).

De modo geral, espécies piscívoras, como por exemplo tucunaré (*Cichla* sp.) e dourada (*Brachyplatystoma flavicans*), apresentaram níveis significativamente mais

altos de mercúrio (principalmente MeHg) do que as não piscívoras, como por exemplo aracú (*Leporinus* sp.) ou pacú (*Mylossoma* sp.) (CARVALHO, 2016; COSTA et al., 2023; CRESPO-LOPEZ et al., 2021; FARIAS, 2006; LINO et al., 2018; SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021).

Na Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia, por exemplo, pesquisadores identificaram peixes herbívoros como *Anostomidae* sp e *Prochilodus nigricans* apresentaram níveis de mercúrio mais baixos (0,06 – 0,22 µg/g) do que peixes onívoros ou piscívoros, como *Cichla* sp. (0,41 – 2,2 µg/g) (KEHRIG et al., 2008, KEHRIG et al., 2009, RODRIGUEZ MARTIN-DOIMEADIOS et al., 2014 *apud* SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021).

LINO et al. (2018) encontraram concentrações de HgT em músculo dos peixes do Tapajós (129 espécies de peixes de quatro pontos da região) com variações de 0,03 a 1,51 µg/g por peso úmido. As maiores concentrações de HgT foram observadas em peixes carnívoros (0,40 – 1,51 µg/g por peso úmido), sendo os peixes não carnívoros valores observados de 0,03 – 0,30 µg/g por peso úmido. De acordo com os autores, 80% das amostras estavam abaixo do valor de Hg recomendado pela OMS para consumo humano.

Ainda no Tapajós, segundo CRESPO-LOPEZ et al. (2021), as espécies piscívoras contêm uma média de 0,36 – 0,66 µg/g de mercúrio (músculo de peixe) (RODRIGUEZ MARTIN-DOIMEADIOS et al., 2014; LINO et al., 2018; LINO et al., 2019). Níveis de mercúrio de aproximadamente 0,03 µg/g foram encontrados em espécies não piscívoras, como *Leporinus* sp. ou *Mylossoma* sp. (RODRIGUEZ MARTIN-DOIMEADIOS et al., 2014). Com esses níveis de mercúrio, todas essas espécies (piscívoras e não piscívoras) são atualmente liberadas para consumo humano de acordo com a legislação brasileira (CRESPO-LOPEZ et al., 2021).

Em um estudo realizado no Baixo Amazonas para se obter as concentrações de elementos-traço em 351 peixes (polpas), 16% das espécies carnívoras excederam as concentrações máximas de mercúrio estabelecidas na legislação brasileira para peixes destinados ao consumo humano (ALBUQUERQUE et al., 2020).

Portanto, de acordo com os limites da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (BRASIL, 1998), essas concentrações estão na faixa considerada aceitável para a maioria das espécies de peixes estudados.

Entretanto, conforme amplamente abordado na literatura, até mesmo o consumo de peixes com níveis de mercúrio abaixo da legislação brasileira pode ser um risco devido às propriedades bioacumulativas do metal. Embora seja importante não ultrapassar os valores recomendados pela ANVISA, comunidades com pouca diversidade alimentar e deficiências nutricionais consomem maiores quantidades de pescado. Dessa forma, valores relativamente baixos de Hg nos peixes podem se acumular ao longo do tempo, representando um risco para as populações expostas a médio e longo prazo (FARIAS, 2006; FIOCRUZ, 2016).

Embora o comportamento do mercúrio seja multifatorial (vide item “4.5 Fase de exposição e intoxicação por mercúrio”), alguns estudos identificaram uma maior concentração de HgT no cabelo masculino em comparação com o Hg capilar feminino (ANDRADE, 2015; ARRIFANO et al., 2018a; MILHOMEM FILHO, 2012; FARIAS et al., 2012) (Figura 7). Uma hipótese se deve ao maior consumo de peixes e mamíferos marinhos pelos indivíduos do sexo masculino e, conseqüentemente, à maior bioacumulação do metal nestes.

Evidências sugerem a atividade ocupacional (MILHOMEM FILHO, 2012) ou menor instrução por parte desses indivíduos em substituir peixes contaminados por alimentos nativos e ricos em selênio (ANDRADE, 2015) como justificativas pelo maior consumo de peixes contaminados.

MILHOMEM FILHO (2012), em estudo em comunidades ribeirinhas do município Imperatriz/MA (Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia), identifica concentração média de HgT em pescadores homens ($1,01 \pm 1,97$ ppm) mais elevada quando se compara com mulheres ($0,69 \pm 0,82$ ppm) ($p < 0,05$). A justificativa pelo autor é devido à permanência dos homens no rio durante sua atividade ocupacional – não dispondo de outras fontes proteicas – enquanto mulheres possuem facilidade de outras fontes de proteína por estarem mais próximas da sede do município MILHOMEM FILHO (2012).

As comunidades tradicionais ribeirinhas e indígenas, ambientalmente mais expostas devido ao maior consumo de pescado, geralmente são populações de áreas isoladas (CARVALHO, 2016; MARQUES et al., 2013; MENDES et al., 2021; VEGA et al., 2018). Por sua vez, localidades onde vivem essas populações não possuem estradas e rodovias, sendo possível o acesso apenas por embarcações e viagens

aéreas (VEGA et al., 2018). Essas populações vivem da pesca, da caça, da mata, da pecuária e agricultura de subsistência (AMORAS, 2011).

Portanto, os indicadores socioeconômicos desfavoráveis (TAVARES et al., 2005) e a localização geográfica afetam também o acesso aos bens e serviços dessas populações, incluindo produtos alimentícios e variedades de proteínas, saneamento básico, assistência e vigilância em saúde (vide item “5.6.3 *Análise da atuação do setor saúde na Amazônia*”).

Quanto à exposição ambiental ao mercúrio, especialmente nas comunidades ribeirinhas e indígenas da Amazônia, estudos demonstram a necessidade de dar maior atenção às mulheres em idade fértil, gestantes (COSTA JUNIOR et al., 2017; DOREA et al., 2003; FARRIPAS, 2010; FIOCRUZ, 2016; HACON et al., 2000; MENDES et al., 2021; MENESES et al., 2022; PINHEIRO et al., 2008) e crianças (AMORAS, 2011; BASTA et al., 2021; CARVALHO, 2016; DUTRA et al., 2012; FIOCRUZ, 2016; LIMA, 2014; MALM et al., 2010; MENDES et al., 2021; SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021).

A preocupação levantada se deve principalmente ao elevado teor de mercúrio nas amostras de cabelo e sangue dessas populações, havendo a possibilidade de o MeHg atravessar as barreiras transplacentárias e hematoencefálias, entrando no SNC (DUTRA et al., 2012; LIMA, 2014; MALM et al., 2010; MARQUES et al., 2013; RAMOS, 2003).

A exposição transplacentária é arriscada e pode afetar adversamente o neurodesenvolvimento fetal, sobretudo se as gestantes consumirem níveis elevados de MeHg (DUTRA et al., 2012). Alguns fatores estão correlacionados a uma maior sensibilidade do indivíduo ao Hg. Segundo FONSECA et al. (2007), as crianças são mais suscetíveis à intoxicação por mercúrio por apresentarem seus mecanismos fisiológicos imaturos (SNC, função renal), principalmente em exposição intraútero.

Os riscos à saúde podem variar a depender da predisposição genética, estágio de desenvolvimento, idade, status nutricional e de saúde, histórico de exposição às substâncias, dentre outros (FONSECA et al., 2007).

O consumo frequente de peixes apresentou relações estatísticas significativas ($p < 0,05$) com o HgT no cabelo das crianças e das mães (MARQUES et al., 2011, MARQUES et al., 2012, MARQUES et al., 2013; MENDES et al., 2021; RAMOS, 2003).

Acrescenta-se que o tempo de amamentação também apresentou relações estatísticas significativas com o HgT no cabelo das crianças dos grupos entre 6 e 12 meses no Tapajós (AMORAS, 2011). Além disso, estudo confirma a exposição congênita do agente via placenta e cordão umbilical (RAMOS, 2003).

Em estudo transversal com mães e recém-nascidos da área urbana da cidade de Porto Velho/RO, RAMOS (2003) observou forte correlação (correlação de Pearson, $p < 0,05$) entre a concentração do HgT na placenta e no cordão umbilical ($r = 0,831$); entre a placenta e o cabelo materno ($r = 0,296$); entre a placenta e o sangue materno ($r=0,296$); e entre o cabelo do recém-nascido e da mãe ($r = 0,339$).

Outro estudo foi realizado na área urbana de Itaituba/Pará, por meio de uma avaliação longitudinal da exposição ao mercúrio em amostras de cabelo e sangue de cordão umbilical de crianças nos anos de 2004, 2006 e 2010 (DUTRA et al., 2012). Os níveis médios de mercúrio no sangue ao nascimento excederam ao nível de referência da OMS, chegando até quase $60\mu\text{g/L}$, o que indica transferência de mercúrio através da placenta (DUTRA et al., 2012).

Porém, houve uma diminuição significativa do agente em 2004 ($p < 0,001$), subsequente e significativo em 2006 ($p < 0,001$), observando-se, ao nascimento, correlação significativa (coeficiente de correlação de Spearman = $0,315$; $p = 0,002$) entre o sangue do cordão umbilical e os níveis venosos maternos (DUTRA et al., 2012).

Todavia, houve aumento significativo do mercúrio no sangue de 2004 a 2006 ($p < 0,001$), sugerindo exposição ao mercúrio metálico pela poluição do ar das lojas de ouro da cidade de Itaituba. De acordo com SOUZA et al. (2008), o estudo do Departamento Nacional de Produção Mineral do Estado do Pará e da Fundação Universidade Federal de Rondônia (2002 a 2006), a refundição de ouro em 17 lojas causou poluição do ar interno e externo com mercúrio na cidade de Itaituba (DUTRA et al., 2012; SOUZA et al., 2008).

Já o nível médio de mercúrio nos cabelos em 2010 das crianças foi de aproximadamente $1\mu\text{g/g}$, variando até $8,22\mu\text{g/g}$, semelhante aos de 2004 e 2006. De acordo com os autores, a justificativa para a reduzida exposição ao Hg pode ser pelo baixo consumo de pescado, apresentando condições socioeconômicas diferentes das comunidades ribeirinhas do mesmo município (DUTRA et al., 2012).

SANTOS et al. (2003) encontraram níveis mais elevados de HgT na população mais jovem e uma diminuição significativa do metal com as idades mais adultas em amostras de cabelo de indígenas Pakaanóva residentes nos municípios de Guajará Mirim e Nova Mamoré, Estado de Rondônia (Bacia do Rio Madeira). Os resultados sugerem que essas crianças apresentam níveis cada vez mais elevados do metal devido à exposição crônica, desde a vida intrauterina (SANTOS et al., 2003).

Adicionalmente, fatores como estado nutricional e precárias condições socioeconômicas na Amazônia são frequentemente reportadas na literatura (AMORAS, 2011; BASTA et al., 2021; CUNHA; MARQUES; DÓREA, 2018; MARQUES et al., 2011, MARQUES et al., 2012, MARQUES et al., 2013; TAKANASHI, 2014; TAVARES et al., 2015). A exposição ao mercúrio tem sido associada ao atraso do crescimento e às interferências no desenvolvimento motor (CUNHA et al., 2017; LIMA, 2014; MARINHO et al., 2014; TAKANASHI, 2014). Sinal de desnutrição pregressa de evolução prolongada em crianças da Amazônia também foi observado (TAKANASHI, 2014).

A título de exemplo, foram iniciadas pesquisas com avaliação transversal do estado de saúde e nutricional de crianças de baixa renda da Bacia do Rio Madeira (MARQUES et al., 2011, MARQUES et al., 2012). A pesquisa consistiu em comunidades de mineiros de estanho e ex-ribeirinhas que haviam sido deslocados por barragem hidrelétrica e, em 2006, o estudo foi ampliado para um estudo de coorte para monitorar o crescimento e neurodesenvolvimento destas comunidades (CUNHA; MARQUES; DÓREA, 2018; MARQUES et al., 2013).

MARQUES et al. (2013) em um estudo de coorte com coleta de amostras em 2006, encontraram mediana de HgT em cabelo materno significativamente diferentes ($p = 0,00001$) nos diversos grupos estudados, como entre ribeirinhos ($12,1 \mu\text{g/g}$), rural ($7,82 \mu\text{g/g}$), urbano ($5,4 \mu\text{g/g}$) e mineiros de estanho ($4,5 \mu\text{g/g}$). A mesma tendência (de medianas) foi observada para o HgT em amostras de cabelo dos recém-nascidos, que também mostrou diferenças significativas entre os grupos ribeirinhos ($3,0 \mu\text{g/g}$), rural ($2,0 \mu\text{g/g}$), urbano ($1,5 \mu\text{g/g}$) e mineiro de estanho ($0,8 \mu\text{g/g}$).

A correlação entre o HgT materno e dos recém-nascidos foi estatisticamente significativa nos ribeirinhos ($r = 0,8952$; $p = 0,0001$), urbana ($r = 0,6744$; $p = 0,0001$) e rural ($r = 0,8416$; $p = 0,0001$), mas não nos pares mãe-bebê do grupo mineiro de estanho ($r = 0,0638$; $p = 0,2752$) (MARQUES et al., 2013). Ainda, por meio de

questionário, os resultados mostraram diferenças no consumo de peixes de água doce entre os grupos. Ou seja, ribeirinhos e habitantes rurais ainda mantêm alto consumo de peixes, enquanto mineradores de estanho não incluem o peixe como principal fonte de proteína na dieta (MARQUES et al., 2013). As comunidades ribeirinhas e rurais, grupos remotos, tinham a menor escolaridade e renda familiar e, portanto, maior consumo de peixe e concentrações de HgT capilar.

Os pesquisadores destacam ainda que, apesar do declínio dos hábitos alimentares de peixes na Amazônia Ocidental, os grupos estudados ainda mostraram níveis relativamente altos de Hg capilar (MARQUES et al., 2013). O HgT em cabelo materno foi importante como biomarcador do consumo materno de peixes e exposição ao MeHg durante a gestação. No entanto, nesses grupos amazônicos, apenas a escolaridade materna e a idade gestacional parecem afetar positivamente o peso ao nascer.

CUNHA e colaboradores (2018) realizaram estudo de coorte em 2007 nas comunidades de ex-ribeirinhas que vivem em área urbanas e não urbanas, incluindo mães e crianças (até 5 anos) residentes nas proximidades dos Rios Jamari, Madeira e Mamoré, para também avaliar o desenvolvimento de crianças expostas ao mercúrio ambiental.

Em amostras de cabelo de mães e de crianças, a média de HgT permaneceu elevada nestes indivíduos das comunidades rurais (11,61 $\mu\text{g/g}$ e 3,42 $\mu\text{g/g}$, respectivamente) e das comunidades urbanas (5,67 $\mu\text{g/g}$ e 2,18 $\mu\text{g/g}$, respectivamente). Embora as altas concentrações de mercúrio, os autores concluíram que o alto consumo de peixes de água doce pelas gestantes não afetou os índices antropométricos das crianças acompanhadas desde o nascimento até os 5 anos de idade (CUNHA; MARQUES; DÓREA, 2018).

Por fim, além dos déficits e alterações no desenvolvimento motor, também foram observadas alterações cognitivas, emocionais, comprometimento seletivo visual, e anemia em crianças expostas da Amazônia (AMORAS, 2011; BASTA et al., 2021; FREITAS et al., 2018; LIMA, 2018; MARINHO et al., 2014; MARQUES et al., 2015; MARQUES et al., 2016; PINHEIRO et al., 2007; TAKANASHI et al., 2014; VIANNA et al., 2022). Doenças como catapora, dengue, infecções intestinais, pneumonia, influenza, febre e cefaleia também foram relatadas na literatura (DUTRA et al., 2012).

5.2.2. Exposição Ocupacional

Em comparação com o quantitativo de estudos em comunidades ambientalmente expostas ao mercúrio, há um número diminuto de pesquisas na literatura com foco na exposição ocupacional ao metal e desfechos em saúde dos trabalhadores em garimpos de ouro da Amazônia Legal.

Os trabalhadores da MAPE de ouro estão geralmente expostos a níveis mais elevados de vapor de mercúrio metálico (sobretudo de forma aguda). Esta subespécie é altamente instável devido às baixas pressões do agente, favorecendo a via pulmonar como a principal forma de exposição e absorção do metal (BOERLEIDER; ROELEVELD; SCHEEPERS, 2017; TABER e HURLEY, 2008). Por outro lado, aproximadamente 30% destes trabalhadores sofrem de intoxicação crônica por vapores de mercúrio com sintomas que incluem ataxia, disdiadococinesia, tremor e défices neurocomportamentais (ILO, 2022).

Esses trabalhadores podem absorver cerca de 80% da dose inalada (UNEP/WHO, 2008). Após absorver os vapores de Hg^0 , é oxidado e forma íons mercuriosos (Hg^{1+}) e mercúricos (Hg^{2+}). Hg^{2+} é eliminado do corpo pela excreção na urina, sendo este quantificado na urina. Assim, o aumento de concentrações urinárias constata a exposição ao mercúrio em amostras coletadas de garimpeiros.

Nesse sentido, a urina é a principal amostra biológica utilizada para determinar a exposição ocupacional ao mercúrio em comunidades garimpeiras da Amazônia (CASTILHOS et al., 2015; CORBETT et al., 2007; RODRIGUES et al., 2007; SILVA et al., 2004). Além disso, também foram realizadas múltiplas análises capilares destes trabalhadores (CASTILHOS et al., 2015; SERRA; SILVA.; BERNARDI, 2021; LACERDA et al, 2020). Comparações também foram feitas entre comunidades expostas ambiental e ocupacionalmente ao mercúrio (CASTILHOS et al., 2015; LACERDA et al, 2020).

De acordo com a exposição ao mercúrio dos garimpeiros, pesquisas predominantemente transversais detectam altos níveis de mercúrio urinário e capilar na comunidade garimpeira, tal como desfechos em saúde que podem ter sido causados pela toxicidade do mercúrio, como alterações neurológicas (CASTILHOS et al., 2015; CORBETT et al., 2007; GIBB e O'LEARY, 2014; HACON et al., 2000; SERRA; SILVA.; BERNARDI, 2021).

Um estudo transversal, focado na avaliação de risco à saúde humana, encontrou altas concentrações de HgT em amostras de urina, sangue e cabelo em parte dos indivíduos pesquisados (325 garimpeiros e 321 não-garimpeiros) de duas áreas de extração de ouro nos municípios de São Chico e Creporizinho, no Estado do Pará (CASTILHOS et al., 2015).

Segundo os autores, a produção de ouro em São Chico na época limitava-se ao reprocessamento dos rejeitos produzidos na década de 1980. Creporizinho, típica vila de garimpo de ouro, fica próximo às áreas de garimpo de Papagaio, Areal, Tahocal e Bofe. Região onde o ouro aluvial é explorado desde meados da década de 1990. A exploração em Creporizinho é oriunda de solos lateríticos, sedimentos primários e reprocessamento de rejeitos, comuns em toda a região (CASTILHOS et al., 2015).

As concentrações médias de HgT em amostras de urina, sangue e cabelo dosadas no grupo dos garimpeiros (São Chico: urina = 17,37 µg/L; sangue = 27,74 µg/L; cabelo = 4,50 µg/g; Creporizinho: urina = 13,75 µg/L; sangue = 25,23 µg/L; cabelo: 4,58 µg/g) indicaram uma maior exposição ao Hg ao se comparar com a exposição de não garimpeiros (em São Chico: urina = 5,73 µg/L; sangue = 16,50 µg/L; cabelo = 3,16 µg/g e em Creporizinho: urina = 3,91 µg/L; sangue = 21,04 µg/L, cabelo = 1,88 µg/g).

A concentração média de Hg nos peixes de São Chico e Creporizinho foi de $0,83 \pm 0,43$ µg/g e $0,36 \pm 0,33$ µg/g, respectivamente. Mais de 60% dos peixes coletados de São Chico e 22% dos peixes coletados em Creporizinho continham níveis de mercúrio superiores à ingestão humana recomendada pela OMS para consumo humano. Portanto, mesmo os indivíduos não envolvidos diretamente com a extração de ouro apresentaram uma carga biológica alta de Hg. Esta provavelmente se encontra relacionada a um perigo potencial devido à exposição ao vapor de Hg por inalação e à ingestão de peixes contaminados por MeHg (CASTILHOS et al., 2015).

SERRA e colaboradores (2021) realizaram um estudo epidemiológico longitudinal com amostragem por conveniência (2009 a 2019) com 1.089 participantes (646 homens e 443 mulheres), utilizando questionários semiestruturados sobre aspectos cognitivos e sociodemográficos. A população estudada pertence às comunidades do Alto Rio Madeira no Estado de Rondônia, na área de influência da UHE Jirau, e foi dividido em 06 grupos com diferentes características geográficas e estilos de vida (SERRA; SILVA.; BERNARDI, 2021).

O grupo composto por garimpeiras e garimpeiros (G1; n = 92; 17 mulheres e 75 homens) apresentou medianas de HgT capilar de 4,15 µg/g e 4,04 µg/g, respectivamente. Esse grupo é formado por trabalhadores(as) da MAPE de ouro em dragas fluviais de pequeno e grande porte dispersas ao longo do Rio Madeira, que utilizam o mercúrio metálico no processo de amalgamação do ouro e vivem alojados nas dragas por 6 dias/semana com escala de trabalho de 4:4 horas (SERRA; SILVA.; BERNARDI, 2021).

Além desses, o grupo de comunidades ribeirinhas (G2; n = 38; 20 mulheres e 18 homens), que têm o extrativismo e a pesca como principal fonte alimentar, apresentaram níveis ainda mais elevados de HgT comparados às comunidades garimpeiras (mediana de 4,83 µg/g e valor máximo até 50,16 µg/g). Este estudo examina a diferenciação de grupos com estilos de vida diretamente dependente do extrativismo/garimpo de ouro dispersos ao longo do Rio Madeira (G1 e G2) em comparação com outros grupos com dinâmica urbana às margens da rodovia federal BR-364 (SERRA; SILVA.; BERNARDI, 2021). Na análise de agrupamento hierárquico, as variáveis “atualmente trabalhando”, “residente superior a 10 anos na região do estudo” e o “escolaridade analfabeto” são os objetos centrais relacionados à concentração de Hg.

Neste ponto, importante notar que a comparação entre esses grupos deve ser feita com cautela, uma vez que estão expostos de formas distintas, resultando em toxicodinâmica, toxicocinética e desfechos diferentes.

CORBETT et al. (2007) encontraram elevados níveis de mercúrio urinário. Os pesquisadores relataram nível médio de 10,07 µg/L na urina de 107 indivíduos avaliados (comunidade garimpeira) em Serra Pelada/PA, vilarejo na Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia, onde a maior parte da população era de ex-garimpeiros. Os sintomas relatados foram: fadiga (30,60%), irritabilidade (35,62%), excitabilidade (14,16%), insônia (34,48%), perda de memória (61,80%), constrição do campo visual (4,18%), parestesia (64,93%), perda parcial da audição (16,35%) e gengivite (18,01%).

Após exame dos residentes, os autores observaram vários sintomas neurológicos: tremores (22,80%), movimentos oculares involuntários (2,20%), constrição do campo visual (4,18%), síndrome de Romberg (2,33%), movimentação involuntária da língua (2,19%), disdiadococinesia (0,43%), falha no teste dedo-nariz

(10,96%), falha no teste joelho-calcanhar (4,84%), incapacidade de completar marcha dupla (6,25%), fraqueza muscular (2,27%) e danos aos órgãos sensoriais (24,66%) (CORBETT et al., 2007). Os autores concluíram que estas alterações podem ter sido causadas pela toxicidade do mercúrio, mas não conseguiram encontrar uma correlação significativa com os níveis de mercúrio urinário dos participantes.

Outros estudos transversais concluíram que os níveis de mercúrio urinário encontrados nos garimpeiros amazônicos são altos o suficiente para alterar o sistema neurológico e visual, como sensibilidade ao contraste e comprometimento de visão de (COSTA et al., 2008; RODRIGUES et al., 2007). Estudos conduzidos no Brasil também sugerem que a exposição ao Hg entre garimpeiros está associada a um aumento na prevalência de marcadores de disfunção autoimune (GIBB H e O'LEARY, 2014; SILVA et al., 2004; GARDNER et al., 2010).

Dentre os estudos avaliados, apenas LACERDA et al. (2020) mostraram baixa exposição ocupacional dos garimpeiros ao Hg. O estudo transversal teve como objetivo a comparação da perimetria do campo visual e a ordenação da tonalidade de populações amazônicas que tiveram exposição ao metilmercúrio pelo consumo de peixes ou ao vapor de mercúrio pela exposição ocupacional. Amostras capilares de 44 participantes adultos homens foram analisadas: 10 ribeirinhos – expostos ambientalmente ao mercúrio por peixes que viviam na Bacia do Rio Tapajós; e 34 garimpeiros – expostos ao vapor de mercúrio da mineração Serra Pelada/PA (LACERDA et al., 2020). De acordo com os autores essas comunidades compartilhavam a mesma cultura, língua e condições socioambientais e estão no mesmo Estado do Brasil. Eles também tinham pouca educação, saneamento precário e empregos de baixa remuneração. Entretanto, os ribeirinhos apresentaram maior consumo semanal de peixes do que os garimpeiros (LACERDA et al., 2020).

Observou-se que os ribeirinhos apresentaram maior exposição ao mercúrio do que os garimpeiros (nível médio de Hg em ribeirinhos igual a 50 µg/g e em garimpeiros iguais a 1 µg/g). Os autores concluíram que as diferentes formas de exposição ao mercúrio levaram a resultados visuais com maior comprometimento em ribeirinhos (LACERDA et al., 2020), sendo que os garimpeiros, apesar de associados à exposição ao vapor de mercúrio, apresentaram campos visuais normais.

Por fim, evidência retrata boas práticas de uso de equipamento de proteção individual (EPI) de garimpeiros para a prevenção na exposição ao mercúrio de

garimpeiros (SANTOS et al., 2003a). Pesquisa realizada em indivíduos de Santarém/PA que praticavam a queima do amálgama apresentavam níveis mais altos de mercúrio em relação aos garimpeiros do Rio Rato em Itaituba/PA (SANTOS et al., 2003a).

Nos garimpeiros, os teores médios de mercúrio foram 11,7 vezes menores que os encontrados entre os queimadores de Santarém e 5,2 vezes menores em relação aos apresentados pelos queimadores de Itaituba. Os autores reportam que os estabelecimentos apresentaram pior situação quanto a equipamentos de proteção e de processamento do ouro, quando comparada a Itaituba (SANTOS et al., 2003a).

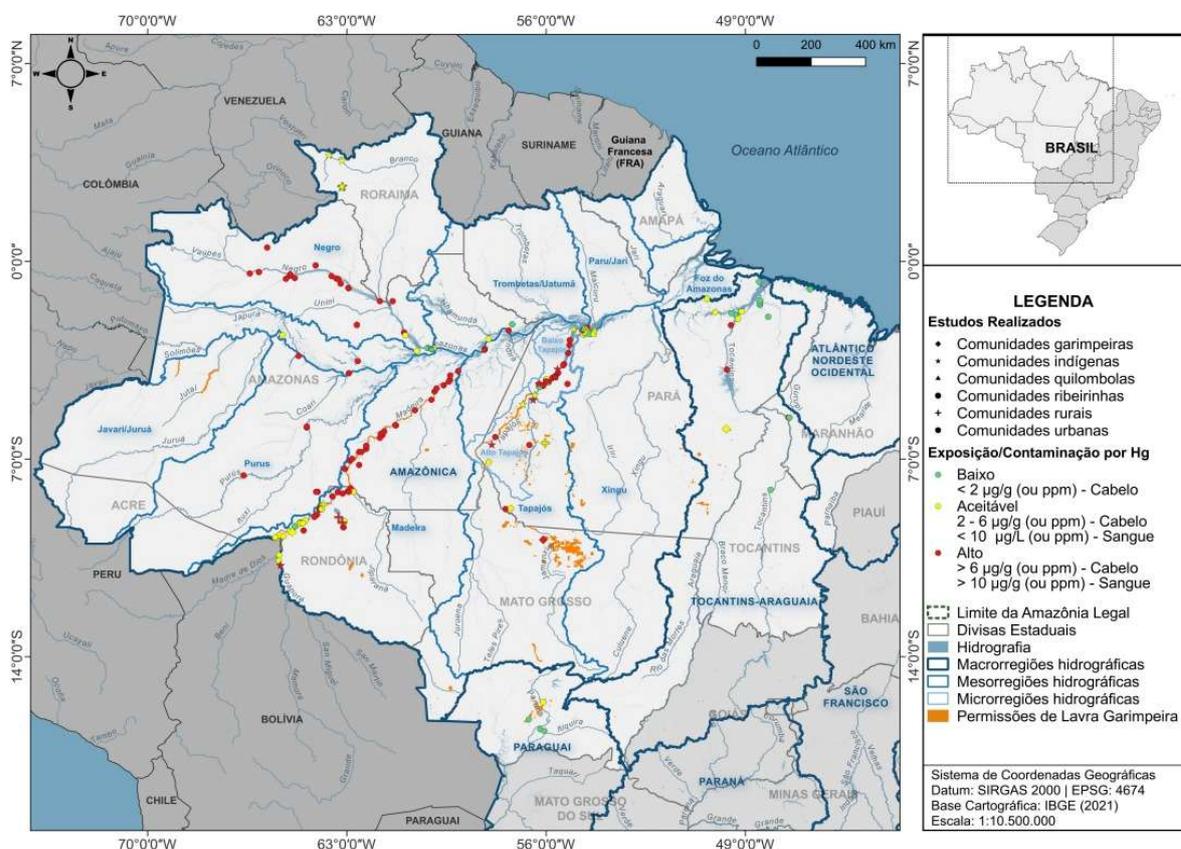
5.3. Descrição Regional da Situação de Saúde com Base nas Evidências

Para melhor descrição e compreensão dos estudos em populações expostas ao mercúrio ou potencialmente expostas da Amazônia no país, optou-se descrevê-los por Regiões Hidrográficas e suas respectivas Bacias, de acordo com a definição da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) (BRASIL, 2015). A Divisão Hidrográfica Nacional, instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), estabelece doze Regiões Hidrográficas brasileiras, que possuem características naturais, sociais e econômicas similares³.

Os estudos selecionados no presente trabalho se concentram principalmente na Região Hidrográfica (RH) Amazônica, onde se reúnem os principais polos de atividades de garimpo de ouro (Figura 8).

³ <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/panorama-das-aguas/regioes-hidrograficas>

Figura 8. Distribuição geográfica comparativa na Amazônia Legal entre as PLG de ouro e os estudos de saúde analisados, considerando as unidades hidrográficas



Fonte: Autora, a partir dos dados obtidos na pesquisa.
 Elaboração: geoprocessamento do Projeto Ouro Sem Mercúrio.

Os estudos se localizam também na RH Tocantins-Araguaia (ou seja, Belém/PA, Caraipé/PA, Furo do Maracujá – Acará/PA, Imperatriz/MA, Limoeiro do Ajuru/PA, Panacauera/PA, Pindobal Grande/PA, Serra Pelada/PA); na RH do Atlântico Nordeste Ocidental (Caratateua – Bragança/PA) e na RH Paraguai (Barão de Melgaço/MT e Poconé/MT).

As duas primeiras Regiões Hidrográficas – RH Tocantins-Araguaia e RH do Atlântico Nordeste Ocidental – foram incluídas nos estudos principalmente devido às características semelhantes entre as populações dessas regiões com as populações da RH Amazônica, indicando que suas populações são geralmente menos expostas do que a RH Amazônica. Já a RH Paraguai, embora possua atividades de extração de ouro, observa-se carência de pesquisas na temática.

5.3.1. Região Hidrográfica (RH) Amazônica

A Bacia Amazônica abrange áreas desde os andes peruanos (onde se localizam as cabeceiras do Rio Solimões) até a foz do Rio Amazonas, no Oceano Atlântico. A Região Hidrográfica (RH) Amazônica está inserida na Bacia Amazônica, mas se limita ao território brasileiro (BRASIL, 2015). Para tanto, em que pese a contaminação por mercúrio transcender limites fronteiriços, o recorte do presente trabalho será a exposição ao metal em território brasileiro e, portanto, a RH Amazônica.

A RH Amazônica possui uma área aproximadamente de 3.870 mil km² (45% do território nacional), divide-se em 29 unidades hidrográficas e abrange os Estados do Acre, Amazonas, Rondônia, Roraima, Amapá, Pará e Mato Grosso, correspondente a 313 municípios (BRASIL, 2015). É caracterizada por extensa rede hidrográfica, com grande disponibilidade hídrica e dentre os seus principais Rios incluem: Tapajós, Madeira, Xingu, Negro, Solimões, Purus, Juruá e Guaporé (Ilustração 4). Os estudos estão subdivididos nas seguintes Bacias: Tapajós; Madeira; Negro; Purus e Interbacia Tapajós-Madeira.

Considerando que os estudos realizados nas bacias Purus, Solimões e Interbacia Tapajós-Madeira são os mesmos descritos nas Bacias Tapajós, Madeira e Negro, e como não há diferenças significativas entre as populações destas Bacias, não serão descritos os estudos para a Bacia de Purus e Interbacia Tapajós-Madeira.

5.3.1.1. Bacia do Rio Tapajós

O Rio Tapajós abrange uma vasta área dos Estados do Amazonas, Pará e Mato Grosso, contribuindo para a imensa complexidade de importância ambiental da região. A Bacia é o quinto maior afluente da Bacia Amazônica, cobrindo cerca de 493.986 km² (BRASIL, 2015) e é famosa por sua rica biodiversidade, dentre as quais incluem florestas tropicais, rios e diversos ecossistemas.

O Rio Tapajós nasce na Serra do Caiapó (MT), é formado pelo encontro dos rios Juruena e Teles Pires, na divisa dos Estados de Mato Grosso, Amazonas e Pará, onde avança por 825 quilômetros até desaguar na margem direita do Rio Amazonas (MONTEIRO, 2011; BRASIL, 2015).

A exploração de ouro na Bacia, uma das mais antigas e maiores áreas de MAPE de ouro no país, se deu nesta região ao longo do canal principal do Rio Tapajós

e seus subafluentes, sendo os cinco principais: Teles Pires, Tropas, Jamanxim, Rato, Crepori e no canal principal do Rio Tapajós (AKAGI et al., 1995; ANDRADE et al., 2015).

Níveis altos de HgT foram identificados em amostras ambientais na Bacia do Tapajós: 23,84 ng/L em água; 157 ng/g em peso seco de material particulado em suspensão; 155 ng/g em peso seco de material particulado em sedimentos; 316 ng/g em plâncton e 1,172 µg/g em peso úmido de músculos de peixes piscívoros (LINO et al., 2019; RODRÍGUEZ MARTIN-DOIMEADIOS et al., 2014; SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021; SOUZA AZEVEDO et al., 2019). No Rio Tapajós o pH variou de 6,03 a 6,63, e nos tributários (Crepori, Rato, Mariazinha, Jamanxim e Tucunaré) o pH variou de 4,9 a 6,4 (LINO et al., 2019).

Concentrações maiores de HgT foram encontradas na água e nos sedimentos dos tributários e menores no canal principal do Rio Tapajós (LINO et al., 2019). Segundo os autores, isso se deve às maiores quantidades de partículas em suspensão provenientes das atividades de extração de ouro, que são ricas em Hg. Além do aumento da erosão causada pelas atividades de mineração de ouro, o Hg elementar usado para amálgama tem em uma baixa mobilidade devido à sua alta densidade (LINO et al., 2019).

De acordo com os pesquisadores, a carga de Hg é transportada principalmente por partículas em suspensão na água. Assim, o Hg pode se estabelecer na seção dinâmica mais baixa (como por exemplo o Baixo Tapajós), onde sua metilação é aumentada. Dessa forma, LINO et al. (2019) defendem que a extração de ouro (como fonte de mercúrio, bem como o aumento da erosão) e o desmatamento (aumento da erosão) parecem ser as principais fontes de mercúrio na Bacia do Rio Tapajós.

Conforme já mencionado, as espécies piscívoras apresentam uma média de 0,36 – 0,6 µg de mercúrio por grama de músculo de peixe úmido (ou ppm) (CRESPO-LOPEZ et al., 2021). Há estudos que encontraram níveis maiores nessas espécies, por exemplo de 0,98 ppm (FAIAL et al., 2015). Em contraste, níveis de mercúrio de aproximadamente 0,03 a 0,44 ppm (FAIAL et al., 2015) são encontrados em espécies não piscívoras, como "aracú" (*Leporinus* sp.) ou "pacú" (*Mylossoma* sp.) (CRESPO-LOPEZ et al., 2021).

Entre as RH e Bacias, a Bacia do Tapajós foi a região que mais obteve ênfase nas atividades de extração de ouro (sobretudo ilegal) como fonte sugestiva de exposição e contaminação da população ao Hg, claramente pela proximidade e histórico de exposição ao mercúrio dessas populações devido a esse setor (BASTA et al., 2021; COSTA JUNIOR et al., 2017; CROMPTON et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2021; FAIAL et al., 2015; HACON et al., 2000; HARADA et al., 2001; KHOURY et al., 2013; LINO et al., 2019; MARINHO et al., 2014; SANTOS et al., 2000; VIANNA et al., 2022).

De maneira secundária ao desmatamento, queimadas e erosão do solo. Dentre os estudos analisados, apenas um concluiu que não houve correlação entre a produção de ouro e os níveis de HgT em amostras de cabelo (FARRIPAS, 2010).

A maioria dos estudos em saúde da Bacia são concentrados no médio a Baixo Tapajós (AMORAS, 2011; ANDRADE, 2015; COSTA JUNIOR et al., 2018; FAIAL et al., 2015; FARRIPAS, 2010; FREITAS et al., 2018; GROTTTO et al., 2010; HARADA et al., 2001; KHOURY et al., 2013; LACERDA et al., 2020; LIMA, 2014; MARINHO et al., 2014; OIKAWA, 2015; MENESES et al., 2022; PASSOS et al., 2008; PINHEIRO et al., 2008; PINHEIRO et al., 2012; SANTOS et al., 2003; SILVA, 2018).

Os índices elevados de HgT em amostras de sangue e cabelo foram observados principalmente em populações com alto consumo de pescado contaminado, sobretudo ribeirinhas (AMORAS, 2011; BASTA et al., 2021; COSTA JUNIOR et al., 2017; KHOURY et al., 2013; MARINHO et al., 2014; MENESES et al., 2022; PASSOS et al., 2007; PINHEIRO et al., 2008; VIANNA et al. 2022).

Manifestações clínicas ou alterações sistêmicas são identificadas nessas populações, que estão associadas ou podem estar associadas às concentrações HgT capilar ou urinário. Dentre elas: alterações neurotóxicas, como no desempenho psicomotor (BASTA et al., 2021; COSTA JUNIOR et al., 2017; DOLBEC et al., 2000; LIMA, 2014; MARINHO et al., 2014; TAKANASHI, 2014), cognitivo (BASTA et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2021), visual (FREITAS et al., 2018; RODRIGUES et al., 2007); pressão arterial (FILLION et al., 2006); anemia, sobretudo em crianças (AMORAS, 2011; VIANNA et al. 2022); aumento no estresse oxidativo e influência negativa nas defesas antioxidantes (OLIVEIRA, 2014; GROTTTO et al., 2010; PINHEIRO et al., 2008).

Estudos anteriores já alertavam para o problema crônico na Bacia Tapajós (HARADA et al., 2001; MARTINELLI et al., 1988; PFEIFFER e LACERDA, 1988; ROULET et al., 2000). HARADA et al. (2001) conduziram uma investigação em amostras de cabelo de 132 pescadores e suas famílias das aldeias de Barreiras, Rainha e São Luiz do Tapajós, no Estado do Pará, em 1998. O nível médio de HgT variaram entre 14,1 e 20,8 ppm. Além disso, vários sintomas sensoriais devido à contaminação por mercúrio foram relatados na Bacia do Rio Tapajós, alguns dos quais foram diagnosticados como doença leve de Minamata.

COSTA JUNIOR et al. (2017) realizaram estudo com objetivo de analisar as manifestações emocionais e motoras em 98 voluntários de Itaituba/PA e 46 voluntários de Acará/PA (13 a 57 anos), expostos ao HgT pela dieta de pescado. De acordo com os pesquisadores, as manifestações emocionais foram identificadas em 26 (26,5%) participantes de Itaituba e em 24 (52,2%) em Acará. Com relação às queixas motoras específicas, em Itaituba ocorreram em 63 (64,3%) voluntários, sendo mais referidas a dor nos membros (36,7%), a parestesia (32,6%) e a fraqueza muscular (27,5%).

Em Itaituba, os resultados foram: (i) as concentrações de HgT de 0 a 41,8 $\mu\text{g/g}$, com média de HgT de $9,15 \pm 8,17 \mu\text{g/g}$ e mediana de $7,1 \mu\text{g/g}$ ($n = 98$, $p < 0,0001$); (ii) as queixas motoras foram mais frequentes do que as queixas emocionais; (iii) foram observadas concentrações médias de Hg maiores em Itaituba, principalmente naqueles com queixas motoras. As queixas motoras foram mais frequentes do que as queixas emocionais em ambos os municípios; e (iv) houve uma prevalência de participantes mulheres em relação aos homens, assim como um número maior de ribeirinhos com faixa etária em idade reprodutiva, sugerindo que na região do Tapajós as exposições ao HgT oferecem risco pela relação entre mãe e feto (COSTA JUNIOR et al., 2017).

A partir da disponibilidade de dados provenientes de pesquisas feitas entre os anos de 1994 e 2002, realizou-se a análise secundária de dados de estudos seccionais, incluindo 1.318 crianças e adolescentes ribeirinhas, divididos em dois grupos segundo a influência das atividades de extração de ouro (grupo A sob influência – em Barreiras, Brasília Legal e São Luiz do Tapajós; e grupo B sem influência – Caxiuanã, Santana do Ituqui e Tabatinga) no Estado do Pará (VIANNA et al. 2022).

Análise multivariada foi realizada para determinar a associação entre variável de exposição (HgT capilar) e anemia, estratificada por grupo. A anemia ocorreu em 348 indivíduos (27,1%), incluindo 206 do grupo B e 142 do grupo A. O grupo considerado mais vulnerável, crianças com menos de cinco anos de idade, a prevalência foi de 38,2%. Houve diferença na mediana dos níveis de Hg entre os grupos (A = 12,8 µg/g e B = 4,3 µg/g, $p = 0,01$). Foi observada associação entre Hg no cabelo $\geq 6,0$ µg/g e anemia, fato que foi magnificado para o grupo A quando realizada estratificação (VIANNA et al. 2022).

O estudo concluiu que mais da metade da população apresentava níveis elevados do biomarcador, sendo mais significativo entre os indivíduos do grupo A (~3/4) do que entre os do B (~1/3). Os pesquisadores reportaram que a principal rota de exposição ao mercúrio dos grupos é pelo consumo de peixes, sendo que o Grupo A apresentavam consumo de peixes com maiores concentrações de Hg nas espécies, elevada taxa de consumo de peixes por semana e maior consumo da espécie carnívora (grupo A = 52,9%; $p = 0,01$) (VIANNA et al. 2022).

Em que pese outras causas de anemia possam influenciar o desfecho, como cinética de ferro, folato, vitamina B12, proteína C reativa, eletroforese de hemoglobina, altas concentrações de chumbo no sangue da população ribeirinha, dentre outros, VIANNA et al. (2022) destacam que níveis de Hg, principalmente no grupo A, podem ser um possível fator de risco para anemia. Além disso, as áreas geográficas pareceram modificar esse efeito, apontando para influência de outros fatores, fato que deve ser melhor avaliado (VIANNA et al., 2022).

Conforme indicado na descrição geral, foram realizados estudos transversais comparativos e simultâneos de populações expostas ao mercúrio (grupo de estudo) e não expostas (grupo controle) com estilos de vida semelhantes, consumo contínuo de pescado como principal fonte protéica e rios navegáveis. Como resultado, retratam que populações mais próximas às atividades de extração de ouro que utilizam o mercúrio encontram-se mais contaminadas pelo mercúrio do que populações mais distantes a estas atividades (COSTA JUNIOR et al., 2017; LIMA, 2014; MARINHO et al., 2014; MENESES et al., 2022; PASSOS e MERGLER, 2008; PINHEIRO et al., 2006; PINHEIRO et al., 2007; PINHEIRO et al., 2008; PINHEIRO et al., 2012), como será descrito com maiores detalhes adiante.

Mas as evidências também identificaram situações de elevada exposição de Hg para algumas populações que não estão necessariamente próximas às áreas de mineração de ouro na Bacia do Rio Tapajós (SAMPAIO DA SILVA et al., 2009; MENESES et al., 2022).

Os estudos foram realizados principalmente à jusante das áreas de atividades de extração (legais e ilegais). Itaituba (Pará – médio Tapajós) é o município com maior número de pesquisas e os distritos estudados foram Barreiras, São Luiz do Tapajós, Brasília Legal, Rainha, Creporzinho, São Chico, Santo Antônio e Miritituba. Além destes, foram realizados estudos em: Jacareacanga/PA, Pimental, aldeias indígenas Mundurucus/PA (Terra Preta, Kaburua, Cururu, Sawré Aboy, Sawré Muybu, Poxo Muybu), Kayabi e Sai Cinza; Santarém/PA; Alta Floresta/MT (Tabela 1 e Apêndice 3).

Médio Tapajós

Itaituba é uma das principais cidades que o Rio Tapajós corta. Em Itaituba, Sudoeste do Pará, possui uma das maiores reservas de ouro do Estado e faz fronteira com o Município de Aveiro ao norte; ao sul, as cidades de Jacareacanga e Novo Progresso; a Leste estão os municípios de Altamira, Trairão e Rurópolis; e a oeste fica o Estado do Amazonas (ANDRADE, 2015). Diversas comunidades ao longo do Rio Tapajós dependem da pesca e agricultura familiar, como a mandioca, para sua subsistência (KHOURY et al., 2013).

São Luiz Tapajós, uma das principais comunidades estudadas que pertence à Itaituba, está localizado à direita do Rio Tapajós, 120 km a montante de Itaituba e é acessível por via fluvial, com tempo de viagem de aproximadamente 4 horas, precárias condições sanitárias de abastecimento de água potável, destino de lixo e dejetos (ANDRADE, 2015).

Barreiras está localizada à margem esquerda do Rio Tapajós, 80 km a jusante de Itaituba e cerca de 220 km de distância da atividade garimpeira, e é acessível por via fluvial e rodoviária, embora seja precária, condições sanitárias ruins de abastecimento de água potável, destino de lixo e dejetos (ANDRADE, 2015).

Dentre as comunidades pertencentes à Itaituba, geralmente os indivíduos de São Luiz do Tapajós encontram-se mais contaminados do que aqueles de outras comunidades do município, como por exemplo em Barreiras e Brasília Legal (AMORAS, 2011; HARADA et al., 2001; KHOURY et al., 2013; MARINHO et al., 2014;

PINHEIRO et al., 2007; PINHEIRO et al., 2008; LIMA, 2014). De acordo com os autores, isso é devido a maior proximidade da comunidade São Luiz do Tapajós com as atividades de extração de ouro da Bacia do Rio Tapajós (MARINHO et al., 2014; PINHEIRO et al., 2007; PINHEIRO et al., 2008).

MARINHO et al. (2014) concluíram que crianças menores de 12 anos pertencentes às comunidades ribeirinhas de Itaituba (Barreiras e São Luiz do Tapajós) apresentaram níveis de HgT em amostras de cabelo de 0,43 – 27,82 µg/g (nível médio de $5,64 \pm 5,55$ µg/g) para indivíduos de Barreiras e 1,08 – 28,17 µg/g (nível médio de 11,41 µg/g) para indivíduos de São Luiz do Tapajós. A contagem média de MeHg em relação ao HgT foram de 92,20% e 90,27%, respectivamente. As amostras foram coletas entre 2007 e 2009 e os valores encontrados em São Luiz do Tapajós são o dobro da média do HgT e MeHg encontrados em Barreiras. Destaca-se que 76,62% das crianças dessa região têm o peixe como principal fonte de proteína alimentar.

Esses resultados confirmam estudos comparativos em populações ribeirinhas que detectam maiores níveis de HgT na comunidade de São Luiz do Tapajós (FARRIPAS, 2010; LIMA, 2014; PINHEIRO et al., 2006; PINHEIRO et al., 2007).

Tendência de redução de níveis de Hg em amostras de cabelo de comunidades ribeirinhas na Bacia do Rio Tapajós foi reportada na literatura (ANDRADE, 2015; FARRIPAS, 2010; PINHEIRO et al., 2007). FARRIPAS (2010) identificou uma redução na frequência de indivíduos expostos em Barreiras. Os pesquisadores reportam que em 1996 havia 77% de expostos ao Hg e em 2008 caiu para 20%. São Luiz do Tapajós caiu de 85,7% em 1996 para 64% em 2007.

ANDRADE (2015) demonstrou uma tendência de redução nos níveis de exposição ao mercúrio estatisticamente significativa em adultos e crianças de ambos os sexos ($p < 0.05$), ao se considerar uma evolução temporal de 17 anos (entre 1998 e 2014). O estudo transversal realizado em Barreiras e São Luís do Tapajós, utilizou um banco de dados, cedido pelo laboratório de Toxicologia Ambiental e Saúde Humana do Núcleo de Medicina Tropical da Universidade Federal do Pará (UFPA), que continha os valores dosimétricos de mercúrio (HgT) em amostras de cabelo de ribeirinhos do Tapajós.

A escolha da amostra se deu devido à elevada exposição ao mercúrio orgânico pelo consumo de peixes na região já identificado em estudos prévios (AKAGI et al., 1995; MALM et al., 1995; PASSOS e MERGLER et al., 2008). Os níveis de Hg

encontrado pelo estudo na população adulta até 2004 (15 µg/g) estavam condizentes com algumas pesquisas já desenvolvidas (PINHEIRO et al., 2005; PINHEIRO et al., 2006; PINHEIRO et al., 2008; FILLION et al., 2009; GROTTTO et al., 2010).

Os resultados obtidos por ANDRADE (2015) foram: (i) os grupos adultos masculinos e femininos apresentaram maiores valores médios de concentração de HgT ($14,41 \pm 10$ µg/g; $11,6 \pm 8,6$ µg/g, respectivamente) do que os grupos infantis ($p < 0,05$); (ii) não houve diferença estatística nos valores de concentração média de Hg entre os grupos de crianças ($p > 0,05$), sendo crianças do sexo masculino: $9,59 \pm 9,05$ µg/g e crianças do sexo feminino: $9,4 \pm 9,59$ µg/g; (iii) a média móvel dos níveis de Hg no grupo masculino adulto quase sempre mostrou valores superiores ao grupo feminino adulto, com exceção do ano de 2010; (iv) o grupo de adultos do sexo masculino apresentou um aumento discreto dos valores dos níveis de Hg entre os anos de 1998 a 2007, seguido por um declínio da exposição entre os anos de 2007 e 2013. Em 2007, início da fase de declínio, este grupo apresentou a média móvel dos últimos 3 anos de 16,61 µg/g, enquanto em 2013 os valores da média móvel foram de 11,23 µg/g; (v) o grupo de adultos do sexo feminino também apresentou um discreto aumento dos valores de concentração de Hg entre 1998 e 2004, seguido por um declínio entre os anos de 2004 e 2013. Em 2004, início da fase de declínio do grupo, as mulheres de idade adulta apresentaram média móvel dos últimos 3 anos de 13,92 µg/g e em 2013 os valores foram de 7,04 µg/g; (vi) o grupo das meninas apresentou a média móvel de 15,42 µg/g em 2001 e 3,83 µg/g em 2014; (vii) o grupo dos meninos apresentou a média móvel de 12,96 µg/g em 2001 e 5,95 µg/g em 2014; (viii) em ambos os grupos parece haver uma tendência para estabilização dos valores da média móvel, sobretudo no grupo das meninas, onde a tendência ocorreu nos últimos 3 anos de análise (2012 a 2014), enquanto no dos meninos se deu apenas em 2013 e 2014 (ANDRADE, 2015).

ANDRADE (2015) destaca que as tendências supracitadas não foram observadas por PINHEIRO et al. (2012), mas haviam sido cogitadas isoladamente em alguns trabalhos anteriores (BAHIA et al., 2004; CORVELO et al., 2014; PASSOS et al., 2003; MARINHO et al., 2014). Foi identificada alteração nos hábitos alimentares dos grupos, em especial crianças e mulheres. Reporta que a conscientização da população sobre mudança nos hábitos alimentares, como troca do consumo de peixes por práticas mais saudáveis e seguras à saúde, incluindo o consumo de carne

vermelha e frutas tropicais oriundas de outros locais, foram fundamentais para o decaimento dos níveis de Hg em crianças e mulheres. Fato não ocorrido nos homens adultos devido à resistência destes ao estilo de vida mais tradicional (ANDRADE, 2015).

Estudos anteriores realizados na região já haviam reportado a influência favorável na redução dos níveis de Hg em cabelo a partir do consumo de frutas tropicais e disponíveis na comunidade (FARRIPAS, 2010; OLIVEIRA, 2014; PASSOS et al., 2003; PASSOS et al., 2007; PASSOS et al., 2008) e redução importante na frequência de indivíduos expostos ao Hg, como por exemplo nas comunidades de Barreiras, São Antônio, Açaituba, São Luís do Tapajós, Nova Canaã, Vista Alegre e Mussumambas, no Estado do Pará (PASSOS et al., 2003; PASSOS et al., 2007; PASSOS et al., 2008).

OLIVEIRA (2014), por meio de uma avaliação dos níveis de HgT em amostras de cabelo coletadas no ano de 2013 de indivíduos de 13 a 55 anos da comunidade de Barreiras, encontrou valor mediano de 4,6 µg/g e máximo de 15,7 µg/g de HgT. Os participantes da pesquisa que possuíam níveis acima de 6 µg/g correspondiam a 32% e acima de 10 µg/g, 5%. Os autores corroboram com estudos anteriores e enfatizam as mudanças no hábito alimentar, como aumento no consumo de peixes menos contaminados por Hg como os herbívoros e onívoros, diminuição do consumo de água dos rios através do incentivo ao consumo de água de poço (OLIVEIRA et al., 2014). OLIVEIRA et al. (2014) também salientam a inclusão e aumento na dieta de frutas, como acerola e açaí que tem características antioxidantes, e verduras entre medidas para a redução dos níveis de mercúrio na população.

Embora pesquisas demonstrem leve a moderada redução dos níveis de Hg em algumas populações, diversos estudos evidenciam ainda uma alta exposição e contaminação da população ao mercúrio, incluindo crianças (BASTA et al., 2021; COSTA JUNIOR et al., 2018; FAIAL et al. 2015; LACERDA et al., 2020; LIMA, 2014; MARINHO et al., 2014; MENESES et al., 2022; SILVA, 2018; VIANNA et al., 2022) (Apêndice 3). Por vezes, até um aumento da concentração de Hg na população do Tapajós (COSTA JUNIOR et al., 2018).

Uma hipótese para essas diferenças em termos de níveis do Hg no organismo da coletividade pode ser explicada também devido às diferenças de metodologias estatísticas e analíticas, protocolos, amostragem em locais diferentes, sazonalidade

(interfere no teor de Hg em peixes e assim, exposição de contaminação na população), coleta de amostras em anos diferentes, sexo e faixas etárias amplas.

FAIAL et al. (2015) concluíram que 84,40% das amostras de cabelo de indivíduos de Barreiras (n = 119) apresentam valores acima do limiar de 6,00 µg/g de HgT capilar. Nos homens, os níveis de HgT encontrado variaram de 2,07 – 24,93 µg/g e, conseqüentemente, os níveis de MeHg nesses indivíduos apresentaram uma variação de 1,49 – 19,57 µg/g, com média de 11,68 µg/g. Nas mulheres, os níveis de HgT variaram de 4,84 – 27,02 µg/g e, conseqüentemente, o nível de MeHg nas mulheres apresentou uma variação de 3,73 – 22,35 µg/g, com média de 10,38 µg/g.

COSTA JUNIOR et al. (2018) identificaram elevados índices de HgT em amostras de cabelo, coletadas em 2013 e 2014, de adultos (18 a 60 anos) de comunidades ribeirinhas de São Luiz do Tapajós (n = 123), especialmente naqueles com alto consumo de pescado. A concentração média de HgT variou de 7,25 µg/g (em 2013) para 10,80 µg/g (em 2014), não sendo observada diferença significativa (p = 0,1436). Comparando a concentração mediana de HgT apresentada por aqueles com alto consumo de pescado, percebeu-se que entre os anos não houve uma diferença significativa (p = 0,2563) dos níveis de mercúrio. Quanto à frequência de ingestão de pescado, a maioria dos indivíduos avaliados apresentou um alto consumo, tanto em 2013 quanto em 2014 (COSTA JUNIOR et al., 2018).

Pesquisa realizada entre os anos de 2011 e 2012, com participação de indivíduos entre 13 e 53 anos, sendo 78 indivíduos ribeirinhas de Barreiras, 30 de São Luiz do Tapajós e 49 do Furo do Maracujá, por KHOURY et al. (2013), identificou concentrações médias de HgT em amostras capilares nas respectivas comunidades valores de 8,66 ± 9,24 µg/g, 9,19 ± 6,4 µg/g e 0,73 ± 0,59. Nenhum caso acima desse limite foi registrado no Furo do Maracujá (KHOURY et al., 2013). Tais resultados estão concordantes com LIMA (2014) e COSTA JUNIOR et al. (2017).

SILVA (2018) constatou nível médio de HgT de 12,52 ± 5,57 µg/g (variando de 0,89 a 26,7 µg/g) em amostras de cabelo de 36 crianças/adolescentes (6 a 14 anos) de sete comunidades ribeirinhas de Itaituba (Açaituba, Agrovila Araipá, Cupu, Godinho, São Tomé e Vista Alegre) em um estudo transversal realizado em 2017. Os resultados mostraram associação entre os níveis de concentração de HgT e a frequência de consumo de pescado pela população amostral. Em uma subamostra de 28 pais ou responsáveis pelas crianças, 9 (32,1%) relataram que suas crianças

consumiam peixes diariamente, seguidos por 6 crianças/adolescentes (21,4%) que consumiam essa fonte de proteína animal três vezes por semana. A maior frequência de consumo foi de 5 vezes por semana, consumo este praticado por 10,7% da subamostra.

Adicionalmente, vale destacar pesquisas recentes realizadas nas comunidades indígenas, em destaque na mídia, que confirmam altos níveis de mercúrio entre os povos indígenas do Território Mundukuru (BASTA et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2021). Os Mundukurus ocupam a região do Vale do Tapajós e habitam os Estados do Pará, Mato Grosso e Amazonas e se concentram às margens de rios navegáveis (BASTA et al., 2021). São distribuídos em 120 aldeias, concentrados principalmente na região do Alto Tapajós.

Em 2019, um estudo transversal foi realizado a partir do censo de três aldeias indígenas Munduruku (Sawré Muybu, Poxo Muybu e Sawré Aboy), localizadas nos municípios de Itaituba e Trairão – em resposta à solicitação da Associação Pariri Amerindian. A investigação incluiu: (i) caracterização sociodemográfica dos participantes (renda familiar, escolaridade, composição familiar, estrutura física das casas); (ii) avaliação de saúde (indicadores antropométricos, estimativas de prevalência de doenças crônicas não transmissíveis e doenças sexualmente transmissíveis, avaliações neurológicas e do desenvolvimento infantil); (iii) análise de polimorfismo genético; iv) determinação do mercúrio capilar; e (v) determinação de mercúrio em peixes (BASTA et al., 2021).

Para tal, os pesquisadores optaram pelo uso de modelo de regressão logística e a determinação da razão de prevalência condicional com os respectivos intervalos de confiança de 95% (IC95%) para explorar os fatores associados aos níveis de exposição ao mercúrio $\geq 6,0$ $\mu\text{g/g}$. Foram entrevistados 200 participantes, dentre as quais os níveis de HgT de 197 amostras de cabelo variaram de 1,4 a 23,9 $\mu\text{g/g}$, com diferenças significativas entre as aldeias (teste de Kruskal-Wallis: 19,9; $p < 0,001$) (BASTA et al., 2021).

A prevalência geral de exposição ao Hg $\geq 6,0$ $\mu\text{g/g}$ foi de 57,9%. Para os participantes com idade acima de 12 anos, a exposição ao Hg $\geq 6,0$ $\mu\text{g/g}$ mostrou-se associada à ausência de renda regular, à hipertensão arterial e foi mais proeminente na aldeia Sawré Aboy. Para mulheres em idade fértil, a exposição ao Hg $\geq 6,0$ $\mu\text{g/g}$

associou-se à pressão arterial elevada e foi mais proeminente entre os residentes das aldeias Poxo Muybu e Sawré Aboy (BASTA et al., 2021).

De acordo com os autores, a aldeia *Sawré Aboy*, localizada a jusante do Rio Jamanxin, é a mais próxima das atividades de extração de ouro predominantemente ilegais. Nessa aldeia, 9 em cada 10 participantes tinham níveis de exposição ao Hg superiores a 6,0 µg/g, com níveis medianos de 11,5 µg/g. Já na aldeia menos impactada pelas atividades mencionadas – *Sawré Muybu* – segundo os pesquisadores, apresenta residentes com níveis medianos de mercúrio no cabelo iguais a 5,2 µg/g (BASTA et al., 2021).

ACHATZ et al. (2021) conduziram um estudo na comunidade Munduruku para determinar uma possível relação entre a exposição ao metilmercúrio e a piora da saúde mental relatada pelos moradores. Os resultados indicaram que os indivíduos com níveis de mercúrio acima de 10 ppm tinham 1,8 vezes mais probabilidade de apresentar sintomas depressivos do que aqueles abaixo. Alguns participantes relataram irritabilidade excessiva, sendo esses 3 (três) vezes mais susceptíveis de manifestar sintomas depressivos (ACHATZ et al., 2021).

Em continuidade aos dois últimos estudos apresentados, foi realizado em estudo transversal na população acima de 12 anos (50 indivíduos da aldeia *Sawré Muybu*, 37 da aldeia *Poxo Muybu*, 23 da aldeia *Sawré Aboy*), com coleta de dados entre 29 de outubro e 9 de novembro de 2019 (OLIVEIRA et al., 2021). No geral, os participantes apresentaram uma mediana no nível MeHg de 7,4 µg/g (média: 8,7 µg/g; desvio padrão: 4,5; variação de 2,0 a 22,8). No entanto, a mediana observada entre os indivíduos da aldeia de *Sawré Aboy* (12,5 µg/g; média: 13,5; desvio padrão: 4,6; variação de 4,8 a 22,8) mostrou um gradiente de exposição estatisticamente significativo (Teste de Kruskal-Wallis, valor de $p < 0,001$) (OLIVEIRA et al., 2021).

De acordo com os pesquisadores, indivíduos com nível de exposição ao MeHg ≥ 10 µg/g apresentaram cerca de 2 (duas) vezes mais chances de déficits cognitivos no teste de fluência verbal. Além disso, adolescentes de 12 a 19 anos apresentaram 3 (três) vezes mais chances de déficit no desenvolvimento verbal, segundo o teste de fluência, do que indivíduos de 20 a 24 anos. A piora das funções motoras e cognitivas é sugestiva de neurotoxicidade devido à exposição crônica ao MeHg (OLIVEIRA et al., 2021). Os autores identificaram que a exposição ao

metilmercúrio não diferiu significativamente quando a idade e o sexo dos participantes foram levados em consideração.

Alto e Baixo Tapajós

Décadas antes, três aldeias Munduruku (Terra Preta, Kaburua, Cururu) e uma aldeia Kayabi às margens de rios de cabeceira (Tapajós, Tropas, Kabitutu, Cururu, Curuzinho, Teles Pires) do Tapajós foram investigadas para identificar as concentrações de Hg nos peixes e cabelos; eritrócitos, índice de massa corporal (altura/peso, kg/cm²) e pressão arterial (DÓREA et al., 2005).

As concentrações médias de Hg dos peixes foram maiores nas espécies predadoras (578,6 ng/g) do que nas não predadoras (52,8 ng/g). No geral, apenas 26% das concentrações de Hg dos peixes estavam acima de 500 ng/g (0,5 µg/g), e 11% estavam acima de 1000 ng/g (1,0 µg/g). Não houve tendência sistemática nas concentrações de Hg dos peixes de rios com histórico de atividades de mineração de ouro. O biomarcador de consumo de peixe (Hg capilar) associou-se significativamente com o Hg eritrocitário ($r = 0,5181$; $P = 0,0001$) e foi significativamente maior nos Kayabi (12,7 µg/g) do que nos Munduruku (3,4 µg/g) (DÓREA et al., 2005).

A taxa de consumo de peixe avaliada por biomarcadores foi maior nos Kayabi (110 g/dia) do que nas aldeias Munduruku (30 g/dia). Embora não tenham sido observadas diferenças significativas no índice de massa corporal entre as tribos, houve uma tendência de menor aumento da pressão arterial com a idade entre os maiores consumidores de peixe (Kayabi) (DÓREA et al., 2005).

Por meio do teste de fluência verbal e da coordenação cerebelar, os resultados indicaram uma maior prevalência de perturbações cognitivas com maiores níveis de exposição ao Hg (≥ 10 mg/g MeHg) e disfunções do SNC. Essas alterações foram mais frequentes na comunidade mais exposta ao Hg, ou seja, a aldeia Sawré Aboy (DÓREA et al., 2005).

Estudo Transversal recente realizado no Baixo Tapajós – porção do Rio Tapajós próxima ao Rio Amazonas – identificou que, no geral, 75,6% dos participantes de 462 adultos de oito comunidades ribeirinhas e uma área urbana apresentaram concentrações de HgT no sangue acima de 10 µg/L. As comunidades ribeirinhas avaliadas foram Vila Franca, Maripá, Pedra Branca, Suruacá, Parauá, Surucuí, São

Tomé, Boim (todas no Rio Tapajós) e Tapará Grande (do Rio Amazonas), e da área urbana, em Santarém (MENESES et al., 2022).

A coleta de dados abrange o período de 2015 a 2019. Os resultados obtidos foram: (i) prevalência de alta exposição maior entre os ribeirinhos (RP = 1,57, intervalo de confiança [IC] 95% = 1,38 – 1,78, $p = 0,000$), com diferença estatisticamente significativa quando comparadas as medianas de Hg entre os dois locais de residência; (ii) prevalência de exposição ao Hg nos ribeirinhos do Rio Tapajós (59,5%) maior do que no Rio Amazonas (40,5%); (iii) nível médio de Hg maior nos participantes de 41 a 60 anos, tanto em áreas urbanas quanto ribeirinhas ($28,7 \pm 37,3 \mu\text{g/L}$ e $55,6 \pm 68,8 \mu\text{g/L}$, respectivamente), com a área ribeirinha registrando uma média quase duas vezes maior que a área urbana; (iv) diferença estatisticamente significativa entre todas as faixas etárias quando comparadas as áreas urbanas e ribeirinhas; (v) níveis de Hg maiores entre os homens, tanto nas áreas ribeirinhas quanto urbanas ($63,4 \pm 70,7 \mu\text{g/L}$ e $26,5 \pm 46,0 \mu\text{g/L}$, respectivamente); (vi) para ambos os sexos, observou-se maior nível de Hg na área ribeirinha do que na área urbana; (vii) o diagnóstico situacional de saúde realizado em todos os participantes mostrou que os níveis medianos dos biomarcadores bioquímicos estavam dentro do intervalo de referência⁴, sendo os maiores níveis de glicose e biomarcadores hepáticos documentados em residentes da área urbana e os níveis renais em participantes residentes na área ribeirinha; (viii) do total de mulheres amostradas, 64,7% estavam em idade fértil (18 a 49 anos) e, destas, 69,9% apresentaram níveis médios de Hg de $36,2 \mu\text{g/L}$; (ix) todos os indivíduos analisados, tanto de áreas urbanas quanto ribeirinhas, que relataram consumo frequente de peixes locais, detectaram níveis de Hg; (x) altos níveis desse metal foram encontrados em pessoas de todas as faixas etárias, de ambos os sexos e de todos os níveis de escolaridade (MENESES et al., 2022).

Para tanto, os investigadores concluíram: (i) embora a população urbana também tenha sido exposta, as populações ribeirinhas continuam sendo as mais vulneráveis à exposição ao Hg, apresentando maior proporção de contaminação por HgT no sangue, sendo a prevalência de exposição ao Hg maior na população ribeirinha (90%) do que naquelas residentes em áreas urbanas (57,1%); e que (ii) os

⁴ Glicose Oxidase-Peroxidase Enzimática (valor de referência 133 – glicose), Urease UV Cinética (GLDH) (valor de referência 104 – ureia), Colorimétrica Enzimática (valor de referência 96 – creatinina) e Cinética UV-IFCC Sem Fosfato Piridixal (valor de referência 109 – AST e valor de referência 108 – ALT).

resultados indicam que a exposição ao mercúrio não está ligada apenas ao local de residência, mas diretamente influenciada pelo consumo de peixes contaminados (MENESES et al., 2022).

5.3.1.2. Bacia do Rio Madeira

O Rio Madeira é um dos principais afluentes do Rio Amazonas e desempenha um papel crucial na drenagem da Região Amazônica como uma importante hidrovia para o transporte e economia da região. Possui 1.459 km de extensão, abrange os Estados de Rondônia e Amazonas e está inteiramente em território brasileiro (BASTOS et al., 2006).

A Bacia do Rio Madeira foi a segunda região de extração de ouro mais importante da Amazônia. A corrida do ouro nesta Bacia começou por volta de 1975 como uma operação individual nas margens de rios durante a estação seca. A atividade atingiu seu auge no final da década de 1980 (BASTOS et al., 2006).

As concentrações de mercúrio nos solos variaram de 34,8 a 366,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$, com valor médio de $106,9 \pm 88,8 \mu\text{g}/\text{kg}$ (BASTOS et al., 2006). Segundo os autores, esses valores estavam de acordo com as concentrações anteriores relatadas por MALM et al (1990) para o Alto Rio Madeira, onde as concentrações de Hg variaram entre 35,0 e 300,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$. As maiores concentrações de Hg ($> 200,0 \mu\text{g}/\text{kg}$) ocorreram nas proximidades da cidade de Porto Velho (BASTOS et al., 2006).

LECHLER et al. (2000) encontraram concentrações de mercúrio nos sedimentos variando de 232 a 406 ng/g na Bacia do Rio Madeira. O programa de amostragem estendeu-se entre a confluência do Rio Amazonas e Porto Velho/RO em maio e junho de 1997. A coleta foi realizada em amostras de água, sedimentos, solo e peixes, em intervalos de aproximadamente 50 km em uma extensão de 900 km do Rio Madeira. As amostras foram colhidas imediatamente após a estação chuvosa, durante a fase de queda do pico anual de inundação. Os níveis de mercúrio também foram medidos em solos coletados em áreas de terras altas de três locais nas imediações de Porto Velho. Estes materiais apresentaram concentrações de mercúrio semelhantes às medidas para solos aluviais, variando de 245 a 439 ng/g (LECHLER et al., 2000).

Como resultado do estudo, os autores avaliaram os potenciais impactos ambientais advindos das atividades de extração de ouro nas proximidades de Porto

Velho (LECHLER et al., 2000). De acordo com os pesquisadores, dados biogeoquímicos obtidos por amostragens de compartimentos ambientais sugeriram que os altos níveis de mercúrio se devem principalmente a fontes e processos biogeoquímicos naturais e que os impactos do mercúrio antropogênico liberado, pertinente às atividades de extração de ouro, são relativamente localizados. Para tanto, não há evidências de que o transporte de mercúrio a jusante das áreas de mineração tenha resultado em níveis elevados do metal ao longo do Rio Madeira (LECHLER et al., 2000).

BASTOS et al. (2006) constataram, em um estudo realizado entre 2001 e 2003, que apesar da redução das emissões de Hg para a Bacia do Rio Madeira a partir das atividades de extração de ouro, as concentrações em peixes e humanos são semelhantes àquelas medidas durante a corrida do ouro. Segundo os pesquisadores, a redução das concentrações de Hg limitou-se a áreas próximas a fontes pontuais antigas e apenas para compartimentos abióticos (ar e sedimentos).

Nos últimos 30 anos, grandes impactos ambientais no Alto Rio Madeira ocorreram em decorrência das atividades de extração de ouro, desmatamento e queimadas para expansão agropecuária (BASTOS et al., 2020). Somado ao legado da entrada direta de Hg no rio devido às atividades de extração de ouro, o uso da terra agrícola trouxe mudanças na biogeoquímica e remobilização do Hg depositado nos solos, e biomassa florestal (BASTOS et al., 2006; BASTOS et al., 2020).

BASTOS et al. (2020) mostraram dados mais recentes em relação aos níveis de HgT e MeHg nas águas e no material particulado em suspensão do Rio Madeira e seus afluentes (antes e depois da construção da barragem hidrelétrica a fio d'água, com 2826 amostras e 19 pontos de amostragem distribuídos em 150 km) para avaliar as mudanças a montante e a jusante da UHE Santo Antônio. Esta hidrelétrica entrou em operação em 2012 e inundou uma área de 546 km² correndo 7 km a montante da cidade de Porto Velho até o distrito de Jaci-Paraná (BASTOS et al., 2020).

As concentrações de HgT e MeHg foram significativamente maiores no material particulado em suspensão dos afluentes do Rio Madeira (mediana: 161,14 ng/g e 9,03 ng/g, respectivamente) do que no Rio Madeira (mediana = 57,06 ng/g e 1,63 ng/g, respectivamente). A concentração de HgT na água foi significativamente maior no Rio Madeira (mediana = 6,51 ng/L) do que nos tributários (mediana = 2,57 ng. L⁻¹). Entretanto, o percentual de metilação nos tributários foi quase 4 (quatro)

vezes maior (mediana = 4,9%) do que no Rio Madeira (mediana: 1,3%) (BASTOS et al., 2020).

As porcentagens mais altas de MeHg nos tributários podem indicar fatores naturais (hidrobiogeoquímicos) ainda predominantes nesta paisagem em mudança da Amazônia Ocidental (BASTOS et al., 2020). Além disso, os autores sugerem que a barragem hidrelétrica a fio d'água, como a UHE Santo Antônio ainda não impactou as concentrações de HgT e MeHg nas águas e no material particulado em suspensão do Rio Madeira e seus afluentes.

Vale destacar também a contribuição das atividades minerárias do lado boliviano da Bacia Amazônica para a poluição da Bacia do Rio Madeira (MAURICE BOURGOIN et al., 2000; MAURICE BOURGOIN; AALTO; GUYOT, 2002). Em um estudo geocronológico em amostras de perfil de sedimentos do Rio Madeira, MAURICE BOURGOIN e colaboradores (2002) observaram um aumento da concentração de mercúrio com o aumento da profundidade.

A concentração de mercúrio nos sedimentos, constante no período entre 1900 e 1965, aumenta de forma contínua a partir de então, provavelmente devido a novas emissões nas bacias de drenagem andina. Este influxo de mercúrio pode ser atribuído à erosão acelerada de solos enriquecidos em mercúrio, devido ao aumento das atividades de extração de ouro, colonização recente e novas práticas agrícolas (por exemplo, queima após desmatamento), construção de estradas e outras atividades humanas (MAURICE BOURGOIN; AALTO; GUYOT, 2002).

Peixes piscívoros como *Brachyplatystoma filamentosum*, mais consumidos pela população ribeirinha do Rio Madeira, possuem uma média de $0,378 \pm 0,009$ µg/g de mercúrio nos tecidos musculares (QUEIROZ et al., 2019). SOUZA AZEVEDO et al. (2019) encontraram valores médios de HgT em tecido muscular de *Cichla pinima* no valor de 676 ± 258 µg/kg. Ou seja, abaixo do limite máximo estabelecido para consumo humano, e foram semelhantes aos dos peixes *Cichla* de outras áreas impactadas por Hg na região amazônica.

BASTOS et al. (2006) realizaram múltiplas amostragens em diferentes populações desde a nascente do Rio (Alto Madeira) até o seu encontro com o Rio Amazonas (Baixo Madeira). Em termos quantitativos, no entanto, a maior parte das pesquisas tem se concentrado no Alto Madeira (CARVALHO, 2016; CERBINO, 2016; LIMA, 2018; RAMOS, 2003; VIEIRA ROCHA et al., 2014; VIEIRA et al., 2013), com

menos estudos do que na Bacia do Rio Tapajós. Por esta razão, foi oportuno uma descrição conjunta com as principais evidências, sem descrições por “Alto”, “Médio” ou “Baixo” Rio Madeira.

Foram realizadas diversas análises de mercúrio em amostras biológicas de crianças (CARVALHO, 2016; CUNHA; MARQUES; DÓREA, 2018; FARIAS, 2006; LIMA, 2018; MARQUES et al., 2013; MENDES et al., 2021; RAMOS, 2003; VIEIRA ROCHA et al., 2014). Estudos também se concentraram em pesquisar gestantes, lactantes e mulheres em idade reprodutiva na Bacia do Rio Madeira (CUNHA; MARQUES; DÓREA, 2018; MARQUES et al., 2013; MENDES et al., 2021; RAMOS, 2003; SANTOS et al., 2003; SERRA; SILVA.; BERNARDI, 2021; SILVA, 2015; VIEIRA et al., 2013).

Dentre essas pesquisas, crianças e mulheres encontram-se contaminadas nas proximidades de Porto Velho/RO (LIMA, 2018; RAMOS, 2003), Borba/AM (FARIAS, 2006), Lago Pururuzinho/AM, São Sebastião do Tapurú/AM (MENDES et al., 2021), e comunidades indígenas (Guajará-Mirim e Novo Mamoré) (SANTOS et al., 2003) e ribeirinhas (São Carlos, Nazaré, Calama, Demarcação, Nova Esperança, Papagaios, Terra Caída, Rio Jamari e Mamoré) (CUNHA; MARQUES; DÓREA, 2018; VIEIRA et al., 2013) do Estado de Rondônia (Apêndice 3).

Conforme observado no Tapajós, as evidências reportam que quanto maior o consumo de pescado contaminado por Hg maior é o nível do mercúrio na população dessa região (CERBINO, 2016; CARVALHO, 2016; CUNHA; MARQUES; DÓREA, 2018; FARIAS, 2006). E que, portanto, existe uma correlação altamente significativa entre o consumo de pescado e as concentrações de HgT em cabelo (CUNHA; MARQUES; DÓREA, 2018; FARIAS, 2006). Observou-se também que a concentração de hemoglobina e a idade materna tiveram influência positiva significativa nos índices antropométricos (CUNHA; MARQUES; DÓREA, 2018).

SANTOS et al. (2003) demonstraram que 75% das crianças indígenas apresentaram teores de HgT capilar até 10,42 µg/g. Os demais 25% mostraram níveis de mercúrio que alcançaram 83,8 µg/g. No grupo das mulheres em idade reprodutiva, os teores de Hg em 75% das participantes não ultrapassaram 10,88 µg/g de HgT em amostras de cabelo, enquanto os 25% remanescentes encontraram-se acima desses níveis, tendo sido o valor mais elevado de 39,4 µg/g. O estudo transversal foi realizado em 910 índios Pakaanóva, residentes dos municípios de Guajará Mirim e Nova

Mamoré no Estado de Rondônia, área sob a influência da atividade garimpeira da Bacia do Rio Madeira (SANTOS et al., 2003). Os autores ressaltam a necessidade de medidas e a preocupação das elevadas exposições das crianças ao mercúrio, uma vez que estão em uma situação de maior risco para efeitos adversos à saúde, por encontrarem-se em fase de desenvolvimento neuropsicomotor.

RAMOS (2003) realizou um estudo transversal avaliando a exposição pré-natal ao mercúrio por meio da determinação dos níveis de HgT em amostras de cabelo de 100 mães e seus recém-nascidos, sangue materno, cordão umbilical e placenta em três maternidades da cidade de Porto Velho-RO. Para análise estatística a autora utilizou o teste “t” de Student e o coeficiente de correlação de Pearson (r).

As coletas foram realizadas em 2000 e os níveis médios de HgT encontrados nas amostras biológicas foram: cabelo materno: 7,02 µg/g (variação de 0,16 a 62,43 µg/g); sangue materno: 4,98 µg/L (variação de 0,04 a 40,36 µg/L); cordão umbilical: 9,98 µg/g (variação de 0,11 a 43 µg/L); e cabelo dos recém-nascidos: 2,72 µg/g (variando de 0,4 a 40,32 µg/g), com 10% das crianças excedendo o limite da OMS. O estudo encontrou uma forte correlação ($p < 0,05$) entre os valores do metal no cabelo dos recém-nascidos e mães ($r = 0,339$). Os resultados mostraram significativa correlação entre as concentrações de HgT na placenta e cordão umbilical ($r = 0,831$). Assim, os pesquisadores concluem que as mães expostas ao Hg durante a gravidez transferem este metal para seus fetos permitindo a exposição congênita ao mercúrio. (RAMOS, 2003).

Além disso, cumpre mencionar estudo transversal realizado em 75 lactantes de comunidades urbanas de Porto Velho/RO e 82 em comunidades ribeirinhas também do Alto Rio Madeira, como São Carlos, Nazaré, Calama, Demarcação, Nova Esperança, Papagaios, Terra Caída, entre os anos de 2010 e 2011 (VIEIRA et al., 2013). As lactantes das comunidades ribeirinhas apresentaram medianas significativamente maiores de HgT em cabelo (8,2 µg/g) e MeHg em leite (1,0 ng/g) do que as lactantes de Porto Velho/RO (HgT capilar: 1,32 µg/g) e (MeHg em leite materno: 0,07ng/g).

Para mães urbanas com baixas taxas de consumo de peixe (e restaurações de amálgama dentário relativamente mais altas), a proporção de Hg inorgânico no leite foi maior (85%) do que nas comunidades ribeirinhas (62%) (VIEIRA et al., 2013). Apesar disso, não houve correlação significativa entre as concentrações de HgT no

leite e o enchimento de amálgama ou o consumo diário de peixe. De acordo com os VIEIRA et al. (2013), as mudanças socioeconômicas que ocorrem na Amazônia Ocidental estão provocando mudanças nos hábitos alimentares em relação aos peixes das mães urbanas. No entanto, o estilo de vida tradicional e o conseqüente elevado consumo de peixes em populações ribeirinhas ainda podem afetar as concentrações de HgT e MeHg no leite materno e amostras capilares.

Por fim, foram observados desfechos em saúde em indivíduos do Alto Rio Madeira associados às concentrações de mercúrio ou alerta para a exposição ao mercúrio, como: alterações neuropsicológicas em crianças do Alto Rio Madeira (LIMA, 2018); alterações em visão de cores (FEITOSA-SANTANA et al., 2018); alterações cognitivas (SERRA; SILVA.; BERNARDI, 2021); e alterações no estresse oxidativo, como a enzima glutathione S-transferase (GST) aumentada na população com maiores níveis de Hg, assim como o malondialdeído (MDA) apresentou maiores níveis séricos nos mais expostos ao Hg (CARVALHO, 2016).

Os resultados obtidos por LIMA (2018) indicam que a exposição ambiental ao mercúrio orgânico em altos níveis está associada aos prejuízos no desempenho neuropsicológico de crianças e adolescentes ribeirinhas e reassentadas da região do Rio Madeira. A análise de correlação de Spearman foi negativa, com significância estatística entre mercúrio e QI verbal, QI executivo e QI estimado, conhecimento semântico, fluência verbal fonológica, operacional visuoespacial memória; e positivo com aumento de erros do teste de controle inibitório. Uma análise de regressão, controladas para as covariáveis, mostrou que a cada 10 µg/g de aumento, apresentam-se decréscimo pela metade desvio padrão para QI verbal, QI estimado, escores de fluência verbal fonológica e memória operacional visuoespacial (LIMA, 2018).

Além disso, SERRA e colaboradores (2021) observaram que indivíduos ribeirinhos (do sexo masculino e feminino) apresentaram déficit de memória, concentração e atenção, sendo essas funções cognitivas sintomas de alerta à exposição ao Hg. O sexo, a idade e o estilo de vida (grupos) foram indicadores significativos nas concentrações de HgT capilar.

5.3.1.3. Bacia do Rio Negro

A Bacia do Rio Negro está localizada na Região Norte do Brasil, principalmente no Estado do Amazonas. O Rio Negro é um dos principais afluentes do Rio Amazonas, desempenha um papel fundamental na drenagem da região e é conhecido por sua água escura. A Bacia do Rio Negro abrange uma vasta área de floresta tropical, sendo uma região de grande importância ambiental devido à sua biodiversidade única e à presença de ecossistemas aquáticos importantes.

A Bacia do Rio Negro é considerada menos afetada pela extração de ouro em comparação com as bacias anteriores. Estudos sugerem a contaminação por mercúrio de povos indígenas no Estado de Roraima, principalmente devido à extração ilegal de ouro (VEGA et al., 2018).

Atividades de garimpo tiveram seu ápice de exploração na década de 1980 (BASTOS et al., 2006). Pesquisas sugerem ou propõem emissões naturais de mercúrio na região (FADINI e JARDIM, 2001; FAPESP, 1999; FARIAS, 2006; ROULET et al., 1997; SILVA FORSBERG et al., 1999). Estudo destaca que latossolos argilosos dessa região têm revelado a existência de altos teores de mercúrio associados com complexos organometálicos na fração mineral do solo (FADINI e JARDIM, 2001 *apud* FARIAS, 2006). É conhecido que ecossistemas de águas escuras são exemplos de terras inundáveis que possuem características bioquímicas que favorecem a metilação do mercúrio na biota aquática (FARIAS, 2006).

Os níveis de mercúrio encontrados nos solos são excepcionalmente altos, de 44 para 212 ng/g (SILVA FORSBERG et al., 1999). Estudo realizado em áreas distantes e sem registro de atividades de mineração de ouro no Alto Rio Negro revela elevadas concentrações de Hg, o que leva a considerar sua fonte natural (FADINI e JARDIM, 2001). Continuamente, o Hg depositado nos solos e sedimentos sofre contínuas transformações e interações com os compartimentos ambientais, que acabam por transformar e remobilizar o Hg para cadeias alimentares, incluindo o aumento de sua biodisponibilidade por metilação (MALM et al., 1990; ROULET et al., 1998).

De relevância para estudos em saúde, esta região da bacia possui populações com elevada exposição ao mercúrio, incluindo crianças e lactantes (ALVES et al., 2006; BASTOS et al., 2006; CERBINO et al., 2016; FARIAS et al., 2006; VEGA et al.,

2018), mas que não foram devidamente avaliadas para elucidar a presença ou extensão de desfechos em saúde.

Os níveis médios de mercúrio em amostras de cabelo de indivíduos da Bacia do Rio Negro variaram de 1 a 97,44 ppm (ALVES et al., 2006; BASTOS et al., 2006; BARBOSA et al., 2001; BORTOLI, 2009; CERBINO et al., 2016; FARIAS et al., 2006; SILVA FORSBERG et al., 1999; VEGA et al., 2018). Os valores obtidos para as tendências centrais nas comunidades ribeirinhas são compatíveis com os valores de ingestão de pescados (ALVES et al., 2006; FARIAS et al., 2006; VEGA et al., 2018).

SILVA FORSBERG et al. (1999) encontraram maiores níveis de contaminação humana por mercúrio em populações do Alto Rio Negro e rios afluentes com carbono orgânico dissolvido excepcionalmente alto e pH baixo no Alto Rio Negro. As concentrações médias de mercúrio capilar variaram entre 38,25 e 97,44 $\mu\text{g/g}$. O mercúrio capilar correlacionou-se positivamente com o carbono orgânico dissolvido fluvial e negativamente com o pH. Nenhum efeito claro das atividades de mineração de ouro foi encontrado na região. Os resultados demonstram a importância da química dos rios na determinação do padrão de contaminação por mercúrio na Bacia Amazônica (SILVA FORSBERG et al., 1999).

Em relação à exposição ao Hg e atividades de extração de ouro, VEGA et al. (2018) sugerem uma associação entre a exposição ao mercúrio das comunidades indígenas do grupo étnico Ye'kuana e etnia Yanomami, Estado de Roraima, à localização geográfica destas atividades ilegais na região. Isso se deve porque a aldeia de Waikás Aracaça, onde as atividades atuais de garimpo ainda são relatadas, observaram as maiores concentrações de HgT no cabelo (mediana de 15,5 $\mu\text{g/g}$). Quase todos os membros amostrados da comunidade apresentaram níveis de Hg no cabelo acima de 6 $\mu\text{g/g}$, com prevalência = 92,3% (VEGA et al., 2018).

As Reservas Yanomami são áreas protegidas que abrigam comunidades indígenas Yanomami, que vivem na região da Amazônia no país, na fronteira entre os Estados de Roraima e Amazonas. Essas reservas foram estabelecidas para proteger o modo de vida tradicional e os direitos territoriais dos Yanomami, bem como preservar a biodiversidade e os ecossistemas da região. No entanto, as reservas Yanomami enfrentam desafios significativos, incluindo invasões de extratores ilegais por trabalhadores destas atividades em busca de ouro e outros recursos minerais, o que causa danos ao meio ambiente e conflitos com os Yanomami.

VEGA et al. (2018) visitaram 19 aldeias indígenas, 15 na região de Paapiu e 4 na região de Waikás, com análise no total de 239 amostras de cabelo de crianças e de mulheres de comunidades ribeirinhas. As amostras foram obtidas de 179 de 360 residentes em Paapiu e 60 de 145 residentes em Waikás, representando 48% e 42% de toda a população da aldeia, respectivamente.

A região de Waikás está localizada nas margens do Rio Uraricoera, onde há três aldeias povoadas por membros do grupo étnico Ye'kuana; e uma aldeia chamada Aracaca, localizada a 35 km rio acima dos Ye'kuanas, onde vivem apenas indígenas da etnia Yanomami. Paapiu está localizado nas margens do Rio Mucajai e é povoado exclusivamente por Yanomami. A região de Paapiu, onde as atividades de garimpo ocorreram na década de 80, foram observadas as menores concentrações (mediana de 3,2 µg/g; prevalência acima de 6 µg/g = 6,7%) (VEGA et al., 2018).

Aldeias Waikas Ye'kuana e Waikas Aracaca apresentaram 4,4 [RP = 4,4; Intervalo de Confiança (IC) 95% = 2,2 a 9,0] e 14,0 (RP = 14,0; IC95% = 7,9 a 24,9) prevalência vezes maior de Hg capilar acima de 6 µg/g respectivamente, em comparação com Paapiu (VEGA et al., 2018).

Levando-se em consideração as faixas etárias crianças < 12 anos e adultos ≥ 12 anos, não houve diferença nas concentrações de Hg entre crianças e adultos. Considerando a variação sazonal da exposição ao Hg, as menores concentrações foram observadas durante a estação chuvosa (junho-setembro) e as maiores na estação seca (dezembro-abril) (VEGA et al., 2018). Estudo ressalta que até a época apenas dois estudos (CASTRO; ALBERT; PFEIFFER, 1991; SING et al., 2003) tinham sido realizados em Roraima.

Pesquisa recente (coleta de cabelo em 2021) realizado no povo indígena Yanomamis do Alto Rio Mucajai, mostrou que os maiores níveis de exposição foram detectados em indígenas que vivem nas aldeias localizadas mais próximas à extração de ouro ilegal (FIOCRUZ, 2024). Das 287 amostras de cabelo examinadas, 84% registraram níveis de contaminação por mercúrio acima de 2,0 µg/g e 10,8% acima de 6,0 µg/g. Ao cruzar os dados, os pesquisadores reportam que nos indígenas com pressão alta os níveis de mercúrio acima de 2,0 µg/g são mais frequentes do que nos indígenas com pressão arterial normal. Mais de 80% dos participantes relataram ter tido malária ao menos uma vez na vida e mais de 25% das crianças menores de 11 anos tinham anemia, sendo que quase a metade apresentaram desnutrição aguda.

Além disso, 80% apresentaram déficits de estatura para idade, o que sugere, de acordo com os parâmetros da OMS, um estado de desnutrição crônica (FIOCRUZ, 2024).

5.3.2. Região Hidrográfica (RH) do Atlântico Nordeste Ocidental

A RH do Atlântico Nordeste Ocidental possui uma área aproximada de 274.300 km² e abrange o Estado do Maranhão e parte do Pará (BRASIL, 2015). Essa região é caracterizada por uma variedade de rios, riachos e bacias hidrográficas que deságuam diretamente no Oceano Atlântico.

Embora não haja registros de extração de ouro na área, foi identificada a presença de mercúrio em indivíduos de regiões de mangues em Caratateua, município de Bragança, área marítima do nordeste do Pará (OLIVEIRA, 2014; OLIVEIRA et al., 2018). OLIVEIRA et al. (2018) alertam sobre o consumo de peixes e animais contaminados coletados em manguezais, o que poderia justificar a discreta exposição de uma parte da população local segundo os pesquisadores. 90% da população estudada é consumidora de peixes carnívoros e detritívoros.

OLIVEIRA et al. (2018) identificaram mediana de HgT em amostras de cabelo (coleta de amostra em 2013) no valor de 1,72 µg/g em 106 mulheres, com idade entre 13 e 55 anos da área marítima. No entanto, 8,4% dos participantes da pesquisa apresentaram níveis maiores que 6 µg/g de HgT. A suposição para a contaminação dos mangues se sustenta através da deposição atmosférica, pela ação das marés e dos rios e absorvido por meio de sedimentos suspensos, alterando biologicamente o sistema da cadeia trófica alimentar (VERTANIK et al., 1995; WASSERMAN; HACON; WASSERMAN, 2001).

Não foi observada associação entre os níveis de HgT e dosagem de glutatona oxidada e reduzida nas pescadoras de Caratateua. A metodologia estatística utilizada foi a correlação de Pearson entre os níveis de HgT e dosagem de Glutaciona Oxidada (GSSG) ($r=-0,087$; $p=0,1976$) e Glutaciona Reduzida (GSH) ($r = 0,0463$; $p = 0,1175$) (OLIVEIRA et al., 2018). Este estudo é consistente com o estudo de OLIVEIRA (2014), que encontrou mediana de Hg de 1,9 µg/g.

5.3.3. Região Hidrográfica (RH) Tocantins-Araguaia

A RH Tocantins-Araguaia possui uma área de aproximadamente 920 mil km², está localizada no centro-norte do Brasil e abrange partes dos estados de Goiás, Tocantins, Maranhão, Pará, Mato Grosso e Distrito Federal. Grande parte se situa desde as nascentes dos Rios Araguaia e Tocantins até a sua confluência, e daí, para jusante, adentra na Região Norte até a sua foz (BRASIL, 2015).

Os Rios Tocantins e Araguaia são importantes cursos d'água que atravessam essa região, contribuindo significativamente para a biodiversidade, economia e abastecimento de água das comunidades locais. A Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia desempenha um papel crucial no fornecimento de recursos hídricos, na produção agrícola, sobretudo aos cultivos de grãos, no transporte fluvial e potencial hidroenergético.

As principais fontes de emissão por mercúrio sugeridas pelos estudos de saúde foram usinas hidrelétricas, desmatamento, queimadas e deposição atmosférica (ARRIFANO et al., 2018, ARRIFANO et al., 2018a; OLIVEIRA et al., 2014; MILHOMEM FILHO et al., 2012). No Rio Tocantins, a presença de barramentos, principalmente das UHEs para geração de energia, sem a conclusão das eclusas impede a navegação, como por exemplo a UHE Tucuruí, no Estado do Pará (BRASIL, 2015).

As populações das áreas de estudo da RH Tocantins-Araguaia geralmente apresentam alto consumo de pescado (COSTA JUNIOR et al., 2017; MILHOMEM FILHO et al., 2012; MILHOMEM FILHO et al., 2016; SANTOS et al., 2003a). Para tanto, de modo geral o consumo alimentar de peixes é associado a baixos níveis de contaminação por mercúrio, incluindo as espécies piscívoras (COSTA JUNIOR et al., 2017; MILHOMEM FILHO et al., 2012; MILHOMEM FILHO et al., 2016).

Na RH Tocantins-Araguaia, vários estudos de saúde foram realizados na região norte, na foz do Rio Tocantins ou nas suas proximidades, com foco em grupos controle (populações não expostas ao mercúrio utilizado em atividades de extração de ouro). Devido às características, hábitos e estilos de vida semelhantes, este grupo foi utilizado para subsidiar estudos comparativos com populações expostas ao mercúrio (grupo de estudo - predominantemente na Bacia Tapajós) (AMORAS, 2011; COSTA JUNIOR et al., 2017; LIMA, 2014; KHOURY et al., 2013; FREITAS et al., 2018;

PINHEIRO et al., 2000; PINHEIRO et al., 2006; PINHEIRO et al., 2007; MARINHO et al., 2014).

As principais localidades estudadas como grupo controle foram Acará/PA, seguido por Panacauera/PA, Ananindeua/PA, Pindobal Grande/PA, Ilha de Marajó/PA, Limoeiro do Ajuru/PA e Belém/PA. Nas proximidades destas regiões não há atividades significativas de extração de ouro e são notados, em geral, valores médios abaixo do limite da OMS em mercúrio capilar. Porém, MARINHO et al. (2014) encontraram concentrações médias de HgT de $2,27 \pm 2,11 \mu\text{g/g}$ (variando de $0,13 - 9,54 \mu\text{g/g}$) em crianças maranhenses (às margens do Guajará de Beja, afluente da margem direita do Rio Pará, na Região Nordeste do Estado do Pará) e os valores médios foram de 93,17% para MeHg.

Cumpra ainda destacar que níveis médios de mercúrio em indivíduos de Pindobal Grande e Panacauera, incluindo crianças, variaram de 2,23 a 7,5 $\mu\text{g/g}$, com valores chegando a 9,46 $\mu\text{g/g}$ (PINHEIRO et al., 2006; PINHEIRO et al., 2007). Outra comunidade da RH Tocantins-Araguaia que merece atenção é a comunidade de Caxiuanã/PA. Em alguns indivíduos de 7 a 97 anos, o valor médio de HgT capilar foi de 8,58 $\mu\text{g/g}$, chegando a 45,59 $\mu\text{g/g}$ (SANTOS et al., 2003a). Além disso, de acordo com os pesquisadores as amostras de peixes piscívoros de Caxiuanã apresentaram teores de até 2,529 mg/g. Os pesquisadores não conseguiram explicar se existiam e quais seriam as fontes de emissão do mercúrio na região.

ARRIFANO et al. (2018a), demonstram elevada exposição por mercúrio em habitantes nas ilhas do lago formado após o fechamento da UHE Tucuruí, no Rio Tocantins. A área não há registro de garimpos de ouro próximos à área, mas abriga a quinta maior barragem do mundo (CRESPO-LOPEZ et al., 2021). A exposição é atribuída ao aumento da concentração de metais na cadeia alimentar devido à estagnação da água e regimes de fluxo alterados. A proliferação de insetos e incidência de doenças endêmicas, como a malária, também é relatada na literatura (ARRIFANO et al., 2018a).

O mercúrio na água apresentou valor de $12,7 \pm 8,4 \text{ ng/L}$ (KEHRIG et al., 2009). De acordo com KEHRIG et al. (2009), espécies piscívoras de Tucuruí, como *Cichla* sp, apresentaram nível médio de MeHg e HgT, respectivamente, no valor de $505,2 \pm 528,1 \mu\text{g/kg}$ e $546,7 \pm 555,4 \mu\text{g/kg}$. *Cichla* spp., que se alimenta principalmente de espécies de peixes, apresentou o maior valor de HgT, aproximadamente 9 vezes

superior aos valores encontrados em *Geophagus surinamensis* do reservatório de Tucuruí. O MeHg aumentou sucessivamente com o aumento do nível trófico, desde os peixes onívoros até os peixes piscívoros. Isso indica que a biomagnificação pode estar ocorrendo ao longo das cadeias alimentares de Tucuruí (KEHRIG et al., 2009).

ARRIFANO et al. (2018) avaliaram o teor de mercúrio em adultos (18 homens e 19 mulheres) residentes nas proximidades da UHE Tucuruí. 57% e 30% dos participantes apresentaram altas concentrações de HgT ($\geq 10 \mu\text{g/g}$ e $\geq 20 \mu\text{g/g}$, respectivamente). Os indivíduos do sexo masculino apresentaram mediana dos níveis de HgT ($19,7 \mu\text{g/g}$) maior do que as mulheres ($11 \mu\text{g/g}$). Curiosamente, as concentrações são relativamente maiores do que as atualmente amostradas para populações humanas em diversas regiões altamente influenciadas por áreas de extração de ouro (ARRIFANO et al., 2018).

Manifestações emocionais foram identificadas em 52,2% dos participantes em Acará (COSTA JUNIOR et al., 2017). Além disso, 33 (71,7%) dos participantes de Acará apresentaram manifestações motoras, com o maior número se queixando de parestesia (54,3%), dor nos membros (52,2%) e tremor (34,8%). Os resultados revelaram que a concentração de Hg nas manifestações emocionais e motoras de ribeirinhos de Itaituba, área com indícios de contaminação principalmente pela garimpagem de ouro, é maior do que nos ribeirinhos do Acará (COSTA JUNIOR et al., 2017).

5.3.4. Região Hidrográfica (RH) Paraguai

A Região Hidrográfica do Paraguai, também chamada de Bacia do Alto Paraguai (BAP), possui uma área de 363.446 km² (4,3% do território nacional), abrangendo parte dos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (BRASIL, 2015). A BAP está dividida em duas grandes bacias ou unidades hidrográficas: o Pantanal e a Planalto Paraguai.

Dentre seus principais cursos d'água, destacam-se o Paraguai, Taquari, São Lourenço, Cuiabá, Itiquira, Miranda, Aquidauana, Negro, Apa e Jauru. O Rio Paraguai nasce na Serra dos Parecis, no Estado de Mato Grosso. Ao longo do seu percurso de aproximadamente 2.582 Km, desde a nascente até a foz (na Argentina), o rio banha margens exclusivamente brasileiras, em uma extensão de aproximadamente 1.300

Km, e compartilha suas margens entre Brasil e Bolívia (48 Km) e entre Brasil e Paraguai (332 Km) (BRASIL, 2015).

As pesquisas em saúde foram realizadas nas comunidades ribeirinhas e urbanas de Barão de Melgaço e nas comunidades urbanas de Poconé, no Pantanal Matogrossense, Estado de Mato Grosso. A cabeceira do Pantanal Mato-grossense é uma área fortemente influenciada pelas atividades garimpeiras desde o século XVIII. Estima-se que 50 toneladas de mercúrio tenham sido emitidas por garimpeiros na Bacia do Rio Bento Gomes, no município de Poconé, desde a década de 1980 (OLIVEIRA et al., 2004).

Os estudos de saúde relacionam a exposição de mercúrio de indivíduos devido à proximidade com áreas de extração de ouro, desmatamento e queimadas (JESUS et al., 2018; TAVARES et al., 2005).

TAVARES et al. (2005) realizaram um estudo comparativo em 209 crianças ribeirinhas de 3 a 7 anos de idade: um grupo exposto a níveis moderados de MeHg (n = 75) e um grupo controle (n = 134). Participaram do grupo de estudo/exposto todas as possíveis crianças residentes em quatro comunidades ribeirinhas do Rio Cuiabá: Boca de Conchas, Cuiabá Mirim, Estirão Cumprido e Porto Brandão.

O grupo controle foi composto por residentes no município de Barão de Melgaço, com padrão socioeconômico semelhante ao do grupo de estudo, com diferencial de menor dependência do peixe como fonte de proteína alimentar. Como resultado, os pesquisadores demonstraram que as crianças do grupo de estudo apresentaram maior exposição ao HgT (nível médio de Hg capilar = $5,37 \pm 3,35$ µg/g) em comparação ao grupo controle (Hg médio = $2,08 \pm 1,37$ µg/g). Ambos os grupos apresentaram elevada proporção de crianças com desempenho considerado "não normal", sugerindo que os resultados não puderam ser relacionados à exposição ao mercúrio e que esse tipo de teste apresentou limitações para uso em comunidades ribeirinhas da Amazônia (TAVARES et al., 2005).

Mais de uma década depois, estudo transversal realizado em indivíduos adultos dos municípios de Poconé e Barão de Melgaço detecta nível médio de mercúrio na urina de $1,41 \pm 0,98$ µg/L em amostras coletadas no ano de 2012 (JESUS et al., 2018). As amostras apresentaram baixos níveis de mercúrio, semelhantes àqueles encontrados em populações também expostas ambientalmente, embora 97,1% dos participantes do estudo afirmarem se alimentar pelo menos três vezes por

semana, com peixes dos rios da região (comparação que deve ser feita com cautela, conforme já apresentado no capítulo).

De acordo com os autores, o valor foi de 28,85% da média (4,89 $\mu\text{g/L}$), encontrada em 1995 nos residentes da cidade de Poconé (CÂMARA et al., 1996), ocasião em que os garimpos se encontravam em plena atividade na região. JESUS et al. (2018) estimaram que a atividade garimpeira representa 40% inferior à de 1995, totalizando 14 garimpos de grande porte e 200 trabalhadores atuando na extração do metal.

Os teores mostraram diferenças significativas apenas quanto à profissão dos participantes ($p \leq 0,01$), e associações positivas surgiram entre mercúrio na urina e atividade profissional ($p \leq 0,01$). Como a maioria dos participantes (74,38%) trabalhava próxima às regiões de garimpo e queimadas, o estudo sugere que essas seriam as possíveis fontes que traduzissem uma associação positiva entre concentração do metal na urina e atividade profissional (JESUS et al., 2018).

Além disso, acrescentam que as antigas crateras das minas de ouro se transformaram em lagos, contendo rejeitos com Hg, que pode permanecer disponível para metilação nos sedimentos por vários anos, mesmo depois de eliminada a fonte de emissão (JESUS et al., 2018).

Por fim, OLIVEIRA et al. (2004) avaliaram as emissões de mercúrio para o ar e água em nove centros de amálgama melhorados e avaliaram também os níveis de poluição em sedimentos de 25 locais ao redor de Poconé. Apesar do uso de retortas, as emissões de Hg foram altas durante a queima de amálgama e as concentrações de Hg no ar excederam o limite para o ar no local de trabalho ($50 \mu\text{g/m}^3$) em todos os centros, exceto um.

O armazenamento de água de lavagem em sistemas fechados e eliminação de resíduos em locais especialmente preparados podem reduzir as emissões de Hg nos cursos de água. A concentração média de mercúrio nos sedimentos finos ($< 74 \mu\text{m}$) no Rio Bento Gomes foi de 104 ng/g peso seco de Hg, três a quatro vezes maior que o nível de fundo (OLIVEIRA et al., 2004). Durante a estação chuvosa, os sedimentos contaminados com elevadas quantidades de Hg foram ressuspensos. Concluindo, os autores ressaltam que as emissões nos cursos de água locais tenham sido efetivamente reduzidas, mas o uso de retortas em centros de fusão melhorados não reduziu suficientemente as emissões de Hg para a atmosfera.

5.4. Síntese dos Principais Achados e Análise das Evidências Científicas com Identificação das Principais Lacunas de Conhecimento

Durante muitos anos, especialmente na década de 1980, as fontes de emissão de mercúrio na Amazônia foram atribuídas à MAPE de ouro. Atualmente, outras fontes também estão em destaque para o aumento da dinâmica do metal, embora ainda a MAPE de ouro seja considerada uma das principais contribuintes para a elevação do mercúrio na atmosfera e no ambiente Amazônico (BERZAS NEVADO et al., 2010; CRESPO-LOPEZ et al., 2021; SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021).

A presença do mercúrio na Amazônia provavelmente aumentará, com consequências globais, devido a eventos que ocorrem com intensidade nos últimos anos, incluindo queimadas generalizadas, desmatamento, atividades de extração de ouro, construção de projetos de grande escala, como barragens (CRESPO-LOPEZ et al., 2021). Acrescenta-se, ainda, a contribuição da gama de utilizações intencionais do mercúrio em processos e produtos (UNEP, 2018) e do solo naturalmente rico em mercúrio.

Além do uso ineficiente e desordenado do mercúrio para amalgamar as pequenas partículas de ouro nas atividades de extração de ouro por muitos anos, sobretudo a extração de ouro ilegal, a conversão de florestas tropicais em pastagens e agricultura é também considerada uma das fontes contribuintes com o aumento do metal no meio ambiente, a partir da lixiviação acelerada, mobilização e reemissão do mercúrio (CARPI et al., 2014; PIRRONE et al., 2010).

As queimadas e o desmatamento podem mobilizar o mercúrio encontrado no solo e na biomassa florestal e liberá-lo nas águas superficiais e na atmosfera. Na água e nos sedimentos, as bactérias metilantes podem biotransformar o mercúrio inorgânico em metilmercúrio (MeHg – subespécie do mercúrio altamente tóxica para os seres vivos). Na atmosfera, o vapor do mercúrio pode ser transportado por via aérea por centenas de quilômetros, predominantemente na forma química mercúrio elementar (Hg^0) (UNEP, 2018).

Cabe também ressaltar o papel da floresta amazônica na remoção e fixação do mercúrio, considerado um "sumidouro" do mercúrio atmosférico, por exemplo, suas folhas capturando o Hg^0 produzido pelas atividades como de extração de ouro (CRESPO-LOPEZ et al., 2021). A mobilização de mercúrio no ecossistema amazônico pode ser exacerbada por barragens na geração de energia hidrelétrica, que promove

condições físico-químicas favoráveis para a proliferação de bactérias que participam da ciclagem do mercúrio (FORSBERG et al., 2017; GOMES et al., 2019). Afetam a dinâmica e fatores sazonais dos rios, e contribuem para o acúmulo do MeHg nos organismos vivos; evitam migrações de peixes e atuam como vetores de doenças (ARRIFANO et al., 2018; ARRIFANO et al., 2018a; BASTA et al. 2021).

Conseqüentemente, devido ao somatório desses eventos antrópicos, solo naturalmente rico em mercúrio e propriedades deste agente tóxico, como a não decomposição ao longo do tempo, as evidências científicas em saúde ratificam que as populações amazônicas estão cronicamente expostas a altos níveis de mercúrio, considerado um dos maiores níveis de exposição no mundo (BASU et al., 2018; CASTRO e LIMA, 2018; CRESPO-LOPEZ et al., 2021; SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021). A exposição crônica ao Hg é tipicamente ambiental, sobretudo através da ingestão de peixes contaminados por MeHg.

Mas, igualmente importante, a exposição ocupacional por meio da inalação de vapor de Hg⁰ em atividades garimpeiras é um sério problema para a saúde pública. A intoxicação por mercúrio raramente é diagnosticada e, quando confirmada, não há sistemas adequados para controlar e monitorar o vapor de Hg no local de trabalho (FARIA, 2003), tampouco acompanhar a saúde dos trabalhadores.

Compreender os mecanismos associados ao acúmulo de mercúrio no ambiente é fundamental quando se considera a urgência na proteção ambiental, melhoria na segurança alimentar e, conseqüentemente, a qualidade de vida e saúde das populações expostas ou potencialmente expostas. A compreensão dos processos ambientais naturais e antrópicos com um monitoramento ambiental permite identificar e caracterizar as fontes de poluição e adotar medidas adequadas. Contudo, a relação entre as contribuições naturais e antrópicas do mercúrio nos compartimentos ambientais é de difícil distinção (APRIL, 2002), à base de dados atual e à defasagem temporal de difícil mensuração sem monitoramento contínuo e em escala adequada.

Segundo HACON et al. (2008), mediante uma revisão sistemática dos estudos desenvolvidos sobre a contaminação por mercúrio na Amazônia entre os anos de 1990 e 2005, foi possível identificar que as fontes e sumidouros de mercúrio na região não são bem estabelecidos e que não há uma compreensão completa do ciclo biogeoquímico do metal. Apesar de resultados importantes e que poderiam ser utilizados para a condução de ações mais contundentes por parte das autoridades

governamentais, as pesquisas realizadas são muitas vezes isoladas em tempo e espaço.

Pesquisas mais recentes alertam as insuficiências de dados sobre e exposição global ao Hg (BASU et al., 2018) e que as mudanças biogeoquímicas em larga escala associadas às mudanças globais não são totalmente compreendidas ou quantificadas (SONKE et al., 2023; UNEP, 2018).

Portanto, detectar e quantificar com precisão se as exposições são causadas pelo aumento do mercúrio decorrentes de fontes de emissão globais, sejam elas naturais ou antropogênicas, ainda parece ser uma incógnita inclusive na Amazônia e em outras regiões. Entretanto, o ciclo do mercúrio nas matrizes de meio ambiente será abordado no capítulo de meio ambiente do projeto em tela, uma vez que não foi possível aprofundar tais conhecimentos no presente capítulo. De acordo com as pesquisas com foco em exposição ao mercúrio da população amazônica, por vezes, as fontes de emissão não estão claramente definidas ou são expressas como a soma de várias fontes de contaminação.

No caso da Amazônia no país, alguns aspectos justapostos tornam-se ainda mais desafiadores. Por exemplo, a complexidade do ciclo geoquímico do mercúrio em florestas tropicais; inacessibilidade geográfica na região Amazônica; múltiplas fontes de emissão do mercúrio; complexas relações entre os ecossistemas aquáticos e terrestres, humanos e animais, incluindo variações sazonais que afetam a exposição da população; e limitações no monitoramento e coleta de informações por motivos logísticos, financeiros e técnicos. Estas informações seriam úteis para compreender a exposição à luz das disposições sobre mercúrio da Convenção de Minamata.

A título de exemplo, BASTOS et al. (2008) identificaram que a análise de dados de levantamentos esporádicos ao longo de 14 anos permitiu uma avaliação mais descritiva do que quantitativa do efeito do mercúrio em peixes. Assim, poucas conclusões podem ser tiradas de dados tão heterogêneos quando parâmetros que controlam a disponibilidade de mercúrio são tão variáveis entre inter e intraespécies (BASTOS et al., 2008).

Além disso, apesar da inegável contribuição das atividades de extração de ouro para o aumento das emissões de mercúrio nos ciclos biogeoquímicos, em especial nas proximidades dessas atividades, há ainda controvérsias sobre a origem do Hg no ecossistema amazônico, dadas as possibilidades de transporte do agente a

longas distâncias nos corpos d'água. Há necessidade de estudos contínuos, abrangentes, simultâneos e comparativos sobre o impacto geoquímico do mercúrio ao longo da extensão das regiões hidrográficas, incluindo análise de estudos históricos, de sedimentos de rios e córregos e a associação com partículas em suspensão provenientes das atividades de extração de ouro.

Em termos de estudos em saúde, as comunidades ribeirinhas são as mais estudadas e percebe-se precárias condições destas comunidades, indígenas e rurais. Devido a sua localização remota, estas comunidades têm menor escolaridade e renda familiar e, portanto, maior consumo de peixe e concentrações do mercúrio em amostras biológicas (FARIAS et al., 2012; MARINHO et al., 2014; MENDES et al., 2021). A exposição e a contaminação variam dependendo da quantidade e do tipo de pescado.

Entre os povos indígenas, os maiores níveis de exposição foram detectados em indivíduos que vivem em aldeias mais próximas à extração ilegal de ouro, incluindo crianças que vivem nos Estados de Roraima e Pará (FIOCRUZ, 2024; VEGA et al., 2018).

Estudos mostram que crianças e mulheres em idade reprodutiva da Bacia do Tapajós e da Região Hidrográfica Paraguai estão mais expostas ao mercúrio do que aquelas em áreas controle, sugerindo que as fontes de emissão do mercúrio são as atividades de extração de ouro devido a maior exposição e contaminação por mercúrio na população mais próximas as estas atividades (ALVES et al., 2006; COSTA JUNIOR et al., 2017; FREITAS et al., 2018; KHOURY et al., 2013; LIMA, 2014; MARINHO et al., 2014; PINHEIRO et al., 2007; TAVARES et al., 2005; VIANNA et al., 2022).

Na Bacia do Rio Madeira, elevados teores de mercúrio também foram observados em amostras biológicas – predominantemente cabelo – de mulheres em idades reprodutivas, gestantes e crianças e trazem indicativos de exposição crônica do agente, com transferência de Hg desde a vida intrauterina (CUNHA; MARQUES; DÓREA, 2018; MARQUES et al., 2011, MARQUES et al., 2012, MARQUES et al., 2013; MENDES et al., 2021; RAMOS, 2003). Além disso, o tempo de amamentação das mães e o consumo frequente de peixes apresentaram relações estatísticas significativas com o HgT no cabelo das crianças e das mães.

Cabe destacar o estudo realizado por SANTOS et al. (2003a). O estudo identificou teores mais elevados de mercúrio em populações mais jovens e um

declínio acentuado à medida que a idade aumenta, o que parece inconsistente quando se analisa um agente de natureza cumulativa no organismo. Contudo, é importante notar que, nos últimos anos, as crianças nascidas sem exposição prévia ao mercúrio ingerem agora quantidades crescentes do metal no útero (SANTOS et al., 2000; SANTOS, 2001; SANTOS et al., 2003a).

A desnutrição pregressa de evolução prolongada das crianças e condições socioeconômicas precárias agravam ainda mais as condições de saúde destes indivíduos, sobretudo ao longo dos Rios Madeira, Tapajós e Negro. Para tanto, baixa estatura, sinal de desnutrição pregressa e baixo peso relacionado a desnutrição (LIMA, 2014) foram associados ao Hg e resultaram nos piores desempenhos motores nas crianças (TAKANASHI et al., 2014).

São observados há muitos anos desfechos em saúde na população em populações com altos níveis de mercúrio, predominantemente neurológicos, incluindo sintomatológicos emocionais (depressão, ansiedade, insônia, tristeza) e motores (parestesia, fraqueza muscular, desequilíbrio ao andar, tremor, dor nos membros e disartria), cognitivas e desfechos visuais (AMORAS, 2011; BASTA et al., 2021; HARADA et al., 2001; COSTA JUNIOR et al., 2017; KHOURY et al., 2013; MARINHO et al., 2014; TAKANASHI et al., 2014); aumento do estresse oxidativo (GROTTO et al., 2010); cardiovasculares (FILLION et al., 2006; PASSOS e MERGLER, 2008); e alterações imunológicas (GIBB H e O'LEARY, 2014; SILVA et al., 2004; GARDNER et al., 2010; PASSOS e MERGLER, 2008).

As principais bacias estudadas –Tapajós, Madeira e Negro – se localizam na Região Hidrográfica Amazônica. A Bacia do Rio Tapajós é a região de maior destaque em área e volume de atividades de extração de ouro, além de maior número de estudos de saúde e indivíduos contaminados por mercúrio, sobretudo aqueles mais próximos a estas atividades (legais e ilegais).

De acordo SANTOS-SACRAMENTO et al. (2021), em busca em artigos originais, amostras ambientais do Tapajós mostram níveis de HgT tão altos quanto 23,84 ng/L em água, 157 ng/g e 155 ng/g em peso seco de material particulado em suspensão e sedimentos, respectivamente, 316 ng/g em plâncton e 1,172 µg/g em peso úmido de músculos de peixes piscívoros (LINO et al., 2018; LINO et al., 2019; RODRIGUEZ MARTIN-DOIMEADIOS et al., 2014, SOUZA AZEVEDO et al., 2019). A principal rota de exposição ao MeHg são os peixes, sendo os piscívoros

(especialmente *Cichla* sp) com maior teor do que os não piscívoros (ALBUQUERQUE et al., 2020; CRESPO-LOPEZ et al., 2021; LINO et al., 2019).

Na Bacia do Rio Madeira as fontes sugeridas são as atividades antigas de extração de ouro (BASTOS et al., 2006), solo enriquecido naturalmente em mercúrio (LINHARES et al., 2009), remobilização do solo e contribuição garimpeira na Bolívia (MAURICE BOURGOIN et al., 2000), provocando elevada exposição ao mercúrio nas populações adjacentes. Um estudo conduzido para avaliar os teores de mercúrio no solo, sedimentos, água e peixes na Bacia do Rio Madeira, no Estado de Rondônia, encontrou altos níveis do metal ao longo do rio e concluiu que o mercúrio advindo da atividade garimpeira era pontual quando o estudo foi conduzido (LECHLER et al., 2000).

Peixes piscívoros como *Brachyplatystoma filamentosum*, mais consumidos pela população ribeirinha do Rio Madeira, possuem uma média de $0,378 \pm 0,009$ µg/g de mercúrio nos tecidos musculares (QUEIROZ et al., 2019). SOUZA AZEVEDO et al. (2019) encontraram valores médios de HgT em tecido muscular de *Cichla pinima* no valor de 676 ± 258 µg/kg, ou seja, abaixo do limite máximo estabelecido para consumo humano, e foram semelhantes aos dos peixes *Cichla* de outras áreas impactadas por Hg na região amazônica.

Cumprе ressaltar que até mesmo o consumo de peixes com níveis de mercúrio abaixo de normativo no país pode ser um risco devido às propriedades bioacumulativas do metal. Embora seja importante não ultrapassar os valores recomendados pela ANVISA, comunidades com pouca diversidade alimentar e deficiências nutricionais consomem maiores quantidades de pescado. Dessa forma, valores relativamente baixos de Hg nos peixes podem acumular-se ao longo do tempo, representando um risco para as populações a médio e longo prazo (FARIAS, 2006; FIOCRUZ, 2016).

Observou-se que quanto maior o consumo de pescado, maior o nível de Hg na população dessa região (CERBINO, 2016; CUNHA; MARQUES; DÓREA, 2018; CARVALHO, 2016; FARIAS, 2006) e que, por vezes, existe uma associação e correlação altamente significativa entre o consumo de pescado e as concentrações de HgT em cabelo (CUNHA; MARQUES; DÓREA, 2018; FARIAS, 2006). Observou-se também que a concentração de hemoglobina e a idade materna tiveram influência

positiva significativa nos índices antropométricos (CUNHA; MARQUES; DÓREA, 2018).

Na Bacia do Rio Negro, as atividades de extração de ouro (sobretudo ilegais) se concentram especialmente à noroeste do Estado de Roraima, onde as evidências atribuem à contaminação da população indígena na Terra Indígena Yanomami a esta fonte, uma vez que essa população se encontra mais contaminada à medida que se aproxima dessas atividades. Além da extração de ouro, acrescenta-se a possível contribuição do solo naturalmente contaminado por mercúrio em diversas áreas da bacia (FAPESP, 1999; FARIAS et al., 2006; FADINI e JARDIM, 2001), remobilização de mercúrio dos sedimentos de fundo e a reemissão dos solos devido a mudanças no uso da terra (BASTOS et al., 2006) como fontes de emissão do mercúrio.

De relevância para estudos em saúde, esta região da bacia possui populações com elevada exposição ao mercúrio, incluindo crianças e lactantes (ALVES et al., 2006; BASTOS et al., 2006; CERBINO et al., 2016; FARIAS et al., 2006; FORSBERG et al., 1999; VEGA et al., 2018) e precisam ser melhor avaliadas para elucidar a extensão de desfechos em saúde.

Na Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia, vários estudos de saúde foram realizados na foz do Rio Tocantins ou suas proximidades, utilizando populações não expostas como grupo controle. Devido às características, hábitos e estilos de vida semelhantes, este grupo foi utilizado para subsidiar estudos comparativos com populações expostas ao mercúrio (grupo de estudo - predominantemente na Bacia Tapajós) (AMORAS, 2011; COSTA JUNIOR et al., 2017; LIMA, 2014; KHOURY et al., 2013; FREITAS et al., 2018; PINHEIRO et al., 2000; PINHEIRO et al., 2006; PINHEIRO et al., 2007; MARINHO et al., 2014).

As populações da RH Tocantins-Araguaia geralmente apresentam alto consumo de pescado e menor exposição e contaminação ao mercúrio comparada com as bacias anteriormente descritas. No entanto, merece destaque a comunidade de Caxiuanã/PA, com indivíduos com valor médio de HgT capilar de 8,58 µg/g, chegando a 45,59 µg/g (SANTOS et al., 2003a). Além disso, de acordo com os pesquisadores as amostras de peixes piscívoros de Caxiuanã apresentaram teores de até 2,529 mg/g.

Os pesquisadores não conseguiram explicar se existiam e quais seriam as fontes de emissão do mercúrio. A amostragem foi realizada entre 1994 e 2000 (n =

214) e, desde então, até onde se tem conhecimento não há novas pesquisas. Conforme sugerido pelos autores, há necessidade de novas pesquisas para compreender os níveis de mercúrio em amostras ambientais e biológicas encontradas em Caxiuanã (SANTOS et al., 2003a).

Na região de Tucuruí (Rio Tocantins, Estado do Pará da RH Tocantins-Araguaia), os estudos mostram níveis até sete vezes superiores ao limite recomendado pela OMS em amostras de cabelo de habitantes nas ilhas, além de peixes contaminados por MeHg. A região possui a segunda maior Usina Hidrelétrica do Brasil (UHE Tucuruí), construída entre 1974 e 1985, e não há registros de atividades de extração de ouro próximas desta área (ARRIFANO et al., 2018; ARRIFANO et al., 2018a).

Ainda na RH Tocantins-Araguaia, em termos de exposição ocupacional CORBETT et al. (2007) encontraram elevados níveis de mercúrio urinário em 107 indivíduos avaliados (comunidade garimpeira) (10,07 µg/L) de Serra Pelada/PA. Após exame dos residentes, os autores observaram vários sintomas neurológicos que podem apresentar uma correlação significativa com os níveis de mercúrio urinário dos participantes: tremores (22,80%), movimentos oculares involuntários (2,20%), constrição do campo visual (4,18%), síndrome de Romberg (2,33%), movimentação involuntária da língua (2,19%), disdiadococinesia (0,43%), falha no teste dedo-nariz (10,96%), falha no teste joelho-calcanhar (4,84%), incapacidade de completar marcha dupla (6,25%), fraqueza muscular (2,27%) e danos aos órgãos sensoriais (24,66%).

Com relação à Região Hidrográfica Paraguai, a cabeceira do Pantanal Mato-grossense é uma área fortemente influenciada pelas atividades garimpeiras desde o século XVIII. Contudo, existem poucos estudos na região para identificar atual exposição e intoxicação por mercúrio nos indivíduos adultos e crianças. Os estudos de saúde existentes relacionam a exposição de mercúrio dos indivíduos devido à proximidade com áreas de mineração, desmatamento e queimadas (JESUS et al., 2018; TAVARES et al., 2005).

Em termos de toxicologia ambiental, é importante compreender como as substâncias tóxicas interagem com os organismos vivos e o ambiente físico em que essas substâncias estão presentes. Portanto, ao compreender a distribuição desses agentes pelos compartimentos ambientais e como eles podem atingir os seres humanos em áreas contaminadas, decisões preventivas e de controle podem ser

tomadas para garantir a segurança de grupos populacionais vulneráveis (PEREIRA et al., 2015).

Estudos transversais analisados neste trabalho, que recolheram amostras biológicas de diversos grupos de indivíduos avaliados, podem fornecer evidências preliminares para uma associação potencial entre a exposição ao mercúrio destes indivíduos nos arredores das atividades de extração de ouro e os desfechos de saúde. Com base nos resultados, os pesquisadores podem formular hipóteses sobre possíveis relações causais e efeito entre a exposição ao mercúrio e os desfechos em saúde, o que exigirá pesquisas adicionais, incluindo os estudos longitudinais abrangentes e biomonitorização, para confirmar as associações encontradas.

No entanto, a maioria dos estudos não aborda explicitamente os aspectos da exposição ao mercúrio e os desfechos associados à saúde nas populações. Segundo PUTY et al. (2019), apenas um estudo na Amazônia (KHOURY et al., 2015) atendeu os requisitos de uma pesquisa de qualidade, incluindo um grupo de controle e a quantificação precisa da exposição fornecendo evidências de uma associação entre a exposição ao mercúrio e alterações neurológicas.

Ainda, cabe ressaltar que os estudos em saúde geralmente não são capazes de identificar a fonte específica de emissão ambiental. Para determinar a fonte exata da poluição ambiental, geralmente requer uma análise mais detalhada que pode incluir estudos longitudinais, avaliações ambientais e outras abordagens de investigação.

Em termos de contaminação humana na Amazônia, os níveis médios/medianos de mercúrio chegaram a dezesseis vezes superiores ao limite de tolerância para indivíduos da Amazônia em áreas onde não foram encontradas evidências claras que relacionam a contaminação da população com atividades de garimpo (SILVA FORSBERG et al., 1999). Contudo, cumpre mencionar que estes dados podem não refletir a contaminação atual, visto que são dados muito antigos.

No Tapajós, por meio dos estudos realizados, identifica-se uma exposição crônica e alterações sistêmicas nessas populações, conforme amplamente abordado neste capítulo.

Na fase de exposição, ou seja, contato do indivíduo com o agente tóxico (nesse caso, o mercúrio), são fatores críticos a via de exposição, a frequência e a duração da exposição. Fatores como dose ou concentração do toxicante, propriedades físico-químicas do metal e fatores relacionados à suscetibilidade

individual do próprio indivíduo também podem determinar a ocorrência e a gravidade dos efeitos adversos à saúde (PEREIRA et al., 2015; UNEP/WHO, 2008). Padrões socioeconômicos, condições de vida, culturais, de escolaridade, e hábitos influenciam a exposição ao agente e a vulnerabilidade do indivíduo.

Deste modo, os efeitos tóxicos à exposição a poluentes ambientais estão condicionados a diversos determinantes, o que pode explicar as diferentes formas de manifestação e desenvolvimento dos processos mórbidos relacionados à exposição química (VALENTIM, 2022). Em síntese, o processo de adoecimento é multicausal, podendo variar de acordo com o indivíduo exposto e a região poluída por mercúrio.

As doenças extrapolam a intoxicação por mercúrio. Doenças tropicais endêmicas, como história clínica de malária, apresentaram alta prevalência na literatura (DÓREA et al., 2003; DÓREA et al., 2005; FIOCRUZ, 2024; SANTOS et al., 2003; VIANNA et al., 2022). DÓREA et al., (2005) salienta, ainda, que a exposição ao mercúrio de peixes de água doce é menos problemática do que doenças infecciosas endêmicas, como malária e falta de serviços médicos básicos.

É importante a identificação da fonte e imediata interrupção da exposição ao mercúrio como forma de prevenção e tratamento da população exposta e potencialmente exposta. Mas importante mencionar que, independentemente da fonte de emissão do mercúrio, o setor de saúde trabalha com o conceito de risco adicional à saúde no caso de desenvolvimento de doenças e agravos ocasionados pela exposição indevida a contaminantes químicos.

As vulnerabilidades presentes nos territórios quanto aos efeitos tóxicos da exposição ao mercúrio são suficientes para a atuação de prevenção e intervenção das diversas áreas de atuação do setor saúde, incluindo vigilância, assistência, promoção e educação à saúde das comunidades atingidas. É nesse contexto que se deve avaliar os diversos indivíduos, incluindo crianças, para os quais já se detecta níveis de mercúrio no organismo, mesmo sendo considerados como níveis moderados de exposição ao metal.

Portanto, na ausência de conhecimentos científicos sólidos sobre possíveis problemas e desfechos em saúde, a melhor solução é antecipar a atuação quando há possibilidades de o agente tóxico provocar danos reversíveis e irreversíveis à saúde. Ações que se sabe que não são suficientes para atender as necessidades da população (vide item “5.6.3 Análise da atuação do setor saúde na Amazônia”).

Embora tenhamos diversos estudos com foco em exposição e intoxicação por mercúrio na Amazônia Legal, os estudos em saúde analisados são insuficientes e predominantemente transversais, pontuais e limitados. Destaca-se que a partir dos estudos transversais, não há monitoramento contínuo ao longo do tempo para avaliar mudanças ou para realizar análises mais precisas das relações causa-efeito do mercúrio nos indivíduos. Como resultado, na região Amazônica não há cobertura suficiente dada a necessidade de monitorar mudanças importantes que ocorrem ao longo da vida dessas populações, como o desenvolvimento de doenças crônicas, mudanças nos hábitos de saúde (consumo de pescado em função da sazonalidade e variação do Hg em amostras de cabelo, por exemplo), dentre outros.

As investigações realizadas foram principalmente advindas da comunidade científica e, para além da necessidade de ampliar a realização dos estudos longitudinais abrangentes, não existe, ainda, programa implementado no país de biomonitoramento da exposição humana às substâncias químicas como nos países desenvolvidos, tais como aqueles da América do Norte, Canadá e Europa.

Para populações cronicamente expostas, sobretudo indivíduos com problemas neurológicos e com baixos níveis de exposição ao mercúrio, o biomonitoramento humano contínuo referente à exposição ao mercúrio é fortemente recomendado para determinar as taxas de exposição de longo prazo (SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021). Os danos no SNC, especialmente em adultos, são cumulativos. Assim, a análise da associação com desfechos neurológicos seria mais apropriada com múltiplas medidas para captar a exposição do indivíduo ao longo do tempo.

A partir das investigações realizadas pela comunidade científica, foram feitas avaliações das variáveis demográficas como sexo, idade, tempo de residência local e ocupação dos participantes; clínicas; epidemiológicas; toxicológicas e avaliação de risco, de acordo com o objetivo de cada estudo e poder aquisitivo para a execução da pesquisa. Contudo, estudos mais completos são necessários para identificação das possíveis associações do mercúrio com efeitos adversos.

Além disso, conforme reportado por COSTA JUNIOR et al. (2017), novos estudos são necessários com a aplicação de testes convencionais qualitativos ou quantitativos específicos para identificação de outros sinais clínicos, além dos identificados, que trataria de identificação inicial das manifestações por intoxicação ao

Hg, podendo ser uma forma alternativa para o acompanhamento e seguimento clínico. Contudo, conforme mencionado, métodos quantitativos ou qualitativos objetivos são necessários e essenciais para a confirmação dos achados clínicos.

A busca das concentrações de Hg, dos aspectos epidemiológicos e da condição clínica é fundamental para o fortalecimento das medidas avaliativas, preventivas e educativas em áreas com impacto da poluição ambiental, para que consequências como aquelas vistas na tragédia de Minamata, Japão, não afetem a saúde da população amazônica (COSTA JUNIOR et al., 2017).

Devido ao período que os estudos foram realizados, as comparações entre essas populações são difíceis. A exposição a contaminantes químicos varia ao longo do tempo, e diferentes padrões de exposição podem ser observados em anos distintos na mesma população. Além disso, muitos estudos em saúde realizados na Amazônia Legal possuem tamanho amostral pequeno. A média do número amostral de indivíduos avaliados pelas pesquisas, a partir do levantamento deste trabalho, é de 293 indivíduos para cada estudo. Ou seja, número reduzido para uma pesquisa mais aprimorada. Isto pode ser reflexo da dificuldade de acesso a áreas remotas da Amazônia (ARRIFANO et al., 2018; SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021).

Embora os desfechos em saúde tenham sido associados à exposição ao mercúrio na Amazônia, os impactos da exposição ao mercúrio principalmente fora das regiões mais estudadas ainda não são conhecidos, incluindo problemas neurológicos, como por exemplo crianças sob baixa exposição ao agente. Além das comunidades ribeirinhas dos principais rios da Amazônia próximas aos polos de garimpo, é importante investigar populações de outras áreas para melhor compreensão dos riscos associados à exposição ao mercúrio. Sem essas informações, é impossível identificar e implementar medidas para monitorar, prevenir e reduzir potenciais riscos ocasionados pelo mercúrio na Bacia Amazônica.

Nesse sentido, destaca-se que algumas áreas afetadas ou não pela extração de ouro que utilizam mercúrio requerem investigação aprofundada, identificando, inclusive, a relação causal entre a exposição ao mercúrio e os efeitos à saúde. São elas: Estados do Acre; Amapá; Amazonas (em especial centro-oeste); Mato Grosso (incluindo as áreas que tem garimpos de ouro e não têm estudos); Pará (Bacia do Rio Xingu e RH Tocantins-Araguaia, como por exemplo, regiões com MAPE de ouro); Rondônia e Roraima. Dentre essas, inclui também comunidades dos Rios Tapajós e

Madeira, que necessitam urgentemente de um monitoramento contínuo e medidas de controle e recuperação dessa população devido à ampla contaminação. Estudos em grupos de populações mais sensíveis ao mercúrio (fetos, recém-nascidos, crianças, gestantes e mulheres em idade fértil) também devem ser melhor investigados.

Nota-se necessidade de aprofundar conhecimentos sobre mecanismos de biodisponibilidade e bioacumulação do mercúrio em compartimentos abióticos e bióticos no Estado do Acre, tal como a exposição ao mercúrio e disfunções em saúde dos indivíduos ali presentes. MASCARENHAS et al. (2004) notaram que apesar da ausência de atividades antrópicas emissoras de mercúrio no Rio Acre, existem altas concentrações de mercúrio nos peixes. Foram encontrados baixos teores médios de mercúrio nos sedimentos e no material particulado, que contrastam com os teores elevados encontrados na biota, principalmente nos peixes carnívoros, com uma concentração média de 1,287 mg/g.

Para o material particulado em suspensão as concentrações determinadas no Rio Acre e seus afluentes foram semelhantes ao do Rio Rato, na Bacia do Rio Tapajós, onde a extração de ouro é desenvolvida em larga escala. A possibilidade de os altos teores de mercúrio nos peixes do Rio Acre serem originadas por processos de metilação altamente eficientes em lagos formados pelos meandros deste e de outros rios de grande sinuosidade na região ocidental da Amazônia, durante as épocas de estiagem, formando condições lânticas, de alagados com grande quantidade de matéria orgânica submersa, é uma das hipóteses atualmente estudada pelos pesquisadores da Seção de Meio Ambiente do Instituto Evandro Chagas (MASCARENHAS et al., 2004). Portanto, além da necessidade de melhor compreender a origem do mercúrio, seja natural ou antrópica, é importante compreender a exposição ao mercúrio e efeitos em saúde na população ali presente.

No levantamento realizado para o presente trabalho, identificou-se que no Estado do Amapá existem estudos para determinação de concentração de mercúrio em peixes (HACON et al., 2020; GUIMARÃES et al., 1999; LIMA et al., 2015; VENTURIERI et al., 2017), sedimentos e solos (MISERENDINO et al., 2018). Todavia, há carência de estudos sobre a exposição ao mercúrio das populações que vivem no estado. Portanto, estudos adicionais devem ser realizados no sentido de identificação da extensão do problema no estado.

As bacias com maior atividade garimpeira são as dos Rios Tapajós, Teles Pires, Jamanxim, Xingu e Amazonas, sendo a do Rio Teles Pires responsável por 18% da área garimpada (MAPBIOMAS, 2023). Em Xingu, áreas são ocupadas por mineração e infraestrutura do setor elétrico e há inexistência de pesquisas nessa região.

Adicionalmente, pesquisadores já levantaram preocupações sobre pesquisas limitadas ou inexistentes em áreas de usinas hidrelétricas ou futuros projetos de construção de tais instalações (ARRIFANO et al., 2018; ARRIFANO et al., 2018a; SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021). Neste ponto, vale mencionar sobre a integração de usinas de grande escala na região amazônica, que são previstas para criar e expandir conexões regionais através da exploração das diversidades hidrológicas das bacias hidrográficas. São elas: instalações associadas à UHE Belo Monte, na Bacia do Rio Xingú (a maior hidrelétrica da Amazônia e a quarta maior do mundo, também localizada no Estado do Pará) às usinas do Rio Teles Pires (Colider, Sinop, Foz do Apicás, São Manoel, e Teles Pires), e o Complexo Hidrelétrico Tapajós, em São Luís do Tapajós (BRASIL, 2010).

Nesse contexto, cabe reiterar o elevado teor de Hg em populações adultas próximas a UHE Tucuruí. O monitoramento contínuo das populações, incluindo as crianças, que vivem nas proximidades do reservatório e nas regiões a jusante da barragem auxiliará no desenvolvimento de estratégias de prevenção e ações governamentais para enfrentar o problema dos impactos causados pelas barragens (ARRIFANO et al., 2018a). Ainda, na UHE de Belo Monte na Bacia do Rio Xingu não há monitoramento da exposição humana, tampouco desfechos associados (FORSBERG et al., 2017; SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021).

Uma área também identificada na literatura que demonstra atenção e necessidade de medidas preventivas é a região marítima de Caratateua (Bragança/PA), localizada na Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental. Embora Caratateua não tenha histórico de impactos antrópicos, os peixes consumidos pelos residentes (90% da população consome peixes) precisam ser avaliados para melhor compreender os valores de HgT descritos em pesquisa. Estudo encontrou mediana de 1,72 µg/g de HgT na população estudada, com 8,4% dos níveis analisados em amostras de cabelo maiores que 6 µg/g de HgT (OLIVEIRA et al., 2018).

Adicionalmente, vários estudos reportam os efeitos benéficos do consumo de frutas tropicais na redução dos níveis de Hg em cabelo (FARRIPAS et al., 2010; OLIVEIRA, 2014; PASSOS et al., 2003; PASSOS et al., 2007; PASSOS et al., 2008). Porém, faltam estudos mais amplos e contínuos sobre os efeitos protetores do selênio em relação ao mercúrio em humanos. Soma-se a isto, o impacto das interações do metal nos hormônios tireoidianos (BORTOLI, 2009). Há ausência de estudos sobre o estado nutricional e exposição das comunidades amazônicas, sobretudo crianças e gestantes (MARQUES et al., 2013; PASSOS et al., 2003) e teores do selênio em alimentos consumidos no Brasil (BORTOLI, 2009).

Outro aspecto que merece atenção é a ausência das estimativas de determinados parâmetros do mercúrio na população do país. Os valores de referências e limites de tolerância de biomarcadores de exposição do mercúrio utilizados na literatura nacional para comunidades amazônicas são aqueles reconhecidos internacionalmente porque não há estimativas de parâmetros do país. A legislação brasileira (BRASIL, 1998) limita o teor de mercúrio em determinados peixes para consumo humano, como os não piscívoros e piscívoros. Portanto, comparar parâmetros entre populações amazônicas e de países com características e condições completamente diferentes (condições ambientais, climáticas, padrões alimentares, socioeconômicas, culturais, processos de produção etc.), podem levar a grandes erros nas estimativas, considerando principalmente o elevado consumo de pescados contaminados por mercúrio na região norte do país.

Ao estudar a relação efetiva entre a ingestão de mercúrio, os bioindicadores de exposição, os fatores que influenciam essa relação com valores estabelecidos para essa população, tentar-se-á garantir que os padrões de segurança e saúde estejam mais alinhados com a realidade amazônica. Pesquisadores reconhecem que há uma necessidade urgente de desenvolver estudos rigorosos de valores de referência e limites de tolerância de exposição baseados em risco para as populações amazônicas para orientar estratégias viáveis de gestão de riscos e reduzir a exposição amazônica, especialmente crianças (CRESPO-LOPEZ et al., 2021; CUNHA; MARQUES; DÓREA, 2018; MARINHO et al., 2014; PASSOS et al., 2008).

Conforme reportado por SANTOS-SACRAMENTO et al. (2021), diversas pesquisas na Amazônia tiveram protocolos diferentes, por exemplo, metodologias de monitoramento da exposição ao mercúrio, protocolos clínicos e testes neurológicos.

Dessa forma, se torna difícil inferir níveis de limiar de exposição "seguros" ou determinar o protocolo correto para pesquisar possíveis efeitos da neurotoxicidade em diferentes estágios.

Algumas publicações mostram ausência de coordenadas geográficas indicando onde a pesquisa foi realizada, e dificultando a comparação mais precisa das pesquisas. Soma-se a isso um viés de seleção, que por vezes não é representativo e pode afetar a generalização dos resultados para a população; e vieses de informação, em que a coleta de dados ocorreu por um longo período.

Além disso, os estudos epidemiológicos raramente abordam potenciais rotas de exposição ambiental ao MeHg além do consumo de pescados – esses quando realizados – incluindo o consumo de alimentos e vegetais (alimentos marinhos, arroz, mandioca e frutas tropicais, por exemplo) e água para consumo humano através de sistema de abastecimento ou poços individuais e coletivos.

Estudos em países como Gana e Indonésia comprovam a presença e persistência do metal em áreas de cultivo (ADDAI-ARHIN et al., 2022; ADJORLOLO-GASOKPOH; GOLOW; KAMBO-DORSA, 2012; SARAGIH et al., 2021). Além disso, diversas comunidades ao longo do rio Tapajós dependem da agricultura familiar, como a mandioca, para sua subsistência. A título de exemplo, a produção agrícola do povoado de São Luiz do Tapajós resume-se praticamente à mandioca (KHOURY et al., 2013).

Revisões sistemáticas salientam a necessidade de aprimoramento das pesquisas (PUTY et al., 2019; SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021) e melhorias sobre como a exposição se correlaciona com a doença.

Ainda, os poucos estudos que analisaram HgT na urina (predominantemente exposição ocupacional), obtiveram o volume total de urina ($\mu\text{g/L}$). Este fato difere da recomendação da OMS, a qual recomenda que a utilização dos níveis de mercúrio urinário sejam expressos em $\mu\text{g/g}$ (UNEP/WHO, 2008). SANTOS-SACRAMENTO et al. (2021) recomendam que estudos futuros envolvendo indivíduos ocupacionalmente expostos na Amazônia priorizem a quantificação da creatinina para determinar com precisão os níveis de mercúrio corporais e, conseqüentemente, a exposição.

Cientistas alertam que é preciso ter cautela na análise e interpretação dos níveis de HgTotal (HgT) no cabelo devido à contaminação externa da matriz com

mercúrio elementar em áreas de mineração (BASU et al., 2018; SHERMAN et al., 2015).

Em casos de exposição crônica ao mercúrio proveniente de pescados, recomenda-se a estimativa do MeHg em amostras biológicas, considerando que a análise dessa subespécie pode ser mais dispendiosa. O MeHg em amostras de cabelo fornece as melhores medidas (BASU et al., 2018) e, quando combinado com ferramentas de pesquisa qualitativa, podem confirmar se as alterações neurológicas estão positivamente associadas a essa molécula (SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021). Os estudos que realizaram análise de MeHg em amostras de cabelo de indivíduos da Amazônia confirmam resultados obtidos pela OMS, com correspondência acima de 90% do HgT (ARRIFANO et al., 2018; ARRIFANO et al., 2018a; MARINHO et al., 2015).

Portanto, diante do que foi apresentado, são necessárias recomendações para orientar os pesquisadores sobre a melhor forma de coletar informações úteis para apoiar estudos futuros e gerar recomendações para as populações da região amazônica mais impactadas pela exposição e intoxicação por mercúrio.

5.5. Descrição e Análise dos Dados Primários de Saúde dos Trabalhadores(as) Obtidos em Visita de Campo em Territórios de Extração de Ouro

Os dados sociais e de saúde sobre os trabalhadores(as) de atividades de extração de ouro podem fornecer informações sobre os padrões de trabalho e estilos de vida destes(as) trabalhadores(as). Isto pode ajudar a identificar grupos em risco e influenciar as circunstâncias da exposição e intoxicação por mercúrio. Ao comparar dados de saúde com dados sociais (volume III: Diagnóstico dos Aspectos Sociais), as autoridades de saúde pública terão ferramentas parciais para desenvolver intervenções direcionadas para melhorar a situação de saúde dos(as) trabalhadores(as) de áreas de extração de ouro. Isto pode incluir programas de sensibilização, distribuição de EPI, treinamento em práticas seguras de trabalho e acesso aos serviços de saúde, dentre outros.

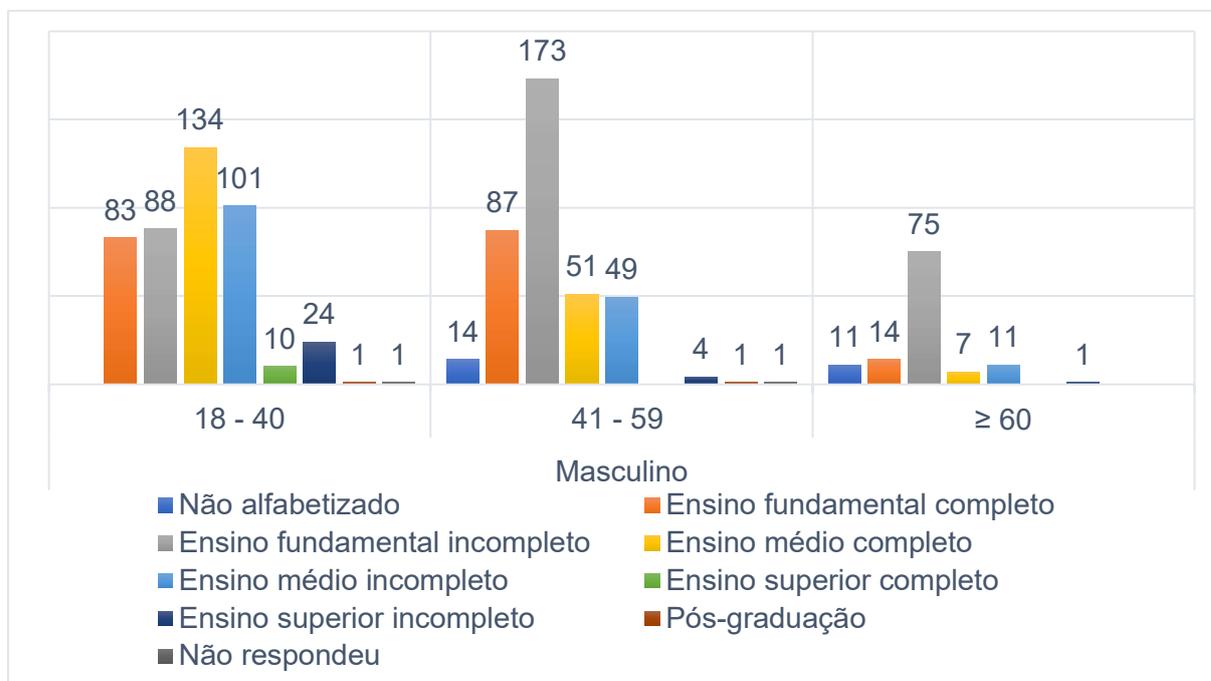
Nessa perspectiva, a equipe de campo do Projeto Ouro Sem Mercúrio visitou 34 localidades, dentre as quais incluem cooperativas, balsas e garimpos de ouro (regulamentados), entre abril e novembro de 2023. Os estados visitados foram:

Amapá (AP), Amazonas (AM), Mato Grosso (MT), Pará (PA) e Rondônia (RO). Os municípios visitados foram: Calçoene (AP); Humaitá (AM); Manicoré (AM); Colíder (MT); Matupá (MT); Peixoto de Azevedo (MT); Poconé (MT); Itaituba (PA); Novo Progresso (PA); Tucumã (PA); e Porto Velho (RO).

As visitas permitiram coletar dados de trabalhadores(as) envolvidos(as) nas atividades do setor, que proporcionaram um panorama geral da situação de saúde local desses(as) trabalhadores(as), subsidiando a elaboração do PAN do Brasil no âmbito da Convenção de Minamata sobre Mercúrio.

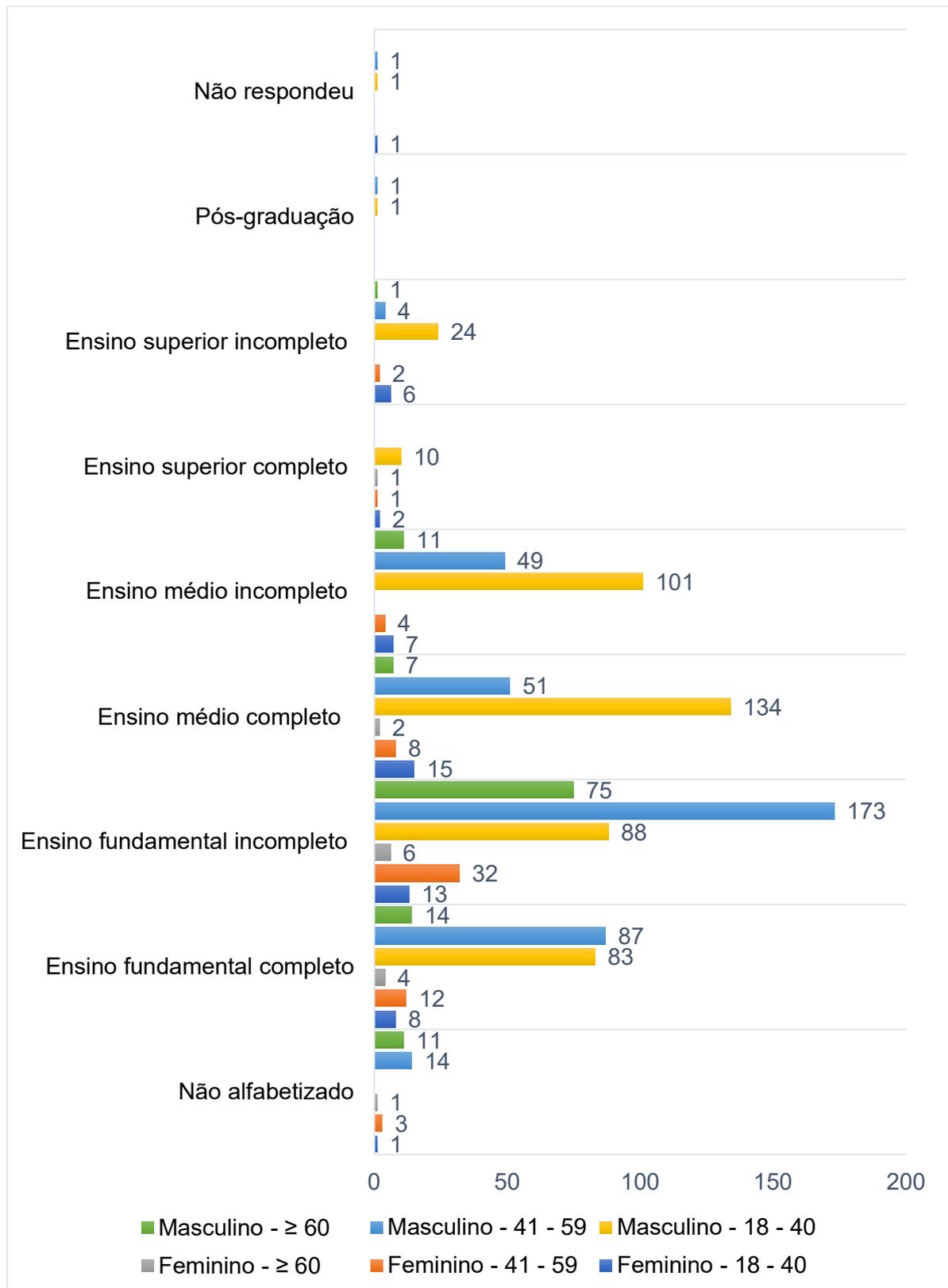
Foram entrevistados 1.070 trabalhadores(as) de 18 a 81 anos, dos quais 87,94% (941) correspondem à indivíduos do sexo masculino. Os dados apresentados nas Figuras 9 e 10 demonstram que a maior parte dos homens (46,97% – 442) encontra-se entre a faixa etária de 18 a 40 anos. Entre as mulheres, o grupo etário predominante encontra-se entre 41 e 59 anos (48,06% – 62), seguido pelo 18 a 40 anos (41,08% – 53). O ensino fundamental incompleto é o nível de ensino que se destaca em ambos os sexos, 36.17% (387) do total (Figuras 9, 10, 11).

Figura 9. Número de trabalhadores (sexo masculino) entrevistados pela equipe de campo por grupo etário para a variável nível de ensino



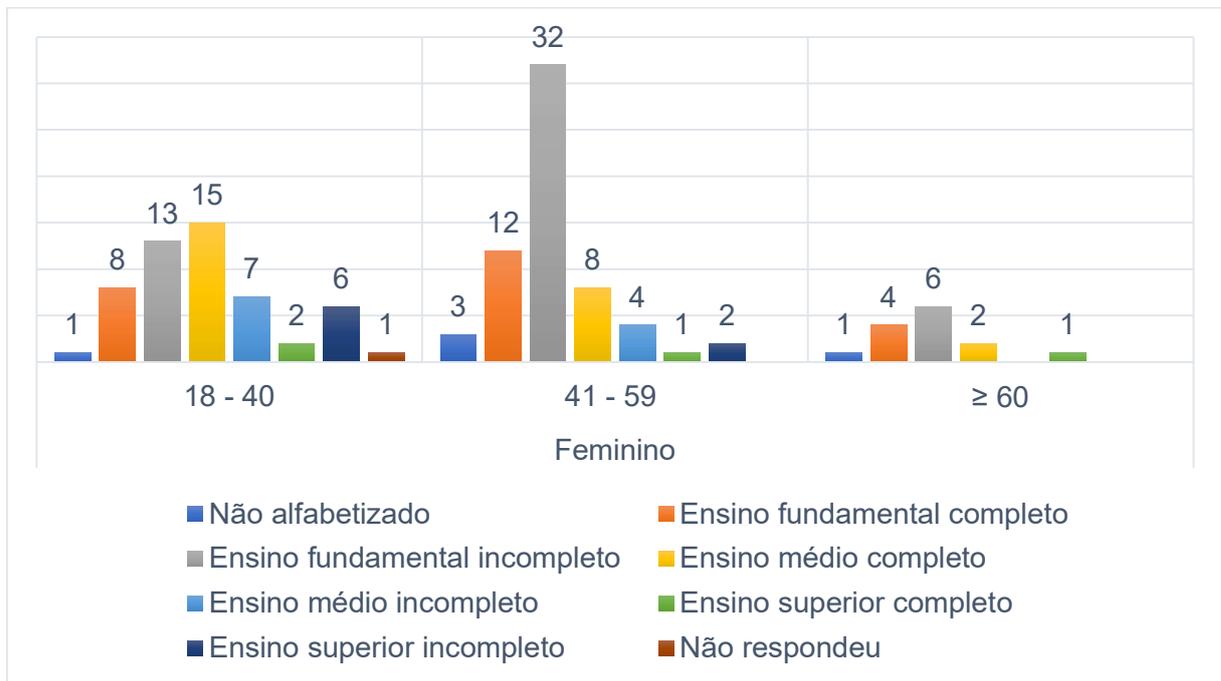
Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 10. Número de trabalhadores(as) entrevistados(as) pela equipe de campo por sexo e grupo etário para a variável nível de ensino.



Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 11. Número de trabalhadoras entrevistadas (sexo feminino) para a variável nível de ensino.



Fonte: Elaborado pela Autora.

A principal função ocupacional das mulheres, no universo pesquisado (total de 129), é na “cozinha (preparo das refeições)” (41,86% – 54), seguida pela função “garimpeiro (a) (diretamente na extração/processamento)” (36,43% – 47) (Figura 12 e Tabela 2). Importante destacar que esses percentuais se encontram em um grupo reduzido de trabalhadoras, que corresponde à 12,06% do total entrevistado.

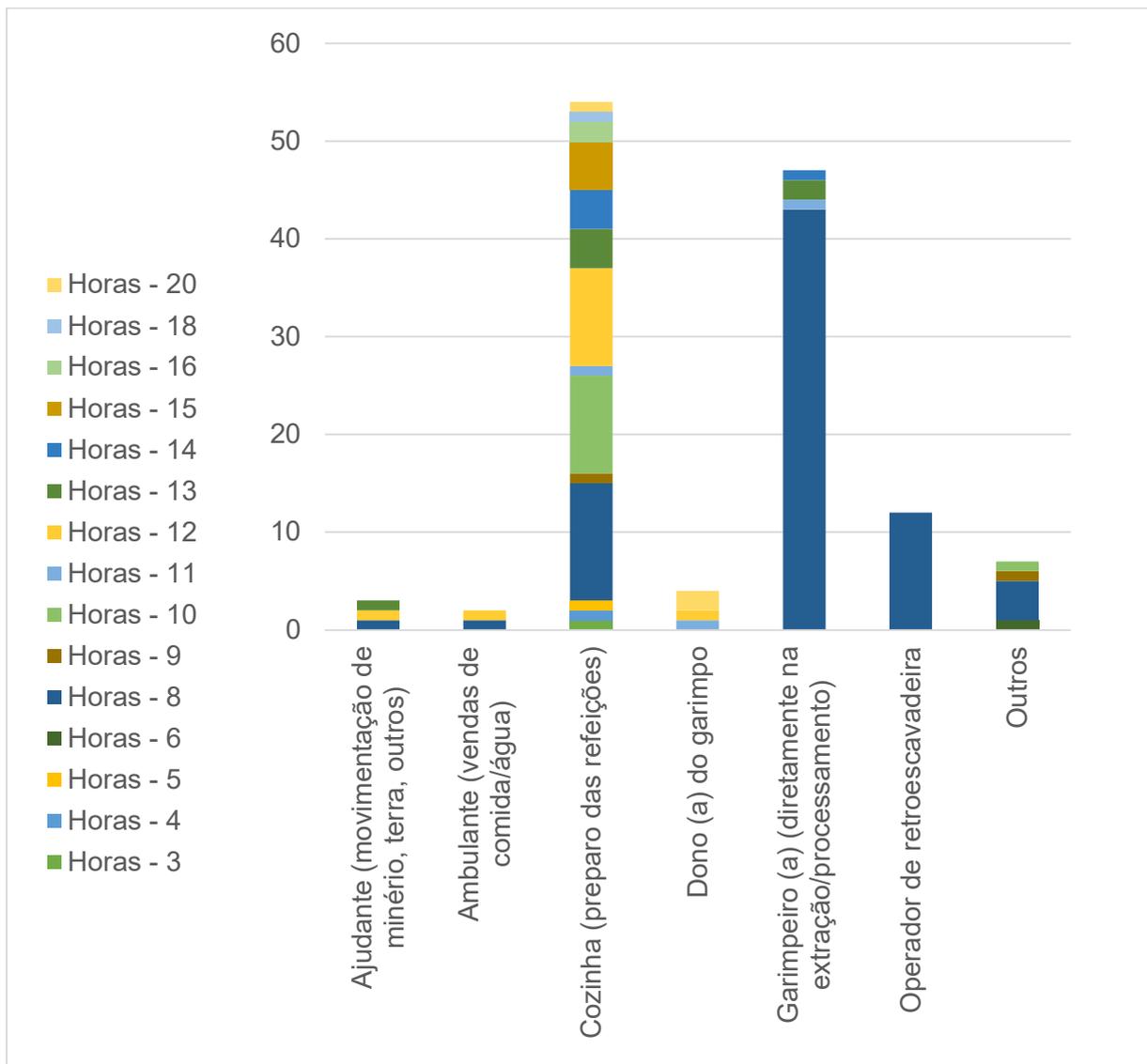
A média de horas trabalhadas por dia destas mulheres é cerca de 10 horas e 27 minutos. Contudo, ao analisar a função “garimpeiro (a) (diretamente na extração/processamento)”, 43 das 47 mulheres (ou seja, 91,49% das mulheres “garimpeiras”) trabalham 8 horas por dia. A maioria dos homens e mulheres (56,17%) tem ≤ 10 anos de experiência no garimpo.

Diferenças nas funções ocupacionais, sexo, faixas etárias, horas trabalhadas e tempo de trabalho em garimpos podem influenciar os padrões de exposição ao mercúrio e, conseqüentemente, os impactos na saúde. Isso possibilita o desenvolvimento de estratégias de mitigação mais eficazes, como a implementação de medidas de segurança específicas para grupos com maior exposição.

Em que pese as mulheres predominem na função “cozinha”, há também um número significativo destas na função “garimpeiro (a) (diretamente na

extração/processamento)”, considerando a porcentagem de 12,06% do total de entrevistados. Razão pelo qual merece atenção, considerando se houver a utilização do mercúrio na amalgamação do ouro. Conforme amplamente discutida no presente capítulo, a exposição ao mercúrio pode afetar significativamente a saúde reprodutiva das mulheres em idade fértil. Isso inclui complicações durante a gestação, exposição intrauterina e prejuízos ao desenvolvimento fetal e impactos na saúde dos recém-nascidos.

Figura 12. Horas trabalhadas/dia para o sexo feminino e função ocupacional.



Fonte: Elaborado pela Autora.

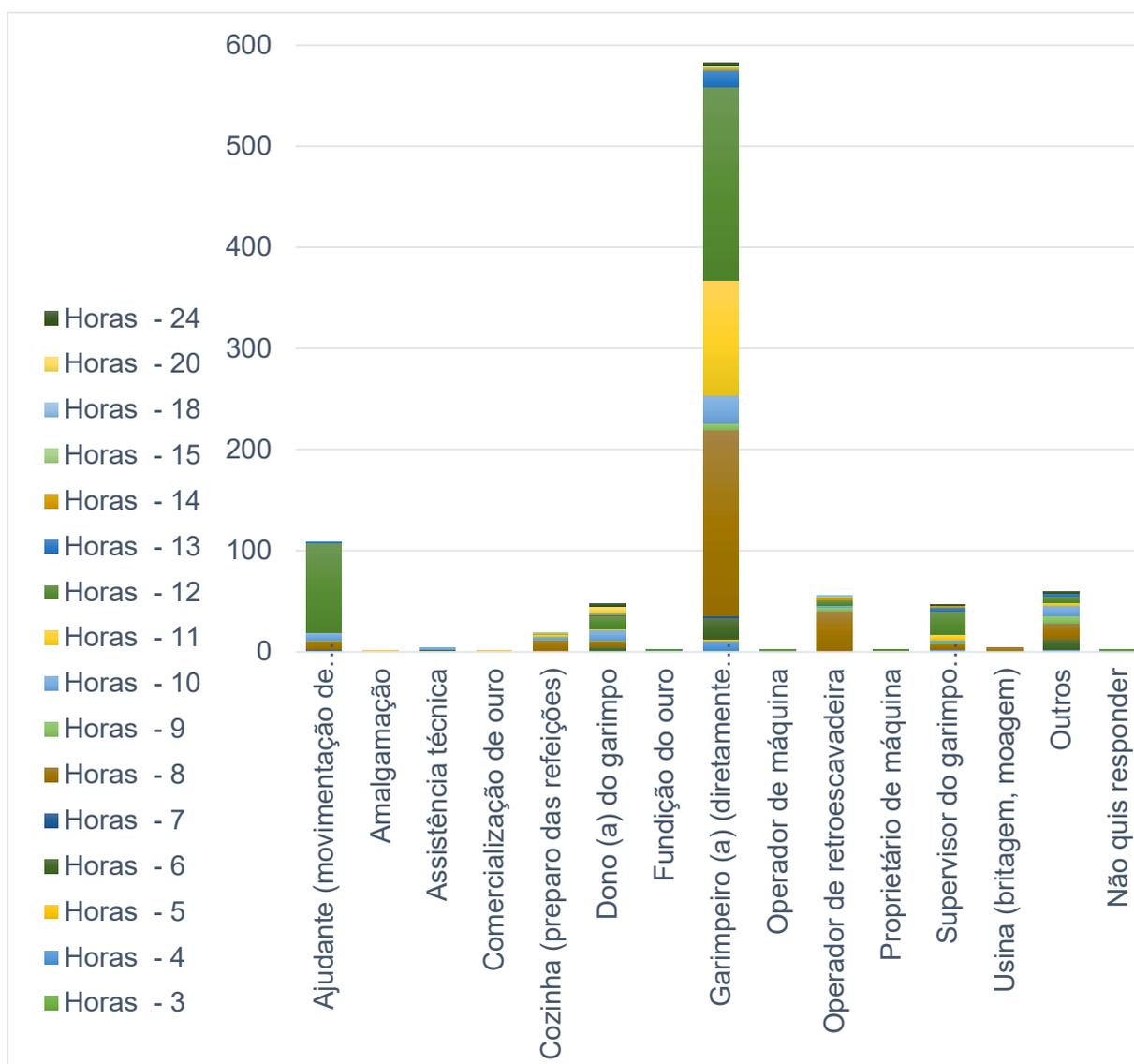
Tabela 2. Horas trabalhadas/dia para o sexo feminino e função ocupacional

Feminino																
Função ocupacional/ Horas trabalhadas por dia	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	Total
Ajudante (movimentação de minério, terra, outros)	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	3
Amalgamação	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Ambulante (vendas de comida/água)	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2
Assistência técnica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Comercialização de ouro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Cozinha (preparo das refeições)	1	1	-	-	12	1	10	1	10	4	4	-	2	1	1	54
Dono (a) do garimpo	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	2	4
Fundição do ouro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Garimpeiro (a) (diretamente na extração/processamento)	-	-	-	-	43	-	-	1	-	2	1	-	-	-	-	47
Operador de máquina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Operador de retroescavadeira	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
Proprietário de máquina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Supervisor do garimpo (responsável pelo gerenciamento da frente)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Usina (britagem, moagem)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Outros	-	-	-	1	4	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	7
Não quis responder	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Total Geral	1	1	1	1	73	2	11	3	13	7	5	5	2	1	3	129

Nota: -: Sem registro.
Fonte: Elaborado pela Autora.

Entre os homens, (61,95% – 583) ocupam a função “*garimpeiro (a) (diretamente na extração/processamento)*”, seguido pela função “*ajudante (movimentação de minério, terra, outros)*” (11,58% – 109) (Figura 13 e Tabela 3). A média de horas trabalhadas por dia destes trabalhadores é cerca de 10 horas e 24 minutos. Dentre os homens que possivelmente estão expostos de forma mais proeminente ao mercúrio (extração, processamento e amalgamação do ouro), 62,5% (365) trabalham mais de 8 horas por dia. Destes que trabalham nessas funções, 32,88% (192 indivíduos) dos 584 trabalham 12 horas/dia.

Figura 13. Horas trabalhadas/dia para os trabalhadores do sexo masculino e função ocupacional.



Fonte: Elaborado pela Autora.

Tabela 3. Horas trabalhadas/dia para o sexo masculino e função ocupacional.

Masculino																	
Função ocupacional/ Horas trabalhadas por dia	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	18	20	24	Total
Ajudante (movimentação de minério, terra, outros)	-	-	-	-	2	9	1	7	-	89	1	-	-	-	-	-	109
Amalgamação	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Ambulante (vendas de comida/água)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Assistência técnica	-	1	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Comercialização de ouro	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Cozinha (preparo das refeições)	-	-	-	-	-	12	1	2	2	-	-	1	1	-	-	-	19
Dono (a) do garimpo	-	-	-	5	-	6	1	10	1	13	1	1	1	-	6	3	48
Fundição do ouro	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	2
Garimpeiro (a) (diretamente na extração/processamento)	1	10	2	21	2	183	7	28	113	192	16	2	2	-	1	3	583
Operador de máquina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2
Operador de retroescavadeira	-	-	-	-	-	40	4	2	-	5	-	3	1	1	-	-	56
Proprietário de máquina	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	3
Supervisor do garimpo (responsável por gerenciar a frente)	-	2	-	1	-	5	2	2	5	23	4	2	-	-	-	1	47
Usina (britagem, moagem)	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Outros	-	2	-	11	-	15	8	10	3	6	3	-	-	-	-	2	60
Não quis responder	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2
Total Geral	1	15	2	40	4	274	24	63	127	335	25	9	5	1	7	9	941

Nota: -: Sem registro.
Fonte: Elaborado pela Autora.

Portanto, a partir desses dados percebe-se que a jornada média de trabalho por dia, tanto para o sexo masculino quanto para o feminino, por vezes ultrapassa 8 horas/dia, o que pode causar estresse físico e mental, além da exposição ao agente tóxico, a depender da utilização do mercúrio. Com relação aos homens, este grupo pode ter maior exposição ao mercúrio uma vez que a maioria que trabalha diretamente com o metal excede a jornada de trabalho de 8 horas.

Deve-se notar que esta informação é hipotética, uma vez que os trabalhadores dos territórios de extração de ouro podem exercer funções além daquelas relatadas para este projeto, a depender da necessidade. Além disso, podem utilizar o mercúrio de uma forma e em quantidade diferente do que foi relatado. Deve-se acrescentar que todos aqueles próximos às áreas de amalgamação podem estar expostos ao mercúrio através da inalação ao vapor e da exposição ambiental.

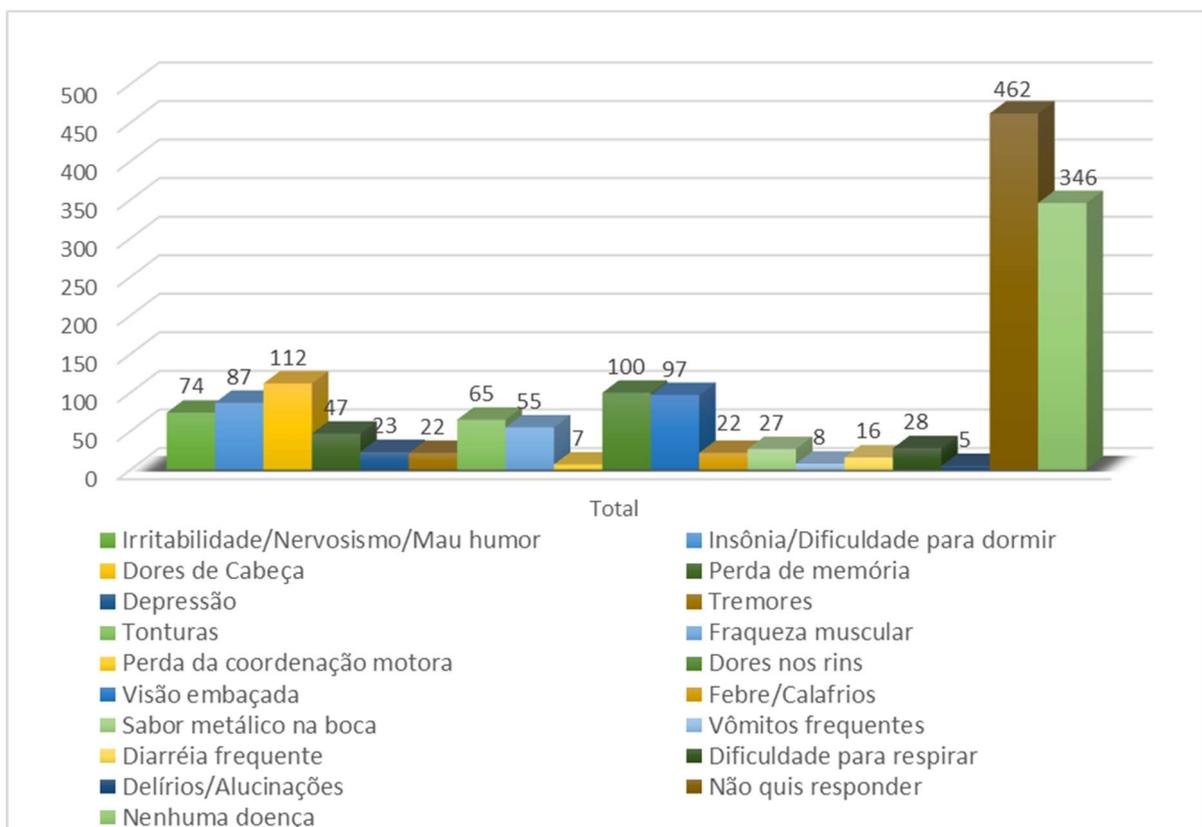
Além disso, eles podem enfrentar outros perigos ocupacionais, como acidentes de trabalho, lesões musculoesqueléticas devido a movimentos repetitivos por muitas horas e condições de trabalho insalubres para determinados (as) trabalhadores(as). Conforme reportado pelas Unidades de Saúde entrevistadas pela equipe de campo, os trabalhadores(as) de forma geral são atendidos pelas unidades devido à acidentes de trabalho (vide item “5.6 descrição e análise da organização dos serviços de saúde pública na Amazônia Legal”). Cabe ainda mencionar que geralmente os trabalhadores(as) não procuram auxílio de profissionais de saúde, apenas em caso de urgência.

É importante garantir que ambos os sexos, sobretudo mulheres em idade reprodutiva, que trabalham em territórios de extração de ouro tenham acesso a cuidados de saúde adequados. Dentre os cuidados podem incluir exames médicos regulares para monitorar os efeitos da exposição ao mercúrio e serviços de saúde reprodutiva, como planejamento familiar e cuidados pré-natais. O apoio psicossocial e serviços de saúde mental para promover o bem-estar dos garimpeiros também são necessários.

Aspectos que vão muito além da saúde, mas que afetam a saúde mental dessa população mais vulnerável, incluem a garantia de que os garimpeiros tenham direitos trabalhistas básicos, como salários justos, jornada de trabalho digna e proteção social. Aspectos fundamentais para promover condições de trabalho decentes e sustentáveis no garimpo.

Quanto aos sintomas relatados pelos trabalhadores(as), 28,82% (462) dos 1.603 registros correspondem a “não quis responder” e, secundariamente, “nenhuma doença” corresponde a 21,58% (346) (Figura 14 e Tabela 4). Dentre os 49,60% restantes, os sintomas relatados foram: dores de cabeça (6,99% – 112); dores nos rins (6,25% – 100); visão embaçada (6,05 – 97); insônia/dificuldade para dormir (5,44% 87); irritabilidade/nervosismo/mau humor (4,61 – 74); tonturas (4,05 – 65); fraqueza muscular (3,43 – 55); perda de memória (2,93 – 47); dificuldade para respirar (1,75 – 28); sabor metálico na boca (1,68 – 27); depressão (1,43 – 23); tremores (1,37 – 22); febre/calafrios (1,37 – 22); diarreia frequente (1 – 16); vômitos frequentes (0,5 – 8); perda da coordenação motora (0,44 – 7); delírios/alucinações (0,31– 5).

Figura 14. Sintomas relatados pelos trabalhadores(as) entrevistados(as)

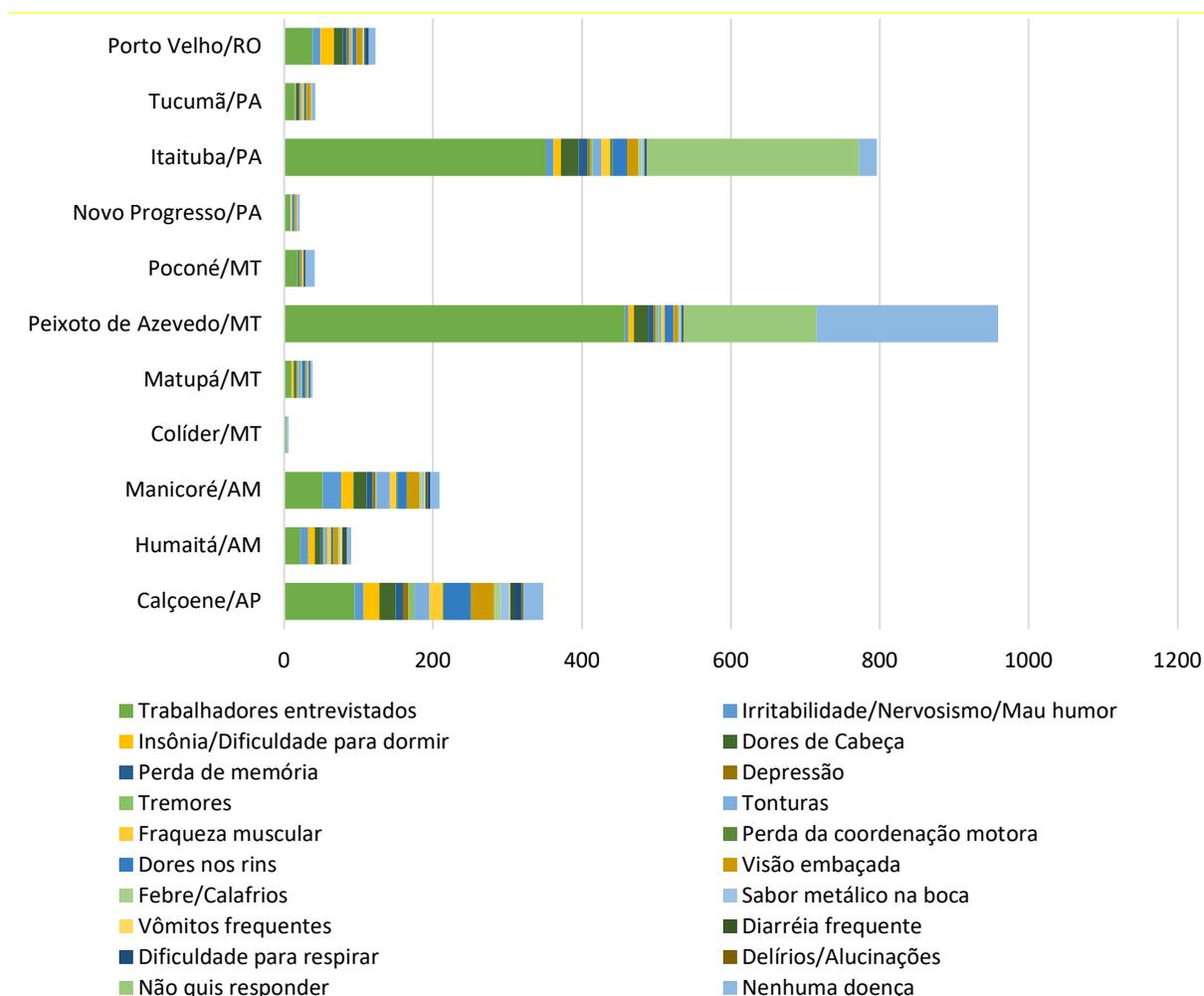


Fonte: Elaborado pela Autora.

Curiosamente, a maioria dos registros (63,96% – 284) dos 352 trabalhadores(as) entrevistados (as) no Município de Itaituba/PA foi para não responder sobre os sintomas observados (Figura 15). Conforme detalhado neste capítulo, Itaituba é um dos principais municípios estudados quanto à exposição e intoxicação por mercúrio e é um local de extrema preocupação em saúde pública quanto às doenças associadas ao mercúrio. O baixo registro de resposta pode dever-se às preocupações sobre a perda de empregos ou fontes de rendimento.

Em Peixoto de Azevedo também merece atenção, uma vez que 35,53% (178) dos registros deste município correspondem a ausência de resposta sobre os sintomas e 48,70% (244) dos registros são referentes a “nenhuma doença”.

Figura 15. Quantitativo de registros de sintomas relatados pelos trabalhadores(as) entrevistados(as) por município



Fonte: Elaborado pela Autora.

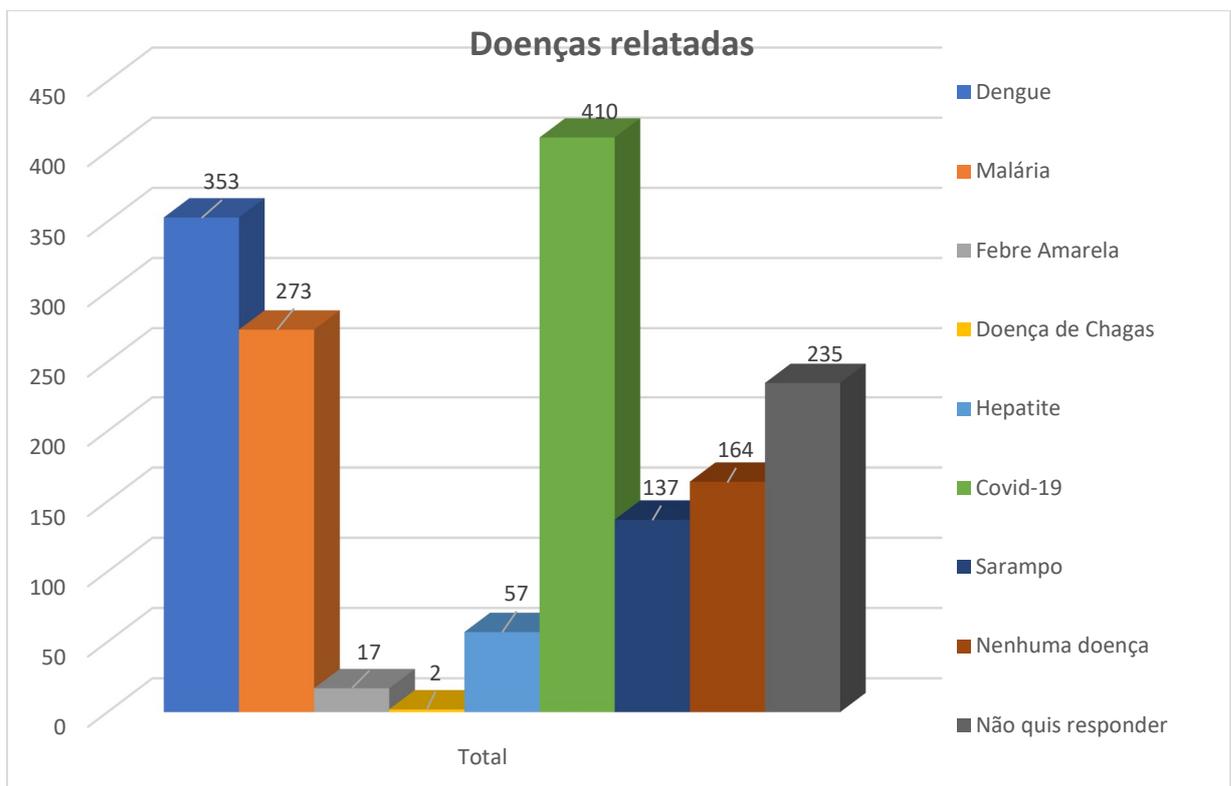
Tabela 4. Sintomas relatados pelos trabalhadores(as) entrevistados(as) por município.

	Municípios											Total Geral
	Calçoene/AP	Humaitá/AM	Manicoré/AM	Colíder/MT	Matupá/MT	Peixoto de Azevedo/MT	Poconé/MT	Novo Progresso/PA	Itaituba/PA	Tucumã/PA	Porto Velho/RO	
Irritabilidade/ nervosismo/ mau humor	12	10	25	-	-	4	1	-	10	1	11	74
Insônia/dificuldade para dormir	21	9	16	-	3	8	-	1	10	1	18	87
Dores de cabeça	22	8	18	-	3	19	2	-	24	4	12	112
Perda de memória	10	3	8	-	1	7	-	-	12	1	5	47
Depressão	7	1	4	-	1	3	-	-	3	1	3	23
Tremores	8	1	1	-	2	4	1	-	4	-	1	22
Tonturas	20	4	18	-	3	4	-	1	11	2	2	65
Fraqueza muscular	18	5	9	-	1	4	-	1	12	3	2	55
Perda da coord. Motora	2	-	1	-	-	-	1	-	3	-	-	7
Dores nos rins	36	3	13	-	5	12	-	3	20	3	5	100
Visão embaçada	31	7	17	-	2	6	2	3	15	6	8	97
Febre/calafrios	9	2	3	-	-	2	-	-	4	1	1	22
Sabor metálico na boca	12	1	3	1	1	3	-	1	4	-	1	27
Vômitos frequentes	1	2	2	-	1	-	1	-	-	-	1	8
Diarréia frequente	5	4	3	-	1	-	1	-	1	-	1	16
Dificuldade para respirar	10	2	4	-	1	2	2	-	2	-	5	28
Delírios/ alucinações	2	1	-	-	-	1	-	-	1	-	-	5
Não quis responder	-	-	-	-	-	178	-	-	284	-	-	462
Nenhuma doença	27	5	12	2	3	244	12	3	24	5	9	346
Trabalhadores(as) entrevistados(as)	95	22	52	3	10	458	18	8	352	14	38	1070

Nota: -: Sem registro.
Fonte: Elaborado pela Autora.

As doenças relatadas já vivenciadas pelos trabalhadores(as) são listadas em ordem decrescente das seguintes formas: COVID-19 (24,88% – 410), dengue (21,42% – 353), malária (16,57% – 273), não quiseram responder (14,26% – 235), nenhuma doença (9,96% – 164), sarampo (8,31% – 137), hepatite (3,45% – 57), febre amarela (1,03% – 17) e doença de chagas (0,12% – 2) (Figura 16).

Figura 16. Doenças relatadas pelos trabalhadores(as) entrevistados(as).



Fonte: Elaborado pela Autora.

A COVID-19 e a dengue se destacam entre os relatos dos entrevistados em Peixoto de Azevedo/MT, onde também foi registrado o maior número de entrevistas (Tabela 5). A malária apresentou um número considerável em todos os municípios, especialmente em Calçoene/AP (87 registros). Mais uma vez, os entrevistados de Itaituba se sobressaem na omissão de respostas, ou seja, 47,16% (199) dos 422 registros de doenças relatadas no município de Itaituba/PA optaram por não responder a esta pergunta.

Os receios e preocupações destes trabalhadores(as) dos municípios podem levá-los a não relatar publicamente as suas doenças ou condições de saúde, o que

pode ter implicações para a saúde e segurança das comunidades, bem como para a saúde pública em geral. Portanto, é importante ter políticas públicas e práticas em vigor que incentivem os garimpeiros (as) a comunicarem suas condições de saúde de forma segura e confidencial, garantindo ao mesmo tempo o acesso adequado aos cuidados de saúde e a proteção contra discriminação.

Tabela 5. Doenças relatadas pelos trabalhadores(as) entrevistados(as) por município

Estado	Município	Num. trabalhadores (as)	Dengue	Malária	Febre Amarela	Doença de Chagas	Hepatite	Covid-19	Sarampo	Nenhuma doença	Não quis responder
Amapá	Calçoene	95	31	87	3	-	10	35	43	4	-
Amazonas	Humaitá	22	8	8	-	-	-	11	6	5	-
	Manicoré	52	9	17	1	-	1	31	14	10	-
Mato Grosso	Colíder	3	2	-	-	-	-	3	-	-	-
	Matupá	10	2	7	-	-	2	6	4	1	-
	Peixoto de Azevedo	458	254	62	9	2	24	261	18	59	34
	Poconé	18	4	1	1	-	1	5	3	5	-
Pará	Itaituba	352	24	54	1	-	13	29	29	73	199
	Novo Progresso	8	2	6	1	-	-	1	4	1	-
	Tucumã	14	4	7	-	-	1	3	5	4	-
Rondônia	Porto Velho	38	13	24	1	-	5	25	11	2	2
Total Geral		1070	353	273	17	2	57	410	137	164	235

Nota: -: Sem registro.
Fonte: Elaborado pela Autora.

Cumpra-se destacar que, embora as evidências e dados primários demonstrem a vulnerabilidade das populações à exposição ao mercúrio e doenças endêmicas, 84% (902) dos (as) trabalhadores(as) responderam que não receberam orientações médicas ou participaram de campanhas de saúde (Figuras 17 e 21). Os treinamentos recebidos foram ministrados predominantemente por cooperativas nas temáticas mercúrio, EPI e segurança ocupacional. A dengue e a malária foram os principais temas daquelas campanhas de saúde realizadas, seguidas pela COVID-19, vacinação, hepatite, doenças sexualmente transmissíveis, febre amarela, saúde bucal, doenças mentais e primeiros socorros.

Figura 17. Orientações médicas ou participação em campanhas de saúde dos trabalhadores(as) entrevistados(as)

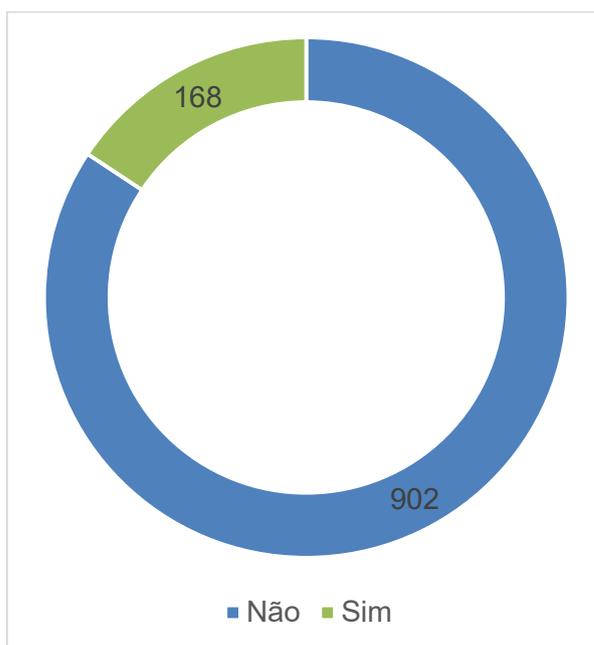
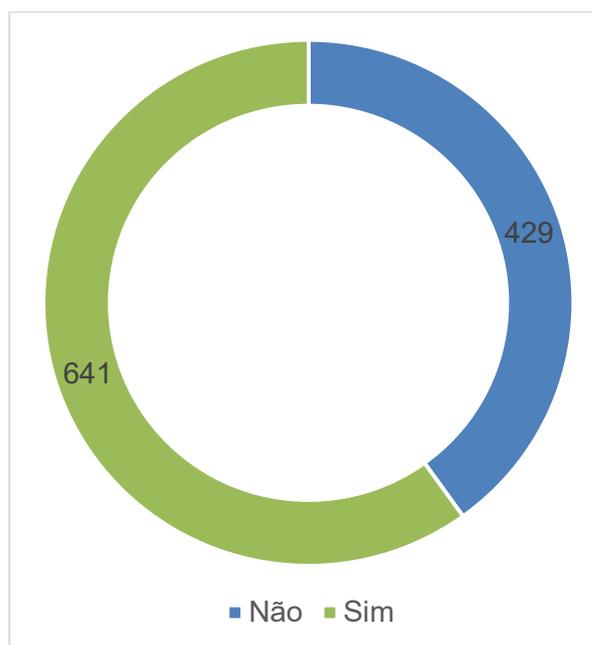


Figura 18. Interesse dos trabalhadores(as) entrevistados(as) em participar de programas de capacitação e treinamentos.



Os trabalhadores(as) não receberam treinamentos pelas equipes de saúde, meio ambiente ou por qualquer outra organização institucional. Dos 1.070 trabalhadores(as) de garimpos de ouro entrevistados (as), aproximadamente 60% (641) estavam interessados em participar de programas de capacitação e treinamentos, incluindo remediação de áreas degradadas, melhoria no aproveitamento de extração de ouro, saúde e segurança (Figuras 18 e 21).

Além disso, 66,54% (712) dos trabalhadores(as) têm interesse em aprender novas tecnologias para reduzir e, se possível, eliminar o mercúrio. 94,49% (1.011) têm ciência dos prejuízos do mercúrio à saúde e ao meio ambiente (Figuras 19 e 21). Embora 96,63% (1.034) dos entrevistados tenham ciência da necessidade do uso de EPI (Figuras 20 e 21), diversos trabalhadores(as) relataram não gostar de usar EPI.

Figura 19. Ciência dos trabalhadores(as) entrevistados(as) aos prejuízos do uso do mercúrio à saúde e ao meio ambiente



Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 20. Ciência dos trabalhadores(as) entrevistados (as) sobre a necessidade do uso do EPI



Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 21. Infográfico compilando entrevistados (as) e dados de saúde.

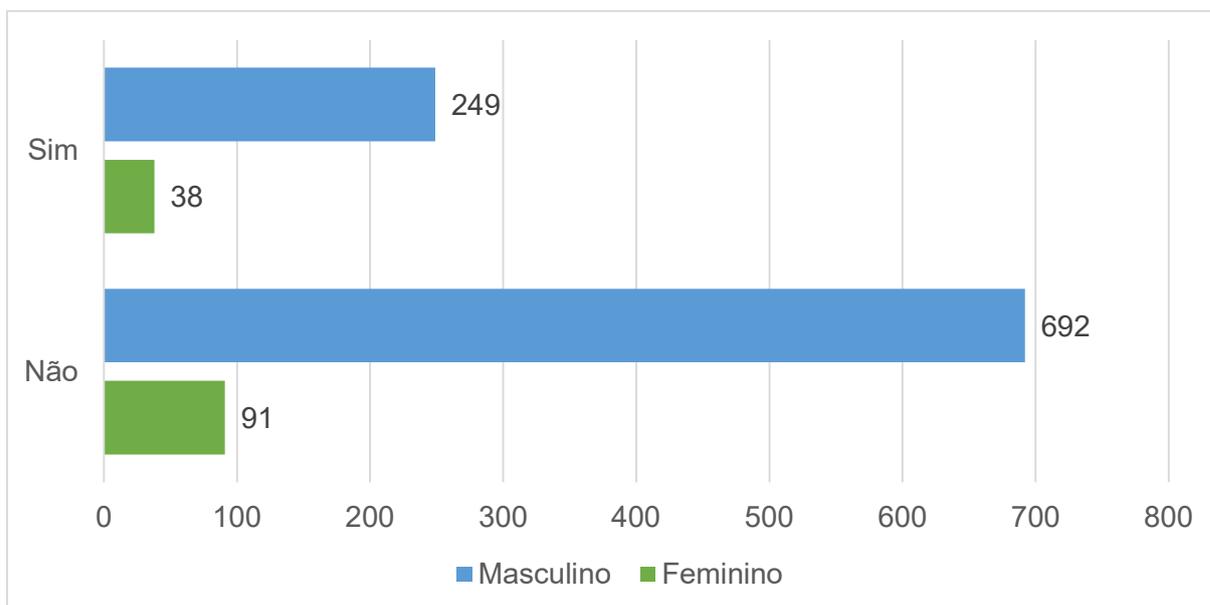


A) Número de trabalhadores(as) entrevistados (os) pela equipe de campo que recebeu orientação médica ou participou de alguma campanha de saúde. B) Número de trabalhadores(as) entrevistados (as) pela equipe de campo que tem interesse em participar de programa de capacitação e treinamento. C) Número de trabalhadores(as) entrevistados (as) pela equipe de campo que tem ciência que o uso do prejuízo pode prejudicar à saúde das pessoas e meio ambiente. D) Número de trabalhadores(as) entrevistados (as) pela equipe de campo que tem ciência do uso adequado do EPI.

Fonte: Autora, a partir dos dados fornecidos pela equipe de campo. Elaboração: Coordenadora de comunicação do Projeto Ouro Sem Mercúrio.

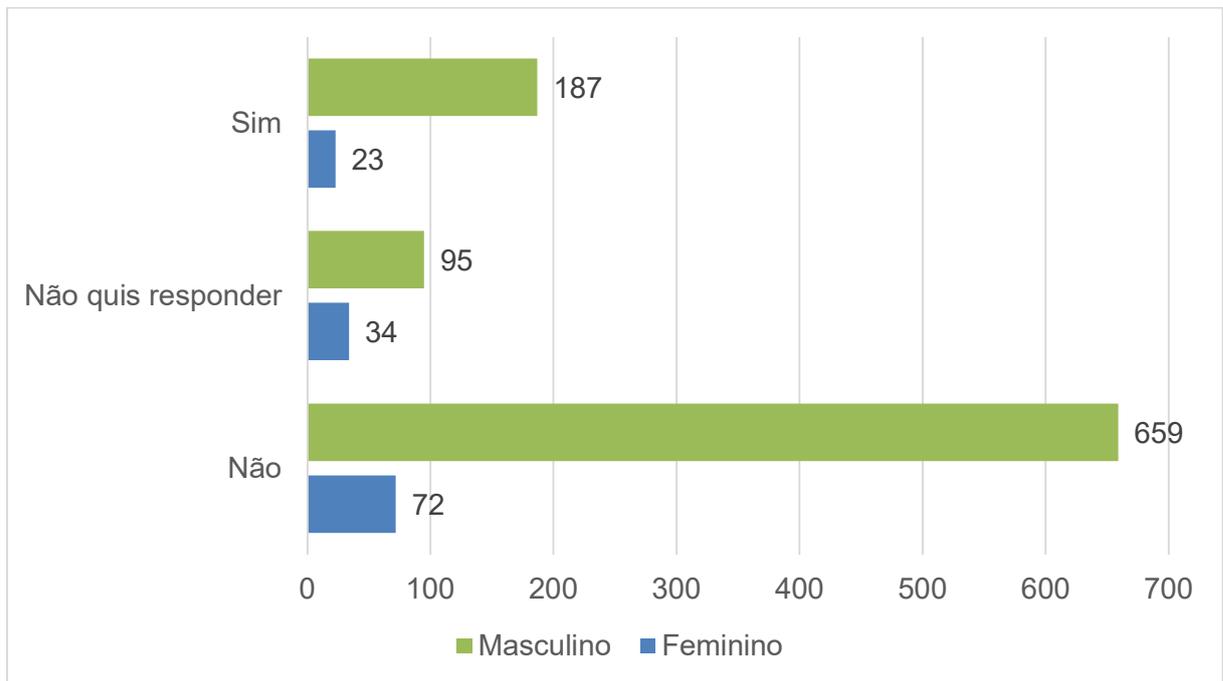
A maioria dos trabalhadores(as) se destaca como não fumante [feminino: 70,54% (91), masculino [73,54% (692)] (Figura 22). Além disso, a maioria pertencente ao sexo feminino e masculino não faz uso de medicamentos, [55,81% (72) e 70,03% (659), respectivamente] (Figura 23). 74% (787) dos trabalhadores(as) nunca internaram (Figura 24) e 83% (884) nunca sofreram acidente de trabalho (Figura 25). Daqueles que já foram internados, o número se concentra em: acidentes (trânsito, domésticos, ocupacional e picada de insetos), gravidez, trabalho de parto, aborto, doenças endêmicas (malária, dengue), infecciosas ou inflamatórias (COVID-19, sarampo, tuberculose, pneumonia, varíola, bronquite, infecção intestinal, meningite, apendicite, gastrite,) e demais doenças como renal, derrame, vesícula, saúde mental, esgotamento físico e de coluna. Apenas um trabalhador relatou que foi internado devido ao mercúrio.

Figura 22. Trabalhadores(as) entrevistados(as) fumantes, por sexo.



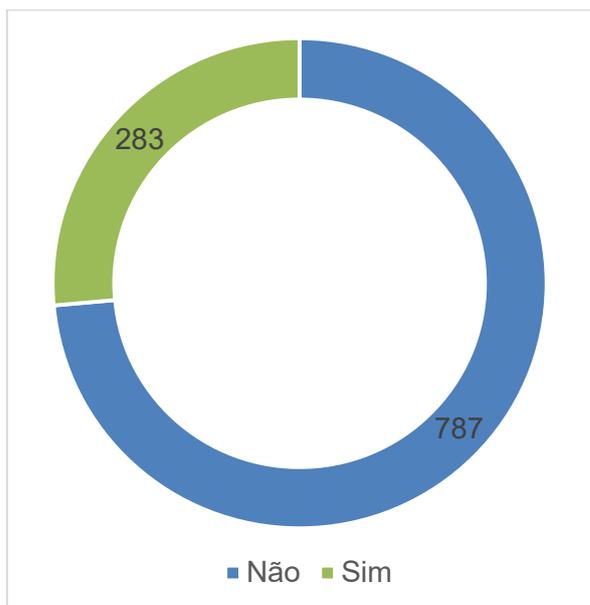
Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 23. Trabalhadores(as) entrevistados(as) que fazem uso de medicamentos.



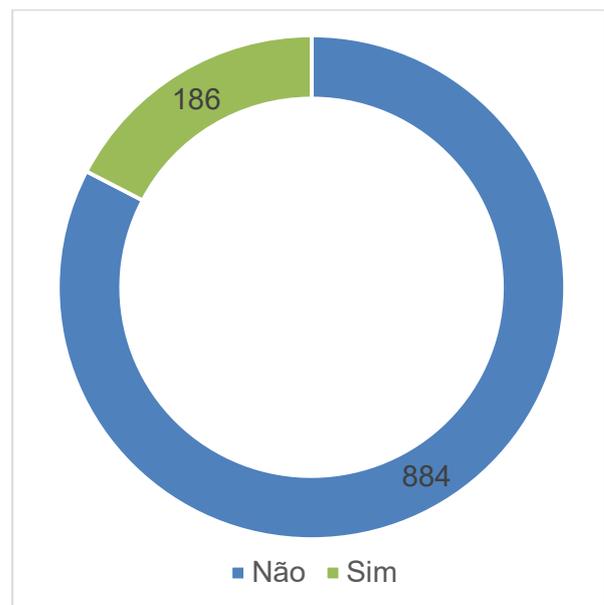
Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 24. Trabalhadores(as) entrevistados(as) que já foram internados.



Fonte: Elaborado pela Autora.

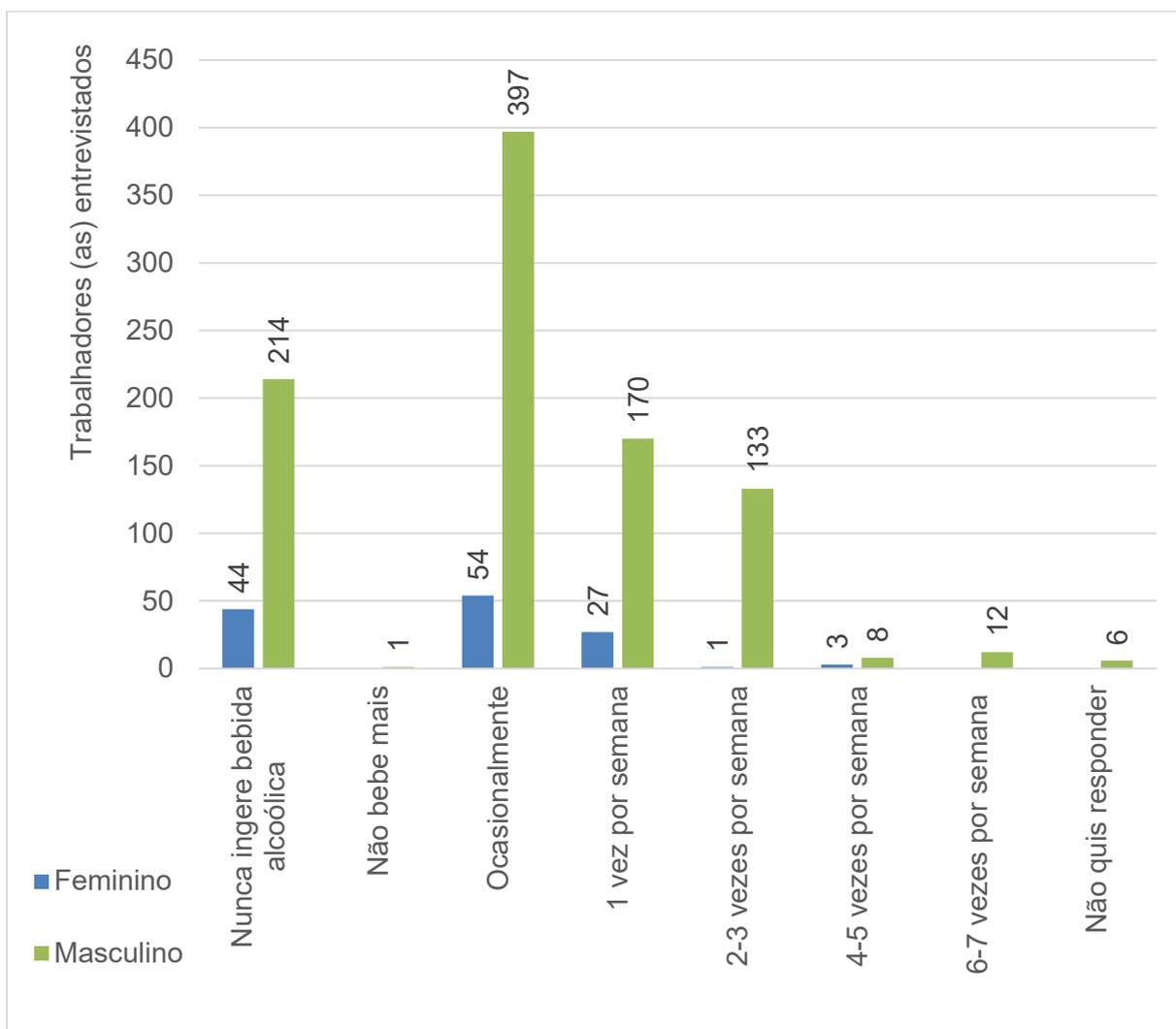
Figura 25. Trabalhadores(as) entrevistados(as) que já sofreram acidentes de trabalho.



Fonte: Elaborado pela Autora.

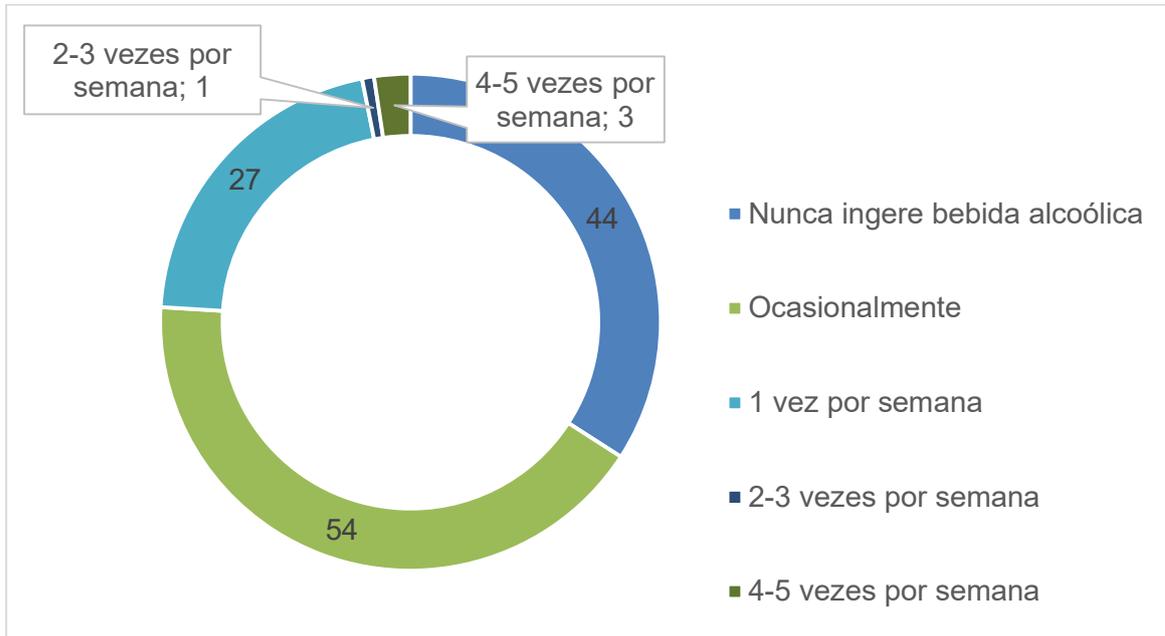
Ingerem bebida alcóolica “ocasionalmente” [feminino: 41,86% (54), masculino: 42,19% (397)], seguidos por “*nunca ingere bebida alcóolica*” [feminino: 34,11% (44), masculino: 22,74% (214)] (Figuras 26, 27 e 28). Os dados mostram também que os trabalhadores(as) vão ao médico principalmente quando precisam [feminino: 42,64% (55), masculino: 57,60% (542)], seguidos por “1 vez ao ano” [feminino: 31% (40), masculino: 21,78% (205)] (Figura 29).

Figura 26. Frequência semanal de consumo bebida alcóolica por gênero.



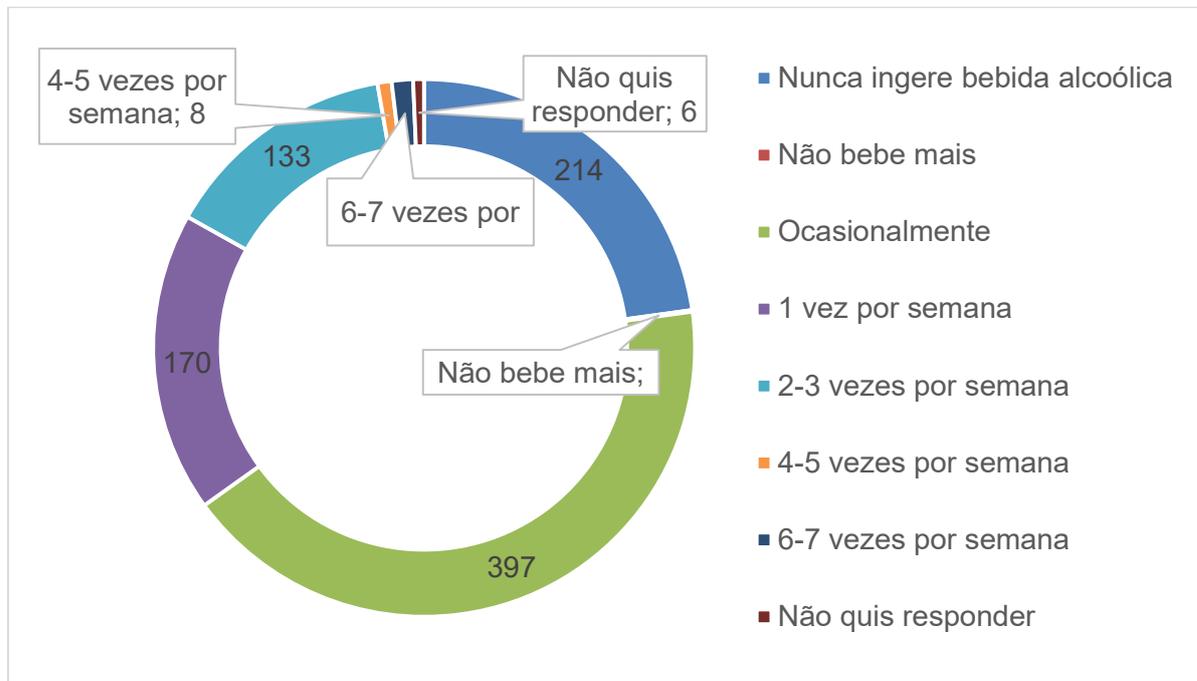
Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 27. Frequência semanal de consumo bebida alcóolica para o sexo feminino.



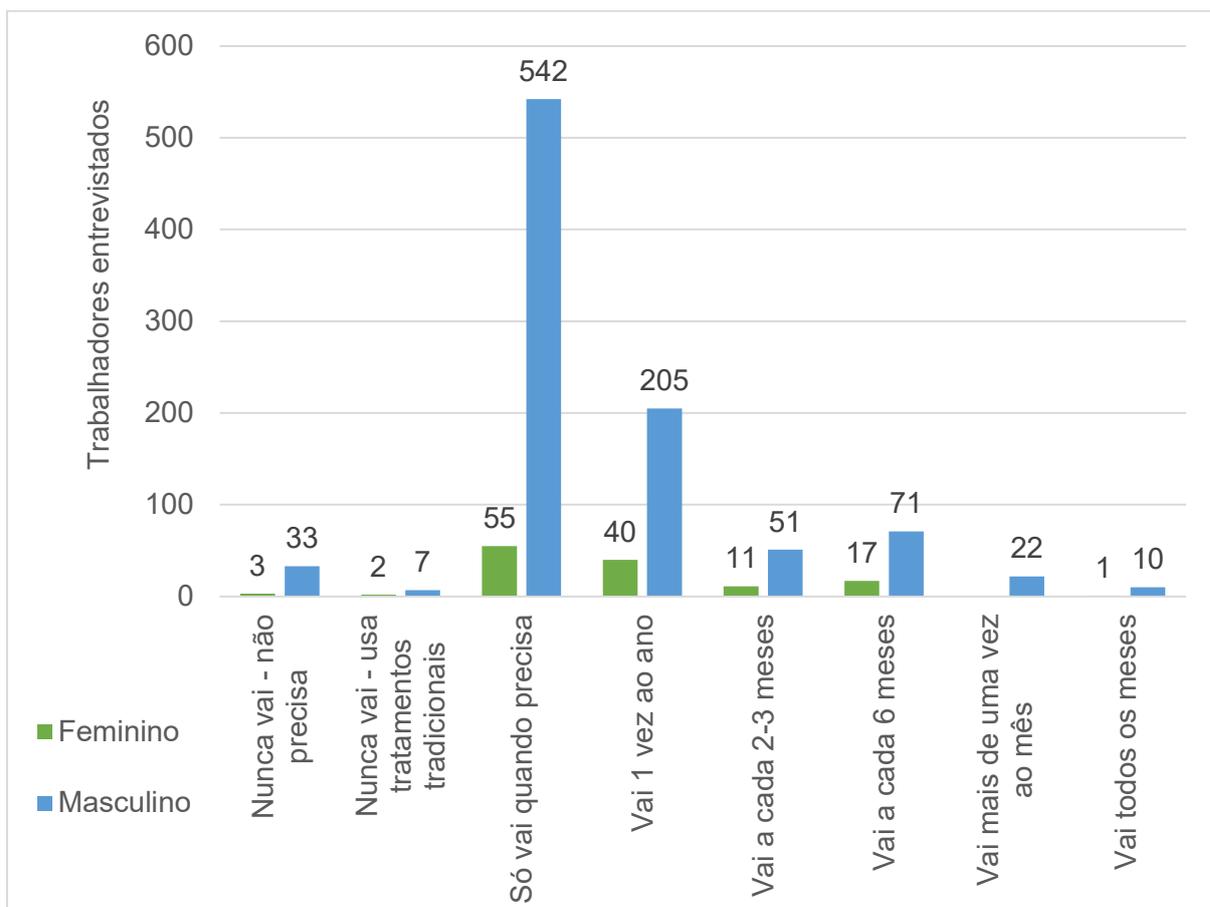
Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 28. Frequência semanal de consumo bebida alcóolica para o sexo masculino.



Fonte: Elaborado pela Autora.

Figura 29. Frequência de consultas médicas por gênero.



Fonte: Elaborado pela Autora.

Os trabalhadores(as) procuram atendimento médico preferencialmente em posto de saúde, em caso de acidentes de trabalho ou lesões, picadas de cobras, aranhas ou escorpiões, doenças ou problemas de saúde (acidentes de trabalho ou lesões: 31,44% – 433; picadas: 33,56% – 487; doenças e problemas de saúde: 43% – 646) (Tabela 6). Posteriormente, em todos os casos, pronto-socorro da vila/cidade é o local mais buscado (acidentes de trabalho ou lesões: 31,15% – 429; picadas: 32,80 – 476; doenças e problemas de saúde: 33,62 – 505), seguido por hospital (acidentes de trabalho ou lesões: 21,71 – 299; picadas: 26,74% – 388; doenças e problemas de saúde: 13,85% – 208). Além disso, 54,76% (586) dos trabalhadores(as) gastam menos de 1 (uma) hora no deslocamento até o posto de saúde ou pronto-socorro mais próximo e 28,60% (307) gastam de 3 a 6 horas.

Tabela 6. Busca de atendimento de saúde versus deslocamento.

Problema de saúde	Onde busca atendimento							
	Com alguém no próprio local de trabalho	Com alguém que pratica medicina tradicional	Na enfermaria da sede	No posto de saúde	No posto médico da FUNAI	Em um Hospital	Outros	Pronto-socorro da vila/cidade (UPA)
Se sofrer um machucado ou acidente no trabalho, onde busca atendimento?	2	38	166	433	5	299	5	429
Se for picado por cobra, aranha, escorpião durante o trabalho, onde busca atendimento?	6	17	65	487	2	388	10	476
Se ficar doente ou tiver problemas de saúde onde busca atendimento?	-	7	110	646	16	208	10	505
Quanto tempo leva para chegar no posto de saúde/pronto-socorro mais próximo?	< 1h	1 a 2 h	3 a 6h	6 a 12h	12 a 24h	24 a 48h	> 48h	Não sabe
	586	147	307	11	0	0	0	19

Nota: -: Sem registro.

Fonte: Elaborado pela Autora.

Portanto, a partir dos dados primários coletados, percebe-se uma necessidade de maior aproximação das instituições públicas de saúde através de programas de saúde específicos para essas comunidades. Tais programas podem incluir ações de educação em saúde e parcerias com CEREST, SMS, sindicatos, cooperativas e líderes comunitários, como por exemplo trabalhar em conjunto com líderes comunitários, sindicatos de trabalhadores(as) ou outras organizações locais para estabelecer canais de comunicação eficazes e ganhar a confiança dos garimpeiros. Dessa forma, haverá uma facilitação na coleta de informações sobre a saúde e aplicar medidas eficazes para a melhoria da qualidade de vida destes(as)

trabalhadores(as). Importante também a realização do registro dos casos suspeitos de intoxicação por mercúrio no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN)⁵.

Por fim, acrescenta-se o incentivo à melhoria tecnológica para a extração e processamento de ouro livre de mercúrio, redução e controle do uso do mercúrio. A título de exemplo, o incentivo à legalização das atividades para modelos responsáveis e uso de melhoria tecnológica para a extração e processamento de ouro sem mercúrio, em conjunto com condições mínimas na execução da fiscalização e controle do uso do mercúrio.

Enquanto se utiliza o mercúrio na extração de ouro em conformidade com a legislação vigente, é aconselhável investir na melhoria dos centros de amalgamação, da recirculação de água em sistema fechado, do uso de retortas, bem como uma disposição segura de resíduo de amálgama, monitoramento contínuo dos níveis de mercúrio atmosférico e avaliação das intervenções implementadas.

5.6. Descrição e Análise da Organização dos Serviços de Saúde Pública na Amazônia Legal

5.6.1. Descrição de Ações do Ministério da Saúde em Parcerias com Demais Instituições Públicas

Em conformidade com a lei máxima do país – Constituição da República Federativa do Brasil, de 05 de outubro de 1988 (CF/88) – e a Lei Orgânica do Sistema Único de Saúde (SUS) – Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990 – a qual define os princípios e a formação do SUS, todos têm direito à saúde, sendo este um direito fundamental do ser humano e devendo o Estado prover as condições indispensáveis ao seu pleno exercício.

Um dos objetivos do SUS é a assistência às pessoas por intermédio de ações de promoção, proteção e recuperação da saúde, com a realização integrada das ações assistenciais e das atividades preventivas. A Resolução nº 588, de 12 de julho de 2018, do Conselho Nacional da Saúde (CNS) instituiu a Política Nacional de Vigilância em Saúde (PNVS). A PNVS deverá contemplar toda a população em

⁵ portaria-de-consolidacao-no-4-de-28-de-setembro-de-2017.pdf (www.gov.br)

território nacional, priorizando, entretanto, territórios, pessoas e grupos em situação de maior risco e vulnerabilidade, na perspectiva de superar desigualdades sociais e de saúde e de buscar a equidade na atenção, incluindo intervenções intersetoriais (art.5º da Resolução nº 588/2018).

As ações e serviços de saúde devem ser desenvolvidas de forma articulada entre as instituições públicas federais, estaduais e municipais, da administração direta e indireta e das fundações mantidas pelo Poder Público. Nessa perspectiva, de acordo com o OFÍCIO Nº 17/2014/AISA/MS da Assessoria Especial de Assuntos Internacionais do Ministério da Saúde, encaminhado aos coordenadores do Projeto Ouro Sem Mercúrio, em resposta a diversos questionamentos sobre as ações do SUS (Apêndice 2), várias frentes tentam trabalhar no âmbito de vulnerabilidades e ambiente seguro dessas populações. Dentre essas ações ou programas de vigilância e assistência à saúde, conduzidas pelo Ministério em parcerias incluem:

- Ações do Eixo 3 (ação 3.3 – Elaboração do boletim epidemiológico nacional contendo dados de exposição e intoxicação por mercúrio no país (BRASIL, 2023)); do Eixo 4 (ação 4.3 – Elaboração do Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas para Intoxicação por Mercúrio); e do Eixo 6 (Desenvolvimento de pesquisas relacionadas aos efeitos do mercúrio na saúde e no ambiente) previstas no Plano Setorial para a Implementação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio (BRASIL, 2020). O Ministério da Saúde reporta a criação de um protocolo clínico em parceria com a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) para estruturar o atendimento da saúde em áreas indígenas expostas ao mercúrio – Ação em andamento;
- Vigilância em Saúde de Populações Expostas ao Mercúrio (VSPeM) – Ação em andamento;
- Atuação no território Yanomami para atendimento da crise sanitária e humanitária ocorrida em 2023, especificamente quanto a exposição a mercúrio e seus efeitos;
- Pesquisa longitudinal em parceria com a Fiocruz na Terra Indígena Munduruku para avaliar a contaminação em gestantes. A pesquisa tem previsão de duração de 3 anos e pretende identificar o nexo causal dos agravos e comprovar a existência de Doença de Minamata na região – Ação em andamento;

- Programa Nacional de Formação de Agentes Educadoras e Educadores Populares de Saúde (AgPopSUS) da Amazônia Legal e Pantanal Sul-matogrossense, com prioridade para as regiões expostas ou intoxicadas pelo mercúrio dentre os critérios de abrangência para a população beneficiária do Programa;
- Formação de trabalhadoras e trabalhadores que atuam no cuidado em saúde da população no campo da floresta e das águas em diferentes territórios. Nessa ação, serão abordados diversos temas condizentes com as especificidades dessas populações, dentre eles a contaminação ambiental, incluindo aquela por mercúrio.

Atualmente, as equipes técnicas do Ministério da Saúde já preveem ações de revisão e atualização do Plano Setorial de Minamata em seu planejamento de ações para o ano de 2024. De acordo com o ofício e o Plano Setorial, as estratégias de ação do Plano em questão foram construídas e serão implementadas em conjunto por todos os seus membros, com intuito de ampliar e fortalecer as capacidades institucionais e técnicas para identificação, diagnóstico, tratamento e monitoramento de populações vulneráveis; reduzir e eliminar os riscos à saúde humana advindos da exposição ao mercúrio e seus produtos; além de desenvolver uma agenda de pesquisa e ampliar o conhecimento da população e dos profissionais de saúde sobre os riscos da exposição ao mercúrio, para que também sejam parte atuante do processo de melhoria da gestão adequada desse contaminante em território nacional.

Cumprе mencionar que a ação 4.3 do Plano Setorial de Minamata – Elaboração do Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas para intoxicação por mercúrio – é de extrema importância para a compreensão e capacitação dos profissionais de saúde para o adequado manejo terapêutico de intoxicações agudas e crônicas por mercúrio, à luz da Convenção de Minamata sobre Mercúrio.

Em andamento, de acordo com o Ministério da Saúde, inclui a Chamada Pública Nº47/2022 intitulada “*Saúde Ambiental – Pesquisas sobre a exposição de populações vulneráveis ao mercúrio na Região Amazônica*”, visando apoiar projetos que contribuam para o desenvolvimento científico e tecnológico para a compreensão dos riscos à saúde de populações vulneráveis expostas ao mercúrio nessa região, e atender aos preceitos do Eixo 6 do Plano Setorial. As pesquisas a serem executadas serão:

- Diagnóstico de saúde de populações indígenas ambientalmente expostas ao mercúrio na região do Baixo Tapajós e Arapiuns, no Estado do Pará – Instituição executora: Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA);
- Efeitos do metilmercúrio e influência do selênio em populações tradicionais da Amazônia – Instituição executora: Universidade Estadual Paulista (UNESP);
- Avaliação da exposição de populações tradicionais ao mercúrio (metilmercúrio): Subsídios às políticas públicas de saúde na Amazônia Ocidental – Instituição executora: Universidade Federal de Rondônia (UNIR);
- Saúde bucal de populações vulneráveis a exposição mercurial na Amazônia: investigações moleculares, epidemiológicas e clínicas – Instituição executora: Universidade Federal do Pará (UFPA);
- Biomarcadores de suscetibilidade associados com a intoxicação por mercúrio: estudo de polimorfismos genéticos – Instituição executora: Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ);
- Se tem mercúrio nos peixes da Amazônia, as populações tradicionais podem comê-los? – Instituição executora: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Além dessas atividades, a Secretaria de Saúde Indígena (SESAI) colabora com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) na coleta de amostras para análise para fins de monitoramento ambiental no território Yanomami/RR.

Quanto ao questionamento sobre a realização de análises laboratoriais, o Ministério da Saúde reportou que a rede de laboratórios de saúde pública possui capacidades heterogêneas de realizar análises de mercúrio em matrizes biológicas e que as análises somente acontecem sob demanda dos serviços de saúde em casos específicos. Neste ponto, o Ministério da Saúde está planejando um Programa Nacional de Biomonitoramento Humano de Substâncias Químicas, em conjunto com a Pesquisa Nacional de Saúde.

Diante das ações que ainda precisam ser realizadas, o Ministério da Saúde reconhece a necessidade de ampliar e incrementar por meio de cooperação (nacionais e internacionais) e outras ações de fomento: (i) as ações de

biomonitoramento, implicando em estratégias que contribuem para o acesso e estruturação de laboratórios e equipes; e (ii) as ações de monitoramento de dados ambientais para saúde, sendo importante considerar outras estratégias que contribuem para a efetividade das ações.

O Ministério da Saúde destacou, ainda, que as populações potencialmente expostas ou intoxicadas por mercúrio, sobretudo populações vulneráveis pelas atividades de garimpo, sofrem impacto das fontes legais e ilegais de mercúrio, ressaltando a necessidade e importância de o PAN incorporar ações para tais focos de emissão de mercúrio, não sendo suficiente atuar apenas nas áreas de mineração legalizadas. Neste ponto, vale mencionar que a sugestão em questão está contemplada no item “6. *Recomendações*”.

Adicionalmente, o Ministério da Saúde ressalta no referido ofício para ser considerado no âmbito da elaboração e implementação do PAN a inclusão das representações indígenas e de comunidades tradicionais nos espaços construtivos e decisórios do Plano, conforme determinado no documento CRP “*The effects of Mercury Pollution on Indigenous Peoples and on Local Communities*” (UNEP/MC/COP.5/CRP.1) e a submissão do PAN à consulta pública para amplificar a participação social. Novamente, tal sugestão está contemplada no item “6. *Recomendações*”.

Além disso, o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiágua)⁶ e Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Solo Contaminado (Vigisolo)⁷ não contemplam o monitoramento do parâmetro mercúrio. Estes instrumentos foram criados para implementação das ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano e vigilância das populações expostas sob risco de exposição a contaminantes químicos e solos contaminados, respectivamente.

5.6.2. Descrição das Ações das SES, SMS, CEREST, DSEI e Atendimentos Pelas Unidades de Saúde

Para compreender as diferentes realidades dos serviços públicos de saúde prestados pelos órgãos e unidades operacionais do SUS que se encontram em territórios de extração de ouro (legal e ilegal), questionários foram encaminhados para

⁶ <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/saude-ambiental/vigiagua>

⁷ <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/saude-ambiental/vigipeq>

DSEI, SMS, CEREST e SES. Os estados selecionados foram: Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins (Tabelas 7 e 8).

Além disso, foram realizadas entrevistas presenciais, entre os dias 25/05 e 24/11/2023, pela equipe de campo do presente projeto com profissionais de onze unidades de atendimento de saúde que atendem pelo SUS (hospitais, unidades de pronto atendimento – UPA, unidade básica de saúde – UBS ou centro ambulatorial). As unidades entrevistadas pertencem aos estados do Amapá, Amazonas, Mato Grosso e Pará. Foram também realizadas entrevistas com o Escritório Regional de Peixoto de Azevedo/MT e Secretaria Municipal de Saúde de Manicoré/AM (Tabela 7).

Tabela 7. Órgãos e unidades de saúde integrantes do SUS que responderam aos questionários do Projeto

Estado	Município/ Sede	Unidade/Órgão de saúde	Via entrevista
Amapá	Calçoene	Unidade Básica de Saúde do Distrito de Lourenço	Entrevista presencial
	Macapá	Hospital de Clínicas Dr. Alberto Lima	Entrevista presencial
	Macapá	CEREST Estadual do Amapá	Questionário (Ouvidoria)
	Pedra Branca do Amapari	Secretaria Municipal de Saúde	Questionário (Ouvidoria)
Amazonas	Manicoré	Secretaria Municipal de Saúde	Entrevista presencial
	Manicoré	Unidade Básica de Saúde Fluvial	Entrevista presencial
	Manaus	Secretaria de Estado de Saúde	Questionário (Fala.Br)
Maranhão	São Luís	Secretaria de Estado de Saúde	Questionário (E-SIC)
Mato Grosso	Poconé	Hospital Geral de Poconé Dr. Nicolau Fontanilas Frageli	Entrevista presencial
	Poconé	UPA Jaime Verissimo de Campos Junior	Entrevista presencial
	Peixoto de Azevedo	Escritório Regional de Saúde Peixoto de Azevedo	Entrevista presencial
	Peixoto de Azevedo	UPA Charles Frederico Fumière	Entrevista presencial
	Matupá	Secretaria Municipal de Saúde de Matupá	Questionário (Ouvidoria)

Pará	Itaituba	Unidade Básica de Saúde Jardim do Ouro	Entrevista presencial
	Itaituba	Unidade Básica de Saúde Moraes de Almeida	Entrevista presencial
	Itaituba	Unidade Básica de Saúde Francisco de Assis Macedo da Silva	Entrevista presencial
	Tucumã	Centro Ambulatorial de Saúde	Entrevista presencial
	Tucumã	Hospital e Maternidade Santo Agostinho	Entrevista presencial
	Belém	Secretaria de Estado de Saúde	Questionário (Fala.Br)
	Parauapebas	Secretaria Municipal de Saúde	Questionário (Fala.Br)
Roraima	Boa Vista	Secretaria de Estado de Saúde	Questionário (Fala.Br)
Tocantins	Palmas	Secretaria de Estado de Saúde	Questionário (Fala.Br)

Fonte: Elaborado pela Autora.

Tabela 8. DSEI que responderam ao questionário do Projeto.

Município/Sede	Unidade/Órgão de saúde	Via entrevista
Macapá	DSEI Amapá e Norte do Pará	Questionário (Fala.Br)
Tabatinga	DSEI Alto Rio Solimões	Questionário (Fala.Br)
Cuiabá	DSEI Cuiabá	Questionário (Fala.Br)
Itaituba	DSEI Rio Tapajós	Questionário (Fala.Br)
Porto Velho	DSEI Porto Velho	Questionário (Fala.Br)
Boa Vista	DSEI Leste de Roraima	Questionário (Fala.Br)

Fonte: Elaborado pela Autora.

Os contatos remotos com os órgãos e unidades supracitadas foram realizados preferencialmente por meio do Fala.BR, (E-SIC) (estadual ou municipal) ou ouvidoria do órgão competente (estadual ou municipal), em ordem decrescente de prioridade para o encaminhamento dos questionários. Como último recurso, foram feitas tentativas por correspondência eletrônica e/ou telefone. Entretanto, registra-se dificuldades em efetivar os contatos dos sítios de diversas autoridades, com números de telefone, e-mails e E-SIC inexistentes, gestores que já não exercem as suas funções, falta de respostas por todos os meios, sobretudo por correspondências eletrônicas.

Os questionamentos foram referentes a atuação e principais riscos à saúde dos pacientes assistidos pelas unidades de atendimento de saúde; à estruturação em termos de recursos humanos e divisão de áreas de atuação; e às ações relacionadas à vigilância e à atenção à saúde em caso de exposição ou intoxicação ao mercúrio da população da Amazônia, que estão incluídos no Apêndice 1.

Serão descritos a seguir aspectos que merecem destaque e as principais iniciativas que estão sendo realizadas pelas instituições de saúde em nível estadual, municipal ou distritos sanitários.

Importa destacar que o DSEI é a unidade gestora descentralizada do Subsistema de Atenção à Saúde Indígena (SasiSUS)⁸. Estão estrategicamente divididos por critérios territoriais, com base na ocupação geográfica das comunidades indígenas, e não obedecem aos limites dos estados. Desta forma, a descrição das respostas aos questionários encaminhados não será apresentada por estado.

Conforme tabela 8, os questionários foram encaminhados e respondidos pelos seguintes DSEI: (i) Divisão de Atenção à Saúde Indígena do DSEI Amapá e Norte do Pará (DIASI/DSEI – AMP, com sede em Macapá); (ii) Divisão de Atenção à Saúde Indígena do DSEI Alto Rio Solimões (DIASI/DSEI – ARS, com sede em Tabatinga); (iii) Divisão de Atenção à Saúde Indígena do DSEI Cuiabá (DIASI/DSEI Cuiabá, com sede em Cuiabá); (iv) Divisão de Atenção à Saúde Indígena do DSEI Rio Tapajós (DIASI/DSEI Rio Tapajós, com sede em Itaituba); (v) Divisão de Atenção à Saúde Indígena do DSEI Porto Velho (DIASI/DSEI PVH, com sede em Porto Velho); e (vi) Divisão de Atenção à Saúde Indígena do DSEI Leste de Roraima (DIASI/DSEI Leste de Roraima, com sede em Boa Vista).

⁸ <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sesai/estrutura/dsei>

A DIASI/DSEI – AMP reporta que, para identificação de casos suspeitos e confirmados de exposição ou de intoxicação por mercúrio dos indígenas, os casos suspeitos são referenciados para o Hospital das Clínicas, onde os médicos realizam uma avaliação da exposição, coletando amostras dos pacientes e encaminhando-as para análise fora do estado.

De acordo com as respostas da DIASI/DSEI – ARS, chama atenção que a Divisão reporta ausência de registros de exposição e intoxicação por mercúrio em indígenas no território abrangido por este. Nesse sentido, salienta-se o estudo realizado por SILVA e LIMA (2020), o qual identifica teor máximo de mercúrio de até 4,59 ppm em determinadas espécies de peixes. Este estudo teve como objetivo avaliar a concentração de HgT no músculo, fígado e brânquias de 17 espécies de peixes comercializadas na região do Alto Solimões, sendo as maiores concentrações observadas em peixes carnívoros ou piscívoros. Além disso, sinais de bioacumulação e biomagnificação de mercúrio já podem ser observados nessa região (SILVA e LIMA, 2020). De acordo com a literatura, são encontradas atividades de extração de ouro ilegal na região (CETEM, 2013) e na Amazônia peruana, próxima à fronteira com o Brasil (ASNER e TUPAYACHI, 2017).

Porém, de acordo com o DSEI ARS, *“nesta região não há registro de exposição e intoxicação por mercúrio em indígenas, uma vez que baseado nos estudos o registro de concentração de mercúrio encontrado nos peixes analisados, estão dentro dos padrões normais. Salienta-se o território e o contexto de tríplice fronteira”*. Reportam também que *“não há nenhum estudo recente sobre a contaminação por humanos nesta região, pois não existem casos...”*. Portanto, segundo o DSEI não é necessário notificar casos suspeitos e confirmados de exposição ou intoxicação por mercúrio dos indígenas na região.

De acordo com o DIASI/DSEI Cuiabá, os casos suspeitos de exposição ou de intoxicação por mercúrio dos indígenas são referenciados para o Hospital Universitário Júlio Muller (hospital do município), onde os médicos realizam uma avaliação da exposição, coletando amostras dos pacientes. A confirmação de intoxicação por mercúrio é realizada pelas instituições governamentais e notificadas por eles. Porém, até o momento não há casos confirmados de intoxicação por mercúrio e que caso haja, serão registrados no Sistema de Informação da Atenção à Saúde Indígena (SIASI).

No que tange às ações realizadas pela DIASI/DSEI Rio Tapajós, esta DIASI ressalta que a Equipe Multidisciplinar de Saúde Indígena (EMSI) presta assistência em território, atendendo e avaliando os pacientes indígenas que apresentam sinais ou suspeitas de intoxicação ou exposição por mercúrio, principalmente para algumas aldeias estarem bem próximas das áreas de atividade garimpeiras. Quanto aos casos confirmados, referem-se àqueles em que a Fiocruz, em parceria com o DSEI Rio Tapajós, realizou exames e posterior diagnóstico.

A DIASI/DSEI Rio Tapajós destaca, ainda, que todo paciente suspeito que tenha consumido peixes potencialmente contaminados e viva em aldeias próximas a atividades de garimpo, e que apresente sinais ou sintomas sugestivos de exposição ou intoxicação, é notificado como um caso suspeito. Os casos confirmados são notificados após a realização de exames e confirmação laboratorial. Existe uma parceria com a Fiocruz para realização do diagnóstico e confirmação dos casos. Segundo este DSEI, todas as notificações de casos confirmados são inseridas no SIASI.

De acordo com a DIASI/DSEI PVH, quando os povos indígenas aldeados na sua área de abrangência apresentam sinais e sintomas que requerem maiores cuidados, são encaminhados para realizar exames e outros procedimentos na rede SUS presentes nos municípios de abrangência deste distrito. Essas unidades de saúde, por sua vez, fazem os encaminhamentos aos tratamentos necessários e, se porventura houver casos, estes são notificados. Esse é o fluxo estabelecido pelo SasiSUS e é utilizado em qualquer agravo à saúde, inclusive os casos de intoxicação por mercúrio que vierem a surgir.

Ainda, ressalta que *“se porventura houver demanda significativa de casos suspeitos de pacientes indígenas contaminados por intoxicação de mercúrio a rede do SUS não está preparada para realizar o diagnóstico, devido à falta de profissionais qualificados conforme mencionado na pergunta 06”*.

5.6.2.1. Amapá

Frisa-se que existem áreas de extração legal de ouro (garimpos) e ilegal no Estado do Amapá e há carência de estudos de saúde em relação à exposição e contaminação por mercúrio da população no estado. Contudo, as instituições de

saúde foram questionadas/entrevistadas para obter uma visão geral da atuação do setor no Estado.

Serão citadas iniciativas da Divisão de Vigilância Ambiental de Pedra Branca do Amapari e Gerência de Atenção Básica à Saúde da SMS de Pedra Branca do Amapari. Vale mencionar, ainda, aspectos mais relevantes pertinentes às entrevistas com profissionais da UBS do Distrito de Lourenço e Hospital de Clínicas Doutor Alberto Lima.

De acordo com a Divisão de Vigilância Ambiental de Pedra Branca do Amapari, dentre as ações realizadas incluem: (i) A equipe de saúde e meio ambiente, realiza a identificação, caracterização e monitoramento das populações potencialmente expostas ao mercúrio, incluindo trabalhadores, indígenas, gestantes, crianças, dentre outros, sendo o monitoramento basicamente a avaliação de sinais e sintomas de saúde da população exposta e realização de atividades de prevenção e educação em saúde; (ii) Investigação epidemiológica dos casos; (iii) Identificação de utilização de EPIs dos trabalhadores de garimpos de ouro e medidas protetivas para minimizar a exposição destes ao Hg, como retortas e exaustores nos centros de amalgamação.

Além disso, segundo tal Divisão o acompanhamento epidemiológico consiste em rastreamento de casos noticiados nas unidades de saúde no município, bem como ações em áreas consideradas de alto risco visando identificar sinais e sintomas de saúde suspeitos de intoxicação por metais pesados. Todas as notificações são encaminhadas para SMS para alimentação do SINAN. Destaca, ainda, que as ações de educação em saúde e de saúde do trabalhador estão sendo planejadas com o objetivo de sensibilizar e capacitar os profissionais de saúde no monitoramento de vulnerabilidade, riscos e danos à saúde (sinais e sintomas de intoxicação), visando aprimorar o monitoramento, prevenção e assistência de saúde às populações com alto risco de exposição ao Hg.

Segundo a Gerência de Atenção Básica à Saúde da SMS de Pedra Branca do Amapari, o município possui um Centro de Especialidades e Diagnóstico que conta com laboratório (exames de rotina), raio-x, tomografia e ultrassonografia para a identificação de pacientes expostos ou intoxicados por mercúrio. Mas que para a realização de exames mais especializados as amostras são encaminhadas para o Laboratório Central de Saúde Pública (LACEN)/AP.

Conforme reportado pela UBS do Distrito de Lourenço, localizada no município de Calçoene (Distrito de Lourenço), possui 17 funcionários na unidade (um médico) e atende em média à 500 indivíduos por mês. O atendimento aos mineradores/garimpeiros é diário, sendo raro o atendimento à população indígena e ribeirinhas.

Reporta que entre os maiores riscos de saúde para a população atendida por esta unidade de saúde encontra-se a malária. Considerando que a unidade atende os mineradores/garimpeiros diariamente, esta informação é consistente com as entrevistas realizadas com os trabalhadores(as) de territórios de extração de ouro (vide item “5.5 Descrição e análise dos dados primários de saúde dos trabalhadores(as) obtidos em visita de campo em territórios de extração de ouro”). São 87 relatos de malária no município de Calçoene, maior número dentre as doenças relatadas (Tabela 5).

Acidentes de trabalho, picadas por animais peçonhentos e ferimentos decorrentes de violência/conflitos são relatados pela UBS do Distrito de Lourenço como ocorrências frequentes entre os mineradores. Além destes, o alcoolismo e o consumo de drogas são reportados pela unidade como um problema entre os mineradores.

Segundo a UBS Distrito de Lourenço, raramente ou nunca atendem mineradores, comerciantes de ouro e indígenas com intoxicação (aguda e crônica) por mercúrio e seus compostos. No entanto, considera que o risco de intoxicação por mercúrio ou metilmercúrio é uma preocupação para a população geral da cidade.

No que tange ao Hospital de Clínicas Doutor Alberto Lima (hospital de grande porte do município de Macapá), cuja mantenedora é o governo estadual, reportam que contam com 1552 funcionários na unidade hospitalar, sendo 236 médicos e 700 profissionais na enfermagem. O atendimento clínico aos mineradores/garimpeiros, comerciantes de ouro, indígenas e populações ribeirinhas é comum no hospital.

De acordo com o hospital, entre os maiores riscos à saúde dos pacientes atendidos por esta unidade de saúde estão: pneumonia, malária, tuberculose, desfechos oncológicos e traumas (causados por acidentes). O hospital também conta com os serviços de urologia e oftalmologia. Acidentes de trabalho, picadas por animais peçonhentos e ferimentos decorrentes de violência/conflitos são relatados por vezes como ocorrências eventuais ou inexistentes entre os mineradores. Já o alcoolismo e

o consumo de drogas são considerados como um problema pelos profissionais entre os mineradores.

Segundo os profissionais entrevistados do Hospital de Clínicas Doutor Alberto Lima, nenhum atendimento foi realizado aos mineradores, comerciantes de ouro e indígenas relacionadas à exposição (aguda e crônica) ao mercúrio e seus compostos. Porém, estes profissionais reconhecem o risco de intoxicação por mercúrio ou metilmercúrio como uma preocupação para os profissionais de saúde, a população geral, os comerciantes de ouro e suas famílias, as populações ribeirinhas/tradicionais, os povos indígenas, mineradores e os familiares.

5.6.2.2. Amazonas

Com relação ao Estado do Amazonas, vale mencionar as respostas aos questionamentos pela Fundação de Vigilância em Saúde do Amazonas do Departamento de Vigilância Ambiental da SES do Amazonas (FVS-RCP/DVA/SES – AM), e da UBS Fluvial no município de Manicoré.

São descritas ações realizadas pela FVS-RCP/DVA/SES – AM no que diz respeito ao monitoramento epidemiológico. Segundo a SES, há monitoramento das doenças de notificação compulsória listadas na PORTARIA GM/MS Nº 217, DE 1º DE MARÇO DE 2023⁹, em que a contaminação por mercúrio é definida como Intoxicação Exógena (por substâncias químicas, incluindo agrotóxicos, gases tóxicos e metais pesados). É relatado que diante de um caso suspeito notificado, é realizada a investigação epidemiológica e coleta de material biológico pelo LACEN/AM, com posterior envio ao laboratório de referência regional – Instituto Evandro Chagas – para execução do exame. Com o resultado do laboratório a conduta é encaminhar o paciente a rede de assistência.

Segundo a UBS Fluvial (município de Manicoré), o estabelecimento possui 24 funcionários na unidade, tendo um médico e seis profissionais na enfermagem. O atendimento pela UBS aos mineradores/garimpeiros e aos indígenas é frequente e diário para as populações ribeirinhas. Acidentes de trabalho, picadas por animais peçonhentos e ferimentos decorrentes de violência/conflitos foram relatados como

⁹ https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2023/prt0217_02_03_2023.html

ocorrências raras entre os mineradores. O alcoolismo e o uso de drogas voltam a ser considerados como um problema, pelos profissionais de saúde, entre os mineradores.

Adicionalmente, a UBS relata que nenhum atendimento foi realizado aos mineradores, comerciantes de ouro e indígenas que sofrem intoxicação (aguda e crônica) por mercúrio e seus compostos. Estes profissionais de saúde consideram o risco de intoxicação por mercúrio ou metilmercúrio como uma preocupação para os profissionais de saúde e autoridades municipais.

5.6.2.3. Maranhão

No Maranhão, os questionários foram enviados apenas para a Secretaria Estadual de Saúde do Maranhão (SES – MA), os quais foram respondidos estritamente pela área de vigilância em saúde ambiental (VSA) e pela Secretaria Adjunta de Assistência à Saúde.

Segundo a área de VSA da SES – MA, para prevenção e redução à exposição por mercúrio da população da região, são realizadas ações que envolvem as SMS com: a VSA; Centro de Informações Estratégicas de Vigilância em Saúde (CIEVS); Laboratório Central do Maranhão; Rede de Atenção; Vigilância Sanitária; Vigilância em Saúde do Trabalhador e Estratégia de Saúde da Família. Além disso, os casos suspeitos e confirmados de exposição ou intoxicação por Hg são registrados no SINAN e o acompanhamento é feito por meio da vigilância epidemiológica.

Segundo a área de assistência à saúde, é necessária a capacitação dos profissionais de saúde para o diagnóstico precoce de indivíduos com suspeita e confirmados de exposição e intoxicação ao mercúrio.

5.6.2.4. Mato Grosso

As respostas aos questionários encaminhados ou entrevistas realizadas com órgãos foram advindas da VSA da SMS de Matupá e do Escritório Regional de Saúde de Peixoto de Azevedo. No que concerne às entrevistas presenciais às unidades de atendimento de saúde, foram realizadas com o Hospital Geral de Poconé Doutor Nicolau Fontanilas Frageli, UPA Jaime Verissimo de Campos Junior e UPA Charles Frederico Fumière.

Quanto às respostas da área de VSA da SMS de Matupá foram parciais. Vale menção que, de acordo com a área, não se tem conhecimento de acidente com

mercúrio ou casos suspeitos e confirmados de exposição ou de intoxicação por mercúrio na região e, quando houver suspeitos, serão encaminhados ao LACEN.

Com relação às respostas da diretoria do Escritório Regional de Saúde de Peixoto de Azevedo, existem 23 colaboradores no órgão. O profissional entrevistado considera o risco de intoxicação por mercúrio ou metilmercúrio uma preocupação para a população geral da cidade. Todavia, foi salientado que o mercúrio não parece ameaçador como outras doenças, incluindo malária, dengue e hanseníase. Além disso, relatam a dificuldade de acesso dos trabalhadores(as) aos serviços de saúde.

No mesmo município, em Peixoto de Azevedo, segundo a UPA Charles Frederico Fumière, a unidade conta com 82 funcionários (12 médicos e 33 na enfermagem) e atende em média 3073 pacientes por mês. O atendimento aos mineradores/garimpeiros é raro, sendo mais frequente a assistência às populações ribeirinhas e diária aos indígenas.

Entre os maiores riscos de saúde para a população atendida por esta unidade de saúde, relatam os acidentes em toda a BR-163, dengue, doenças respiratórias e surtos psicóticos, especialmente em mulheres. Vale reiterar que a COVID-19, dengue e a malária foram as doenças mais registradas entre 458 trabalhadores(as) entrevistados (as) do município (Tabela 5), com 261, 254 e 62 registros, respectivamente. Nestas entrevistas, destaca-se ainda que a UPA foi a unidade com a maior procura pelos trabalhadores.

Acidentes de trabalho, picadas por animais peçonhentos e ferimentos decorrentes de violência/conflitos são relatados como eventos frequentes, raros e inexistentes, respectivamente, entre os mineradores. O alcoolismo não é reportado pela unidade como um problema entre os mineradores.

Segundo essa UPA, raramente houve atendimento de mineradores com suspeita de intoxicação aguda por mercúrio e que nunca realizaram atendimento de mineradores e comerciantes de ouro com suspeitas de intoxicação por mercúrio.

Em entrevista realizada com o Hospital Geral de Poconé Doutor Nicolau Fontanilas Frageli, localizado no município de Poconé, relatam que 65 pessoas trabalham na unidade, sendo 12 médicos e 28 colaboradores na enfermagem. Frequentemente atendem mineradores (como por exemplo, acidente de trabalho) e ribeirinhas. De acordo com o entrevistado, a incidência de doenças varia de acordo com a época do ano, sendo problemas respiratórios mais prevalentes na seca.

Reporta também casos de tuberculose, hanseníase, câncer (especial mama e intestino) e infecções sexualmente transmissíveis.

No que diz respeito à intoxicação por mercúrio, foi reportado que raramente atendem indígenas e, destes assistidos, não houve casos de suspeita de intoxicação por mercúrio em indígenas. Quanto às suspeitas de intoxicação por mercúrio em mineradores e comerciantes de ouro, diversas respostas foram “não saber”. De acordo com o profissional entrevistado, a unidade está capacitada a prestar atendimento a casos de intoxicação por mercúrio e existem na unidade equipamentos, insumos e meios de acesso à capacidade laboratorial suficientes a identificar intoxicações por mercúrio. Cumpre ressaltar que para validar essa informação não foram realizados questionamentos mais detalhados sobre o fluxo de atendimento, quais equipamentos e insumos eram utilizados e existentes na unidade. Neste contexto, estas questões serão essenciais para uma boa investigação nas instituições de saúde (vide item “6 *Recomendações*”).

Em Poconé, o profissional entrevistado da UPA, Jaime Verissimo de Campos Junior, relata que a instituição possui 40 colaboradores na unidade (9 médicos) e realiza 3000 atendimentos mensal. As populações frequentemente assistidas são mineradores, ribeirinhas e indígenas. Dentre os maiores riscos à saúde, consideram as viroses e problemas respiratórios. Atendem frequentemente os mineradores com picados por animais peçonhentos e acidentes de trabalho. No entanto, nunca atenderam mineradores e indígenas com suspeita de intoxicação por mercúrio, em que pese atendem frequentemente essas comunidades. Segundo o profissional entrevistado, o alcoolismo e uso de drogas não é um problema entre os mineradores.

De acordo com o profissional entrevistado, a unidade tem equipamentos, insumos e meios de acesso à capacidade laboratorial suficientes a identificar intoxicações por mercúrio e está capacitada a prestar atendimento a casos de intoxicação pelo agente.

5.6.2.5. Pará

Quanto aos órgãos do Estado do Pará, respostas aos questionários foram dadas pela Diretora do Departamento de Vigilância Ambiental e Saúde do Trabalhador da Secretaria Estadual de Saúde do Pará (DIVAST/SESPA); e Coordenação de

Vigilância Ambiental e Endemias da Diretoria de Vigilância em Saúde da SMS de Parauapebas.

As entrevistas presenciais foram realizadas com três unidades de saúde em Itaituba – UBS Jardim do Ouro, UBS Moraes de Almeida e UBS Francisco de Assis Macedo da Silva – e dois em Tucumã – Hospital e Maternidade Santo Agostinho e Centro Ambulatorial de Saúde.

A DIVAST/SESPA utiliza as ferramentas disponibilizadas no site do MS para auxiliar nos trabalhos da VSPEM. Em relação as ações intrasetoriais, segundo a DIVAST/SESPA, todos os casos de óbitos e internações hospitalares relacionados ao mercúrio e planejamento de ações conjuntas para a prevenção e redução de agravos e doenças relacionadas ao Hg já são acompanhadas pelas secretarias de saúde dos municípios, as quais podem solicitar supervisão e treinamento do nível estadual para os casos suspeitos e/o confirmados. A SES acrescenta que são utilizadas todas as ferramentas a disposição, como SINAN, Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT) e Centro de Informação e Assistência Toxicológica (CIATox).

Além disso, a SES reporta que já são realizadas ações do programa de VSPEM, em alguns municípios como Itaituba, Santarém, Cachoeira do Piriá e Tucuruí. São ações voltadas aos profissionais de saúde para identificar os sintomas de intoxicação por mercúrio e como notificar de forma correta.

De acordo com a Coordenação de Vigilância Ambiental da SMS de Parauapebas, o Estado do Pará ainda está em fase inicial da VSPEM. Salienta que a SESPA “*não notificou e/ou acionou os municípios paraenses em prol da VSPEM*” e que “*aguarda orientações Ministeriais acerca dos cuidados às populações expostas ao mercúrio na região*”.

A UBS Jardim do Ouro, localizada no Distrito Moraes de Almeida/Itaituba, relata que conta com o apoio de 7 colaboradores (dois na enfermagem e nenhum médico) e atende em média 100 pacientes por mês. Segundo a unidade, os mineradores são assistidos diariamente e as populações ribeirinhas com frequência. Os principais riscos de saúde relatados para a população atendida por esta unidade de saúde são: malária; dengue; leishmaniose; picadas de insetos, de cobras e de escorpiões; e acidentes.

Com relação à frequência de atendimento aos pacientes com suspeita de intoxicação por mercúrio, todos os grupos receberam respostas de desconhecimento pelo entrevistado. Segundo o profissional entrevistado, o alcoolismo e o uso de drogas não são problemas entre os mineradores.

A UBS Moraes de Almeida, também localizada no Distrito Moraes de Almeida/Itaituba, possui 12 funcionários (2 médicos e 6 na enfermagem) e atende em média 600 pacientes por mês. Os mineradores também são atendidos diariamente por esta unidade e as populações ribeirinhas com frequência. Os Indígenas raramente são assistidos pela unidade. Os maiores riscos de saúde, de acordo com o entrevistado, para a população atendida de saúde são: pneumonia, doenças cardiovasculares e a Aids/HIV (sigla em inglês – Vírus da Imunodeficiência Humana).

Segundo o profissional entrevistado, foi prestado atendimento diário aos mineradores que sofreram acidentes de trabalho, picados por animais peçonhentos e ferimentos decorrentes de violência/conflitos. O profissional entrevistado “não sabe” se a frequência de atendimento aos mineradores com suspeita de intoxicação aguda. O alcoolismo foi considerado um problema entre os mineradores, sendo a intoxicação por mercúrio e seus compostos um risco para todos os grupos (profissionais de saúde, população da cidade em geral, autoridades municipais, mineradores e familiares, comerciantes de ouro e familiares, Indígenas e populações ribeirinhas/tradicionais).

A UBS Francisco de Assis Macedo da Silva, Distrito de Creporizão/Itaituba, relata que possui 9 trabalhadores na unidade (um médico) e presta atendimento em média para 900 pacientes por mês. Os mineradores e as populações ribeirinhas são assistidas diariamente por esta unidade e raramente atendem comerciantes de ouro e indígenas. O alcoolismo e o uso de drogas são considerados problemas entre os mineradores, e a intoxicação por mercúrio e seus compostos um risco para todos os grupos (profissionais de saúde, população da cidade em geral, autoridades municipais, mineradores e familiares, comerciantes de ouro e familiares, indígenas e populações ribeirinhas/tradicionais).

Em relação à frequência de atendimento aos pacientes intoxicados por mercúrio, os mineradores e comerciantes de ouro receberam respostas de desconhecimento sobre atendimentos a esta intoxicação e os pacientes indígenas não foram atendidos com sintomas de intoxicação ao agente. Neste último caso, isso provavelmente se deve aos raros atendimentos prestados aos indígenas.

No município de Tucumã, segundo o Hospital e Maternidade Santo Agostinho é um hospital de pequeno porte (até 50 leitos), conta com 27 colaboradores (5 médicos e 11 na enfermagem) e atende em média 630 pacientes por mês. Os mineradores e os comerciantes de ouro são assistidos frequentemente e os povos indígenas e ribeirinhas diariamente por esta unidade.

De acordo com a unidade, os maiores riscos de saúde para a população atendida são: diarreias, pneumonia, doenças respiratórias, doenças de pele, tuberculose, malária, acidentes (trabalho e trânsito, incluindo acidentes de moto entre garimpo e a casa). De acordo com o entrevistado, o atendimento à mineradores foi frequente para aqueles que sofreram acidentes de trabalho e ferimentos decorrentes de violência/conflitos e raramente aos picados por animais peçonhentos. O alcoolismo e o uso de droga são considerados problemas entre os mineradores, sendo a intoxicação por mercúrio e seus compostos um risco para todos os grupos (profissionais de saúde, população da cidade em geral, autoridades municipais, mineradores e familiares, comerciantes de ouro e familiares, indígenas e populações ribeirinhas/tradicionais).

Com exceção do atendimento aos comerciantes de ouro, que raramente foram atendidos com intoxicação aguda por mercúrio, o profissional entrevistado não sabia se os demais foram atendidos com algum sintoma de intoxicação por mercúrio.

No mesmo município, Tucumã, o profissional do Centro Ambulatorial de Saúde informou que havia 32 colaboradores no centro (9 médicos e 22 na enfermagem) e que presta 2500 atendimentos no mês. De acordo com o entrevistado, populações ribeirinhas não foram atendidas, frequentemente atendem os povos indígenas e não tinha conhecimento sobre os atendimentos dos mineradores e comerciantes de ouro. Segundo a unidade, os maiores riscos de saúde para a população atendida por esta unidade de saúde são: ortopedia por acidentes de trânsito, especialmente moto.

O entrevistado não soube responder à frequência do atendimento: aos mineradores que sofreram acidentes de trabalho, que sofreram picadas por animais peçonhentos e ferimentos decorrentes de violência/conflitos; a todos os grupos (mineradores, comerciantes de ouro, populações indígenas e ribeirinhas) com suspeita de intoxicação aguda e crônica por mercúrio. Considera que a intoxicação por mercúrio e seus compostos é um risco para os indígenas.

5.6.2.6. Roraima

Em Roraima, o questionário foi respondido pela Vigilância em Saúde Ambiental relacionado às Substâncias Químicas da Coordenadoria Geral de Vigilância em Saúde do Departamento de Vigilância Ambiental, pertencente à Secretaria do Estado de Saúde de Roraima (VIGIQUIM/CGVS/SESAU – RR).

A VIGIQUIM/CGVS/SESAU – RR reporta que foi criado um Grupo Técnico de trabalho e elaboração de Nota Técnica. As ações a serem desempenhadas, bem como as parcerias, estão em processo de construção e em andamento como ações de vigilância em saúde para prevenção e redução à exposição por mercúrio da população. Ressalta, ainda, que após visita da equipe do Ministério da Saúde deu início à elaboração de informativos, Nota Técnica e orientações aos municípios sobre a necessidade de um plano de ações.

Além destes, a SESAU – RR destaca que durante a crise emergencial foram realizadas coletas pelo Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), em parceria com a Fiocruz, bem como pela Polícia Federal, para verificação de Hg na população indígena internada na Casa de Saúde Indígena (CASAI). Ressalta que o Laboratório Central de Roraima não possui estrutura física nem corpo técnico/profissionais em saúde, para o atendimento da referida demanda. A Vigilância Ambiental estadual, através da Coordenadoria de Vigilância em Saúde solicitou a inclusão da demanda de exames específicos para a dosagem de mercúrio.

5.6.2.7. Tocantins

Em Tocantins, os questionários foram enviados apenas para a Secretaria Estadual de Saúde de Tocantins (SES – TO), o qual foi respondido pela Diretoria de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador.

De acordo com a SES – TO, dos exemplos citados no questionário, são realizadas ações como: (i) Identificação, caracterização e monitoramento das populações potencialmente expostas ao mercúrio, incluindo trabalhadores, indígenas, gestantes crianças, dentre outros; (ii) Investigação epidemiológica dos casos; (iii) Identificação de utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) dos trabalhadores de garimpos de ouro e medidas protetivas para minimizar a exposição destes ao Hg, como retortas e exaustores nos centros de amalgamação. Porém, até

o momento não existe um fluxo para acompanhamento dos casos suspeitos e confirmados de exposição ou de intoxicação por mercúrio.

Salientam que os questionamentos realizados nas entrevistas com trabalhadores são relacionados: os casos de intoxicação exógena em trabalhadores de garimpos atendidos pela unidade, fluxo de encaminhamento e acompanhamento para alta complexidade, tal como acompanhamento da saúde dos trabalhadores dos garimpos. Reportam que com relação à VSA, é utilizada uma ficha de campo para identificação de áreas com populações expostas ou potencialmente expostas a contaminantes químicos. Sendo assim, são realizadas ações de levantamento e cadastros dessas áreas.

Entre as ações intra e intersetoriais, destacam ações para intoxicação exógena relacionada ao trabalho desencadeada por qualquer tipo de exposição química nos municípios, não específico para mercúrio. As ações intrasetoriais são com a rede SUS, assistência (primária, média e alta complexidade), vigilância em saúde ambiental estadual e rede estadual de vigilância hospitalar. Dentre as ações intersetoriais, salientam acordo de cooperação celebrado com algumas instituições, dentre elas o Ministério Público do Trabalho, Instituto Nacional do Seguro Social, bem como com a SMS, com controle social (conselhos, sindicatos, associações) e comunidade tradicionais. Informam, ainda, que são registrados nos SINAN os casos suspeitos e confirmados de intoxicação exógena por mercúrio.

5.6.3. Análise da atuação do setor saúde na Amazônia

Diversas ações e intervenções voltadas aos riscos específicos relacionados ao mercúrio na população vulnerável estão sendo realizadas por instituições públicas da administração, nas esferas federal, estadual, municipal e distritos, e de gestão indireta. Ainda assim, não foi possível identificar quais são as diretrizes, ações estratégicas e metas que definem e implementem programas integrados, como os de vigilância (VSPEM) e atenção à saúde para as populações expostas ao mercúrio. Cumpre mencionar que as diretrizes podem direcionar e fortalecer os planos de ação específicos e regionais, estes os quais podem compor e se adequar aos programas.

De acordo com os órgãos, a Vigilância em Saúde de Populações Expostas ao Mercúrio (VSPEM) encontra-se em fase de elaboração e implementação em alguns estados e municípios. No entanto, reitera-se que não foi possível compreender quais

são as diretrizes e ações que compõem o programa supracitado por vias oficiais de comunicação.

Alguns órgãos competentes reportam que não foi implantado o Programa de VSPEM e que, portanto, não existem ações específicas voltadas para esta vigilância, ou que o estado se encontra em fase inicial do referido programa e aguarda maiores informações, como por exemplo informações trazidas pela FVS-RCP/DVA/SES – AM e Coordenação de Vigilância Ambiental e Endemias da SMS de Parauapebas, respectivamente.

Além disso, a clandestinidade das atividades que envolvem a extração do ouro em alguns estados foi apontada como uma das principais dificuldades enfrentadas pelas secretarias estaduais, como por exemplo, a SES – MA e SES – TO. Destacam as dificuldades de acesso aos territórios para a execução e avanço das ações de vigilância daqueles expostos ou potencialmente expostos ao mercúrio, que representam riscos para a segurança dos agentes de saúde. O CEREST Estadual do Amapá menciona, ainda, a ausência de integração com órgãos fiscalizadores das atividades minerárias.

Vale menção à ausência de conhecimento de profissionais entrevistados sobre a frequência de atendimento aos pacientes com possíveis sintomas de intoxicação por mercúrio nas unidades de saúde ou o relato da inexistência de atendimento a estes pacientes em populações potencialmente expostas ao agente.

Ou seja, a maioria das respostas foram “não saber” ou “nunca” para o questionamento sobre a frequência de atendimento aos mineradores, comerciantes de ouro e indígenas com suspeita de intoxicação aguda por mercúrio. Destas unidades, cinco responderam “sim” ao questionamento “*na sua opinião, esta unidade de saúde está capacitada a prestar atendimento a casos de intoxicação por mercúrio?*” e são unidades mais bem equipadas do que as UBS, oferecendo ao menos um nível intermediário de atenção à saúde.

Até mesmo as UBS, unidades que provavelmente não possuem todos os equipamentos, insumos e capacidade laboratorial necessários para confirmar intoxicações por mercúrio nas populações vulneráveis, podem oferecer suporte com profissionais especializados para realizar uma triagem adequada com uma anamnese detalhada e identificar ou reconhecer possíveis sintomas que podem indicar uma suspeita de intoxicação por mercúrio.

Para confirmar a suspeita e identificar com maior precisão a intoxicação por mercúrio, os profissionais das UBS ou das unidades sem infraestrutura suficiente devem seguir o fluxo de encaminhamento até os laboratórios de referência que colaboram com os estabelecimentos para realizar análises mais especializadas. Portanto, é importante uma boa integração e comunicação entre as unidades de atendimento e os centros de saúde especializados para garantir um diagnóstico, tratamento e acompanhamento adequado dos pacientes.

Além disso, conforme apresentada na tabela 6, os postos de saúde e pronto-socorro são as unidades mais procuradas pelos mineradores para atendimento, caso estes adoecem ou tenham problemas de saúde. Cumpre mencionar que quanto às demais populações e trabalhadores, incluindo de áreas com atividades ilegais de extração de ouro, as entrevistas não foram realizadas pelo presente projeto. Entretanto, entende-se como importante e necessária uma melhor investigação com relação aos agravos e problemas de saúde, tal como atendimento dessas populações.

Nesse sentido, a conscientização e a capacitação dos profissionais de saúde para uma investigação mais criteriosa para reconhecer os sinais e sintomas da intoxicação por mercúrio – além do conhecimento dos profissionais sobre quando e para onde encaminhar os pacientes para exames mais específicos – podem contribuir significativamente para um melhor diagnóstico, tratamento e acompanhamento dos pacientes. Estas medidas podem também auxiliar na redução da subnotificação destas intoxicações nos sistemas de informação de saúde e na orientação dos profissionais aos pacientes sobre os riscos da exposição ao mercúrio e medidas preventivas.

Os profissionais de saúde tendem a não ter conhecimento básico sobre a intoxicação por mercúrio, em comparação com as doenças que já têm uma alta prevalência na população em geral (por exemplo, para malária, tuberculose) (ACG, 2024).

Como forma de iniciativas propostas pelas instituições de saúde para mudanças em termos de educação e conscientização para melhorar a percepção do risco do mercúrio, transcrevem-se algumas:

“Palestras para os garimpeiros, profissionais de saúde no sentido de conscientização” (UBS de Saúde Distrito de Lourenço/Calçoene/AP);

“Programas para os próprios funcionários da saúde para que soubessem lidar e perceber melhor os riscos” (Hospital de Clínicas Doutor Alberto Lima/Macapá/AP);

“Capacitar os próprios servidores da saúde, orientar os garimpeiros que sabem do risco, mas dependem do mercúrio” (SMS Manicoré/AM);

“Melhorar a conscientização de epis, focando na própria saúde, já que eles não acreditam que poluem o rio” (UBS Fluvial/Manicoré/AM).

“Informação de autoproteção. Ação Educativa junto aos donos de garimpo e comerciante de ouro. Difícil até de sugerir porque não tem registros e práticas e fluxos sobre o assunto. Mas ainda assim seria bem-vindo informações, campanhas, capacitações. Afirmam que o mercúrio não parece ameaçador como outras doenças como malária, dengue, hanseníase...” (Escritório Regional de Saúde/Peixoto de Azevedo/MT); e

“Abordar de maneira mais franca essa questão é essencial. Implementar um programa de treinamento abrangente para a equipe de saúde, abrangendo todos os profissionais, incluindo os médicos, quando se trata do diagnóstico de casos envolvendo mercúrio. O que percebe é que quer parecer ser melhor não tocar no assunto, que os profissionais de saúde saibam cada vez menos, tipo um tabu, em que se foge das perguntas. Como se comprasse o silêncio sobre o assunto do mercúrio para não gerar problemas e fiscalização. A prostituição a mesma coisa” (UPA Charles Frederico Fumière/Peixoto de Azevedo/MT).

No que tange à capacitação, a maior parte das unidades de atendimento de saúde entrevistada relata despreparo ou falta de capacitação para prestar o devido atendimento aos intoxicados por mercúrio (Hospital de Clínicas Doutor Alberto Lima; UBS Fluvial; UPA Charles Frederico Fumière; UBS Jardim do Ouro; UBS e Francisco de Assis Macedo da Silva; e UBS Distrito de Lourenço).

Adicionalmente, os DSEI, CEREST também relataram a ausência de capacitação dos profissionais de saúde para um diagnóstico e tratamento de indivíduos com suspeita ou confirmados de exposição e intoxicação ao mercúrio (por exemplo, DIASI/DSEI – ARS; DIASI/DSEI PVH; DIASI/DSEI - AMP; SMS de Manicoré; CEREST Estadual do Amapá; SMS de Pedra Branca do Amapari). Recordam, ainda,

que existe uma rotatividade de profissionais capacitados, como no caso da DIASI/DSEI – PVH.

O DSEI Rio Tapajós reporta que existe pouco conhecimento dos profissionais de saúde sobre os riscos e sintomas associados à exposição ao mercúrio de forma prática e aplicada em suas rotinas de atendimento e não possuem atualmente profissionais capacitados para realizar o diagnóstico específico de intoxicação por mercúrio. Todavia, reportou que 112 colaboradores possuem capacitação adequada para realizar o monitoramento e acompanhamento dos pacientes indígenas suspeitos ou expostos a esse metal. Neste ponto, o DSEI Rio Tapajós desenvolveu uma ficha de monitoramento para os pacientes confirmados com intoxicação por mercúrio, a qual facilita o acompanhamento e controle mais efetivo desses indivíduos afetados pelo metal.

A literatura reconhece que os profissionais de saúde não são treinados para distinguir a toxicidade do mercúrio no contexto das doenças endêmicas da região (HACON et al., 2008; SANTOS, 1993; SANTOS et al., 1992). Para tanto, existem recomendações para a elaboração de um protocolo de atenção aos indivíduos contaminados ou intoxicados por mercúrio no país (ANDRADE, 2015; BASTA et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2021).

Em termos de capacidade laboratorial (analítica e técnica), considera-se importante realizar um levantamento mais aprofundado da capacidade da rede de saúde para determinar o mercúrio nas populações da Amazônia e fortalecer as capacidades de acordo com as necessidades locais (vide item “6 *Recomendações*”). Este trabalho forneceu informações preliminares para uma avaliação adequada.

A SES – RR, SES – TO e DSEI – Amapá e Norte do Pará reportam que os laboratórios não possuem instalações suficientes para realizar exames especializados para identificação do mercúrio em amostras biológicas. Por exemplo, no Estado do Amapá é necessário encaminhar a amostra para fora do estado para análise de mercúrio.

Em Pedra Branca do Amapari/AP, a SMS propõe a estruturação da rede de referência no estado, de forma a garantir o fluxo de encaminhamento para laboratórios de referência, amostras de monitoramento ambiental e de análises biológicas relacionadas à exposição ao Hg. Segundo a SMS, existem áreas identificadas no município que apresentam alto risco de contaminação por mercúrio, que, no entanto,

não são caracterizadas devido à impossibilidade de análise dos indicadores de qualidade do ar e da água.

A SES – RR reporta que solicitou a inclusão da demanda de exames específicos para a dosagem de mercúrio. Os estabelecimentos de saúde reforçam essa narrativa, pois muitos responderam por “laboratórios” e “equipamentos” e “recursos para outros procedimentos de saúde e UTI” como melhoria para a capacidade de diagnóstico e atendimento de intoxicações por mercúrio da unidade de saúde.

Soma-se a essas dificuldades a necessidade de aprimorar o diagnóstico situacional diante da exposição humana ao mercúrio na população Amazônica. Conforme apresentado neste capítulo e reforçado por alguns profissionais das unidades de atendimento à saúde, como em Poconé/MT e Tucumã/PA, há também carência de estudos sobre a temática na região. A ampliação de estudos nas áreas pode também auxiliar na sensibilização dos profissionais, deixando-os mais atentos aos sintomas de intoxicação por mercúrio.

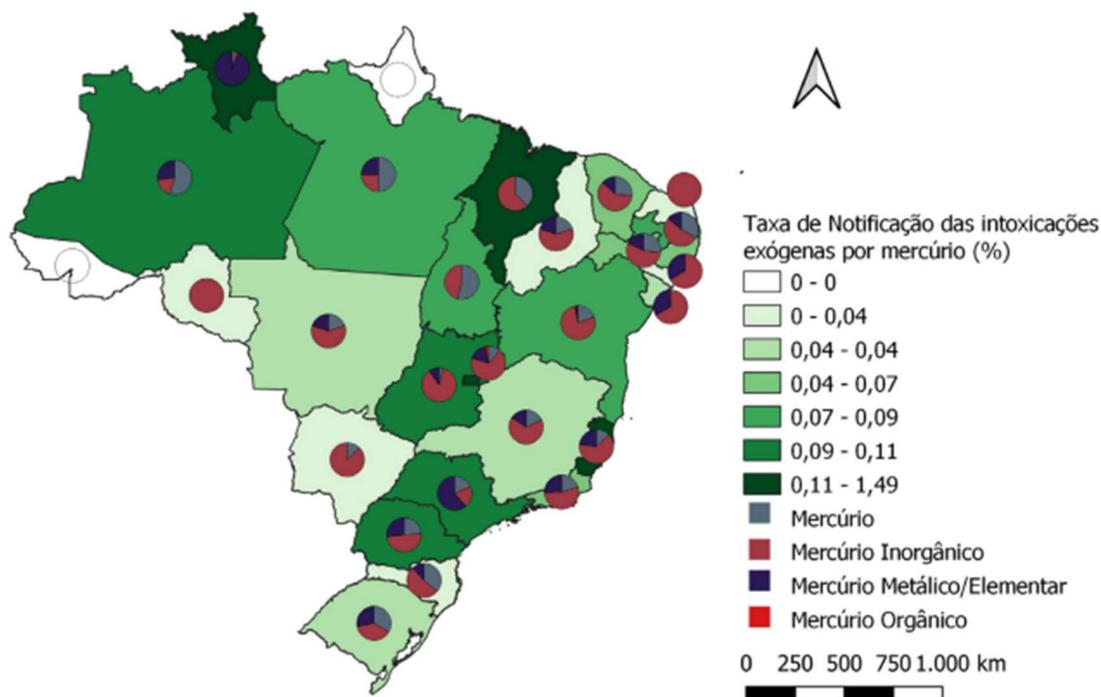
Além disso, há uma insuficiência no acompanhamento epidemiológico e ausência de notificação compulsória de intoxicação exógena (IE) por mercúrio pelas autoridades competentes, embora investigações ativas dos casos tenham sido informadas pelos órgãos competentes. A epidemiologia da população amazônica é amplamente dependente de pesquisas da comunidade científica (SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021).

Neste contexto, as estatísticas oficiais e sistemas de informação de vigilância epidemiológica registram poucos casos de intoxicação mercurial no país. Foram notificados no SINAN – sistema oficial do Ministério da Saúde (MS) – somente **1.103** casos de IE por mercúrio em toda a população brasileira, entre o período de 2006 a 2021. Curiosamente, as taxas de notificação das intoxicações por mercúrio representam menos de 1% do total de casos registrados no SINAN no mesmo período, e os Estados de Roraima e Maranhão, juntamente com o Distrito Federal, correspondem as maiores taxas de notificação de IE por mercúrio (1,49%, 0,11% e 0,12%, respectivamente) (Figura 30) (BRASIL, 2023).

Esses dados são os mais recentes publicados pelo governo federal no que tange à análise de situação de saúde ambiental e caracterização epidemiológica relacionado às intoxicações por mercúrio das populações do país, os quais estão

contidas no Boletim Epidemiológico sobre Intoxicações por mercúrio no Brasil, de 2006 a 2021 (BRASIL, 2023).

Figura 30. Taxas de notificação das intoxicações exógenas por mercúrio registradas no SINAN entre 2006 e 2021



Fonte: SINAN – Dados em 20/09/2022, adaptado por CODAS/CGVAM/DSAST/SVSA (BRASIL, 2023).

Ainda, há apenas 10 registros de notificações envolvendo trabalhadores que se dedicam as atividades de extração de ouro. Tais registros foram realizados nos anos de 2013, 2016, 2019 nos estados do Amazonas (3), Pará (1), Maranhão (1), Tocantins (1), Pernambuco (1), Mato Grosso (1), Minas Gerais (1) e São Paulo (1). A baixa frequência pode estar relacionada à omissão de autodeclaração de ocupação com o intuito de não evidenciar a atuação em atividades ilegais e que os trabalhadores não se dirijam aos estabelecimentos de saúde em busca de atendimento (BRASIL, 2023).

A este último ponto, acrescenta-se que existe um afastamento entre as autoridades e os trabalhadores envolvidos nas atividades de extração de ouro em inúmeras localidades, e devido às dificuldades de acesso aos territórios deste setor,

sobretudo ilegais, para execução e avanço das ações de saúde, conforme reportado pelas autoridades competentes.

Ressalta-se que 68,09% (751) dos casos não preenchem o campo “ocupação.” (nº 32 da Ficha de Intoxicação Exógena). Existem ausência de preenchimento também dos campos dos registros referentes ao local de exposição (15,14% - 167) (Figura 31), escolaridade (71,44% - 788) e evolução do caso (24,38%).

Figura 31. Distribuição dos casos em relação ao local de exposição, a circunstância da intoxicação exógena e a via de exposição por mercúrio, no Brasil de 2006 e 2021.



Fonte: SINAN – Dados em 20/09/2022, conteúdo adaptado por Codas/Cgvam/Dsast/SVSA (BRASIL, 2023).

Os casos mais frequentes de notificação dos casos suspeitos e confirmados de intoxicação por mercúrio foram ocorridos pela via digestiva, em residência com manifestação aguda, evoluindo para sequelas. As crianças de 0 a 5 anos foram as mais acometidas, seguidas por adultos de 41 a 50 anos. A razão para a maior incidência dos casos em crianças no ambiente doméstico pode ser devido à quebra acidental de termômetros, pilhas e baterias (BRASIL, 2023).

Os trabalhadores de saúde bucal, indígenas e mulheres tiveram representatividade considerável nas notificações ocorridas no período em análise. Portanto, a partir desses dados é possível perceber uma desconexão entre o sistema de informação em saúde brasileiro e os casos de contaminação por Hg na Amazônia, considerando a elevada prevalência de contaminação por mercúrio nessa população.

Outro importante aspecto é em relação ao registro por subespécie do mercúrio no SINAN. O mercúrio orgânico (exposição ambiental principalmente através do consumo de pescado contaminados com MeHg) foi responsável por apenas um caso, notificado no Distrito Federal em 2020. A ausência de outros casos de IE por MeHg é um fato que merece a atenção das autoridades de saúde pública para reconhecer a ocorrência desse tipo de intoxicação (BRASIL, 2023).

Diante dos fatos, três aspectos sobrepostos merecem destaque: (i) a questionável preparação e formação dos profissionais de saúde para distinguir entre subespécies de mercúrio em diferentes circunstâncias e exposições para a adequada notificação; (ii) incompletude e inconsistências dos campos da ficha de intoxicação exógena; e (iii) subnotificação dos casos de intoxicação pelos órgãos competentes, unidades de saúde e pesquisadores.

Quanto ao item “(iii)”, segundo a Gerência de Atenção Básica à Saúde da SMS de Pedra Branca de Amapari/AP, uma das principais dificuldades encontradas pela secretaria para efetiva atenção à saúde das populações expostas ou potencialmente expostas ao mercúrio é a notificação dos casos nos estabelecimentos de saúde, principalmente na Unidade Mista de Saúde, que é a referência municipal em urgência e emergência.

Conforme discutido extensivamente neste trabalho, o número de indivíduos expostos, potencialmente expostos e intoxicados por mercúrio estimado em evidências é elevado na Amazônia Legal. É importante ressaltar que esses números não foram exauridos, pois existem outros estudos que não foram contemplados nos itens apresentados. Esse quantitativo de indivíduos pode entrar na estimativa de suspeita ou confirmação de doença ou agravos para a notificação compulsória.

Portanto, a elevada subnotificação no país é uma temática de interesse para discussões em reuniões e fóruns entre profissionais das instituições de saúde em todas as suas esferas de gestão e a comunidade científica. Uma alternativa sugestiva quanto às pesquisas e estudos em saúde é o encaminhamento das investigações

realizadas pelos pesquisadores às SMS correspondentes aos estudos realizados, com a autorização dos indivíduos avaliados, para a devida notificação dos casos de suspeita e confirmação de intoxicação por mercúrio. Neste ponto, cabe mencionar também a importância de registro dos sintomas característicos de intoxicação por mercúrio relatados pelos (as) trabalhadores(as) nas entrevistas pelo presente projeto (suspeita de intoxicação por mercúrio) no SINAN, com autorização para tal, conforme sugerido em reunião com o Ministério da Saúde.

Adicionalmente, conforme proposto pelo DIASI/DSEI – PVH é importante pactuar junto às equipes os fluxos de notificações, conforme Manual de Orientações para a Notificação de Intoxicações por Mercúrio (BRASIL, 2021a), Ficha de Notificação e Instruções para Preenchimento da Ficha de Investigação Exógena do SINAN¹⁰. É importante, ainda, a capacitação de forma a evitar retrabalhos e transtornos nos fluxos de informações, conforme sugerido.

A subnotificação é amplamente conhecida pelos pesquisadores (CRESPO-LOPEZ et al., 2021; SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021) e estudos anteriores retratam a deficiência do sistema de informação em saúde do país e os casos de contaminação por Hg na Amazônia (MENESES et al., 2022).

Além das subnotificações, a falta de completude de algumas variáveis, inconsistências e preenchimento insatisfatório da ficha de intoxicação exógenas impactam no delineamento do perfil epidemiológico e tomadas de decisões das autoridades públicas de saúde (BRASIL, 2023). Impactam, ainda, na conscientização das comunidades quanto a realidade da exposição e intoxicação local e do seu estado.

Por fim, em termos de contextualização, o Sinan é alimentado pela notificação e investigação de casos de doenças e agravos que constam da lista nacional de doenças, agravos e eventos de saúde pública. A notificação dos casos suspeitos e confirmados de intoxicação por mercúrio é semanal, devendo estes ser inseridos no SINAN por meio da ficha de investigação de intoxicação exógena (CID 10 T65.9 – Código de “Intoxicação Exógena”). A notificação é obrigatória para os médicos, outros profissionais de saúde ou os responsáveis pelos estabelecimentos de saúde, públicos e privados, e que prestam assistência ao paciente. A unidade de saúde que atende o paciente preenche a ficha e encaminha à Secretaria Municipal de Saúde (SMS). SMS

¹⁰ <https://portalsinan.saude.gov.br/intoxicacao-exogena>

do município que atendeu o caso faz o registro da ficha no SINAN e procede à investigação epidemiológica do caso.

Para o DSEI, a intoxicação deverá ser registrada no módulo de morbidades do SIASI, com o código CID 10 T56.1 - efeito tóxico do mercúrio e seus compostos. Além disso, o Dsei deverá preencher a ficha e encaminhar para a Secretaria Municipal de Saúde. Isso significa que são utilizados sistemas e códigos diferentes para o mesmo tipo de intoxicação, o que pode afetar também a quantificação dos registros.

Acrescenta-se, ainda, a resposta da DIASI/DSEI – AMP ao questionário encaminhado para saber se foram registrados casos suspeitos e confirmados de exposição e intoxicação por Hg no SIASI. Os dados de saúde são coletados pelas organizações não governamentais. Para tanto, segundo o DSEI é necessária a confirmação oficial antes da inserção dos dados, uma vez que os testes não são realizados pelo DSEI, mas sim por ONGs que atuam no distrito.

Adicionalmente, reitera-se que além das exposições ambientais e ocupacionais aos contaminantes químicos, incluindo o mercúrio, doenças endêmicas e respiratórias, higiene básica e inadequada, baixa renda, condições penosas de trabalho, e preocupações com a saúde, como a reprodutiva e desenvolvimento infantil, alcoolismo e drogas são problemas comuns que afetam os habitantes da Amazônia⁷⁶⁵.

A resolução ou controle requer intervenções complexas, alternativas econômicas sustentáveis, ampliação do financiamento à saúde e um denso aprimoramento dos modelos assistenciais e rotinas organizacionais capazes de melhorar o desempenho da atenção primária (ALBUQUERQUE et al., 2019) e planejamento da vigilância à saúde na região.

Desde meados da década de 1990, há relato na literatura de que serviços de saúde locais na Amazônia não monitoram adequadamente os riscos à saúde decorrentes da exposição ao mercúrio. As singularidades da região trazem enormes desafios em termos da integração nacional e da integração do Brasil com outros países, face à extensa área de fronteiras internacionais e à multiplicidade de interesses e organizações presentes na região (VIANA et al., 2007).

A Amazônia possui um cenário socioambiental heterogêneo e multidimensional. Os indicadores sociais, econômicos e sanitários são também muito díspares, associada ao crescimento demográfico e econômico acelerado, com

massiva concentração de renda e condições de vida amplamente desfavoráveis para a maioria da população (GARNELO, 2019).

No conjunto, essa população tem oferta insuficiente de serviços públicos de toda ordem, incluindo dificuldades de infraestrutura, em particular comunicação e transportes (IBGE, 2018 *apud* GARNELO, 2019). O modelo econômico predominante se caracteriza pela exploração predatória dos recursos naturais (SANTOS et al., 2018).

No caso específico da saúde, as barreiras geográficas costumam ser apontadas como dificuldades que obstaculizam a provisão de ações interiorizadas e o acesso à saúde, seja na atenção primária, seja na média e alta complexidade, sendo as duas últimas fortemente concentradas nas capitais da região Norte (GARNELO, 2019).

Ainda que a parca autonomia política financeira e administrativa dos pequenos municípios amazônicos seja problema há muito identificados por pesquisadores e gestores, persiste a falta de iniciativas integradoras que facilitem a gestão colegiada, a partilha integrada de tecnologia entre os sistemas municipais de saúde e reduzam a assimetria entre eles (GARNELO; SOUZA; SILVA, 2017). É importante sempre considerar que reduzir desigualdades, ampliar o conceito de saúde e cuidar de seu povo, foi e continua sendo a aposta de um sistema universal de saúde no Brasil (LOUVINSON, 2019).

A baixa densidade demográfica de populações rurais amazônicas resulta em pequeno número de cadastrados como base de cálculo de repasse de recursos a municípios, cujo acesso demanda um custo operacional elevado devido às distâncias geográficas. Tal cenário tende a exacerbar a insuficiência do custeio das ações de sistemas municipais de saúde cronicamente fragilizados e com dificuldade em manter coberturas assistenciais adequadas (GARNELO, 2019).

De acordo com ALBUQUERQUE et al. (2019), quanto maior o nível de desenvolvimento socioeconômico e da oferta de serviços, melhor o desempenho da regionalização da vigilância em saúde, e que as dimensões “Organização” e “Política” alcançam melhores escores e a “Estrutura” apresenta maior debilidade. A insuficiente disponibilidade de recursos físicos, humanos e financeiros dificulta o avanço da política de regionalização e o alcance do objetivo, a constituição de um sistema de saúde universal e integrado, com ações e serviços coordenados.

A despeito do progresso nas políticas de saúde no Brasil ao longo dos anos, a gestão dos recursos humanos convive com dificuldades relacionadas com a precariedade dos vínculos, contratações que não consideram as necessidades do setor, baixos salários e falta de planos de cargos e carreira, entre outros aspectos, acarretando a insuficiência de equipes para a execução das ações, as relações temporárias de trabalho e a baixa qualificação técnica em nível local (ALBUQUERQUE et al., 2019).

A análise do desempenho da regionalização da vigilância em saúde retrata a complexidade de contextos de diferentes regiões brasileiras, o que contribui para o entendimento da dinâmica da regionalização da vigilância em saúde no país, explicitando suas concepções e práticas de gestão e suscitando a necessidade de investimentos adicionais para sua estruturação e produção de normativas que balizem o compartilhamento de atribuições, recursos humanos e materiais na região de saúde, bem como de fontes de financiamento regional para potencializar as ações (ALBUQUERQUE; MOTA; FELISBERTO, 2015; ALBUQUERQUE et al., 2019).

Muitos são os desafios a serem enfrentados no desenvolvimento de uma política regional de saúde para a Amazônia Legal: alto crescimento demográfico; expansão de pequenos e médios municípios; pouco desenvolvimento institucional no processo de descentralização na área social (limitada autonomia e baixa qualidade da gestão); limitado impacto das mudanças no financiamento federal da saúde na região; o caráter dos investimentos federais, geradores mais de governabilidade do que de equidade; e a persistente dificuldade de fixação de recursos humanos (VIANA et al., 2007).

6. RECOMENDAÇÕES

O planejamento efetivo para reduzir, controlar e, se possível, eliminar os riscos à saúde das populações potencialmente expostas e expostas ao mercúrio, próximas ou fora das áreas de extração de ouro, requer uma abordagem abrangente, coordenada e permanente. Para atingir os objetivos, são essenciais esforços colaborativos e contínuos, desde a elaboração até a implementação do PAN, entre a equipe do presente projeto, autoridades governamentais, estabelecimentos de saúde, empresas públicas e privadas, setores acadêmicos, organizações não governamentais, comunidades ou líderes locais, cooperativas, dentre outros.

Entende-se que a aproximação e a participação de representantes de mecanismos internacionais de integração, como os da OTCA, também são importantes para o apoio no desenvolvimento e implementação do plano de ação. Isso porque existem diversas ações realizadas ou em planejamento por estas organizações, dentre as quais incluem os impactos transfronteiriços no país e boas práticas, que podem subsidiar o plano de ação.

Para tal, são propostas algumas recomendações e ações integradas e articuladas para compor o PAN para a MAPE de ouro da Amazônia, são elas:

1. Constituir um Comitê Técnico para coordenar as questões multisetoriais relacionadas à MAPE de ouro e emissões de mercúrio no território no âmbito nacional, estadual e municipal e subgrupos técnicos para discutir temáticas específicas;
2. Elaborar e implementar um plano de monitoramento ambiental;
3. Desenvolver e implementar um plano de gestão de risco à saúde:
 - a) Articulação intersetorial entre órgãos ambientais, de saúde e segurança alimentar e demais setores competentes;
 - b) Elaborar e implementar o Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas para Intoxicação por Mercúrio (previsto no Plano Setorial de Minamata – ação 4.3 do Eixo 4 (BRASIL, 2020));
 - c) Realizar o levantamento e mapeamento de infraestruturas, equipamentos, insumos médicos, suprimentos e recursos humanos capacitados de estabelecimentos e autoridades de saúde em polos de extração de ouro e priorizar investimentos e melhorias;

- d) Avaliar a capacidade analítica e técnica de determinação de mercúrio nas populações da Amazônia e fortalecer as capacidades, em conformidade com as necessidades;
- e) Educação permanente/continuada
- f) Desenvolver o biomonitoramento humano contínuo a médio e longo prazo ao mercúrio;
- g) Criar banco de dados georreferenciados;
- h) Estabelecer um programa de pesquisa em saúde para discutir linhas de pesquisas existentes e desenvolver estudos científicos e tecnológicos;
- i) Conscientização, sensibilização e comunicação de saúde (exposição ambiental e ocupacional).

1. Constituir um Comitê Técnico para coordenar as questões multisetoriais relacionadas à MAPE de ouro e emissões de mercúrio no território no âmbito nacional, estadual e municipal e subgrupos técnicos para discutir temáticas específicas

A institucionalização de Comitê e Grupos Técnicos resultará uma abordagem colaborativa, inclusiva e eficaz para abordar as questões complexas relacionadas com a extração de ouro e às emissões de mercúrio, tendo em conta as diferentes realidades do país. Esta estrutura facilitará a comunicação e a integração de esforços e políticas entre setores, evitando assim a duplicação de esforços. Poderão ser discutidas propostas e estratégias de temáticas específicas como utilização de tecnologia de mineração limpa; melhorias dos aspectos legais e regulatórios para o devido controle e uso do mercúrio; proteção ao meio ambiente e gestão de riscos à saúde pública, incluindo o bem-estar, prevenção, proteção, educação à saúde das populações vulneráveis ao mercúrio, dentre outros.

Para tanto, serão necessárias reuniões e discussões periódicas para troca de informações, possibilitando respostas rápidas aos desafios emergentes, monitoramento no desempenho das atividades em curso, avaliação da eficácia das medidas adotadas no plano, oportunidades de inovação e melhorias de acordo com os resultados do monitoramento das ações e diretrizes propostas. Importante destacar

também a participação popular no Comitê, para adequação das propostas do PAN em conformidade com a realidade local.

Ainda, menciona-se que a Comissão Nacional de Segurança Química (CONASQ) foi recriada com o Decreto nº 11.686, de 5 de setembro de 2023, a qual coordena o gerenciamento ambientalmente adequado de substâncias químicas no país, com objetivo de proteger a saúde humana e o meio ambiente. A CONASQ estabeleceu um Grupo de Trabalho permanente para a implementação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio para tratar das medidas relacionadas com a eliminação da contaminação por mercúrio, com vistas a possibilitar a articulação e coordenação de ações entre Ministérios, agências governamentais, setores da indústria e sociedade civil. Seria, portanto, de suma importância trabalhos em conjunto com a CONASQ, considerando os aspectos de saúde.

2. Elaborar e implementar um plano de monitoramento ambiental

Em complemento aos dados existentes, é importante estabelecer e implementar um plano de monitoramento ambiental em territórios tradicionais e áreas urbanas na Amazônia, dentre os quais incluem: aumento da capacidade analítica e monitoramento dos níveis de mercúrio em peixes e em organismos aquáticos consumidos, no ar, água, solo, sedimentos e alimentos cultivados (exemplo, arroz e mandioca) em áreas próximas à extração de ouro e afetadas por outras fontes de emissão de mercúrio. Para tal, utilizar métodos de coleta de amostras e analíticos padronizados e robustos, técnicas de rastreamento, mapeamento geográfico e modelagem ambiental para identificação dos principais pontos críticos e fontes de emissão de mercúrio; e produzir mapas de riscos locais.

Com base nesses dados, as autoridades ambientais, de saúde e segurança alimentar, as instituições de pesquisa, as universidades e organizações de conservação ambiental poderão trabalhar em conjunto para subsidiar estratégias de segurança alimentar e proteção ambiental, incluindo a melhoria dos regulamentos e políticas; treinamentos e sensibilização para a redução do impacto ambiental; e ações de conservação socioambientais e alternativas econômicas sustentáveis, em especial àquelas impactadas pela extração de ouro.

3. Desenvolver e implementar um plano de gestão de risco à saúde

Entende-se como plano de gestão de risco à saúde para casos de populações expostas ou potencialmente expostas ao mercúrio, um plano que contenha uma série de componentes para identificar, avaliar, reduzir, monitorar e acompanhar os riscos à saúde dos indivíduos expostos, potencialmente expostos e intoxicados ao mercúrio. Nesse contexto, o plano deve conter aproveitamento e adequação dos dados do plano de monitoramento ambiental para análise dos grupos de indivíduos em risco, com a avaliação de risco à saúde; investigação clínica, epidemiológica, toxicológica e biomonitoramento humano mediante ações governamentais e não governamentais. Nesse aspecto, é importante a colaboração da comunidade científica na promoção de programa de pesquisas em saúde e desenvolvimento científico; elaboração de protocolo clínico para intoxicações por mercúrio; e campanhas de educação comunitária, sensibilização e capacitação de profissionais, e comunicação de saúde, com elaboração de materiais educativos e formulação de políticas públicas em saúde.

Medidas mais eficazes poderiam compor um plano mais amplo que incluía diretrizes, metas e ações estratégicas de atenção e vigilância em saúde (pertinentes à exposição ambiental e ocupacional), a serem implementadas em colaboração com as autoridades relevantes nas três esferas de gestão, comunidade científica e engajamento com comunidades locais ou líderes comunitários. As diretrizes poderiam fortalecer os planos de ação específicos e regionais, respeitando as limitações, especificidades, e necessidades de cada localidade.

Em concordância com VIANA et al. (2007), recomenda-se a construção de planos e políticas regionais que expressem estratégias de desenvolvimento, proteção social e saúde para as populações amazônicas em áreas que não possuem tais planos/políticas, levando em consideração as diversas realidades da região. Existem diferenças inter territoriais geográficas, culturais, econômicas, sanitárias, tecnológica, sociais e físicas, dificultando a concretização de políticas nacionais abrangentes que integrem as realidades de cada território.

Esse trabalho conjunto poderá permitir a identificação, o monitoramento e o acompanhamento a saúde de indivíduos vulneráveis ao mercúrio, sobretudo aqueles que apresentam altos níveis de Hg em matrizes biológicas, em especial mulheres em idade fértil, gestantes e crianças, bem como o desenvolvimento de soluções sensíveis às necessidades locais.

É também importante reforçar as ações de inspeção, fiscalização, vigilância, regulação e controle para identificar os riscos à saúde pública, incluindo dos trabalhadores(as) de áreas de extração de ouro que manuseiam o mercúrio, adoção de procedimentos eficazes, e diagnosticar, tratar e acompanhar os indivíduos intoxicados ao metal e seus compostos.

Quanto à inspeção da segurança e saúde dos trabalhadores(as), vale a verificação se os sistemas de ventilação podem ser suficientes para capturar e remover vapores de mercúrio dos locais de trabalho, o uso adequado de EPIs e assegurar que o mercúrio seja armazenado e manuseado adequadamente. Importa inferir a avaliação da necessidade e atuação de maior policiamento nas áreas de extração de ouro, sobretudo clandestinas, para a efetiva realização das atividades supracitadas. Por meio dos questionários encaminhados para as autoridades de saúde, é evidente a insegurança de atuação dos profissionais nessas áreas.

Evidências reportam a necessidade de implementação ou aprimoramento de um sistema, plano estratégico ou programa de vigilância em saúde da população vulnerável (ANDRADE, 2015; CASTRO e LIMA, 2018; SANTOS et al., 2003). Reportam também a necessidade de medidas de monitoramento e acompanhamento para pessoas vulneráveis expostas ao mercúrio crônico (OLIVEIRA et al., 2021). É importante que a implementação de um programa de vigilância em saúde ambiental considere o estilo de vida, o comportamento e a dinâmica ecossistêmica da Amazônia (CASTRO e LIMA, 2018).

A avaliação e acompanhamento das condições de saúde pré e pós-intervenção também são essenciais para facilitar a medição objetiva do êxito na reparação da saúde das pessoas reestabelecidas.

a) Articulação intersetorial entre órgãos ambientais, de saúde e segurança alimentar e demais setores competentes

Destaca-se a importância das equipes de saúde do SUS realizarem intervenções conjuntas com os órgãos ambientais competentes, conforme sugerido por DUTRA e colaboradores (2012). Gerar e integrar dados ambientais e de saúde advindos das autoridades ambientais e de saúde, respectivamente, são fundamentais para subsidiar o monitoramento e diagnóstico situacional dessas populações. Além disso, esses dados podem subsidiar a avaliação de risco à saúde humana.

Acrescenta-se às suas competências, o apoio pelas secretarias de saúde municipais no monitoramento da concentração do mercúrio em amostras de peixes de consumo humano. Recomenda-se que as autoridades competentes realizem uma análise do perfil dietético e nutricional dos indivíduos que vivem nas proximidades de possíveis fontes de emissão de mercúrio, sobretudo áreas de extração de ouro, e avaliar as morbidades e mortalidades nestas regiões, contribuindo com um efetivo diagnóstico situacional e epidemiológico das áreas estudadas, identificando os principais grupos de interesse.

Em concordância com a SES – RR, parcerias podem ser formadas com o Ministério da Agricultura e Pecuária, Fundação Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Roraima, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, organizações Sociais e universidades, companhias de águas e esgotos, e secretarias estaduais e municipais de diversos setores competentes. Além disso, conforme realizado por diversos órgãos de saúde, reforça a importância da colaboração com laboratórios de referência e instituições científicas, como o Laboratório Central de Saúde Pública e o Instituto Evandro Chagas, para a coleta e a execução de exames.

b) Elaborar e implementar o Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas para Intoxicação por Mercúrio previsto no Plano Setorial de Minamata – ação 4.3 do Eixo 4)

A elaboração de um protocolo de atenção aos indivíduos contaminados ou intoxicados por mercúrio no país foi recomendada na literatura (ANDRADE, 2015; BASTA et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2021) e pelas instituições de saúde (vide item “5.6 Descrição e análise da organização dos serviços de saúde pública na Amazônia Legal”).

Os profissionais de saúde precisam de diretrizes claras para diagnosticar, tratar e acompanhar os pacientes afetados pela exposição ou intoxicação por mercúrio e reconhecer os sintomas ocasionados pelo mercúrio (que podem ser confundidos com sintomas de outras doenças). Tal protocolo poderá minimizar ou prevenir os riscos à saúde.

Neste ponto, vale reiterar a necessidade na elaboração, publicação do “*Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas para Intoxicação por Mercúrio*” (ação 4.3

do eixo 4 previsto no Plano Setorial de Implementação da Convenção de Minamata sobre Mercúrio do Ministério da Saúde) e implementação deste. Essa ação está em elaboração pelo SUS e visa trazer, com base em evidências científicas, o cuidado integral de saúde para o diagnóstico, o tratamento e o acompanhamento de populações expostas e potencialmente expostas ao mercúrio e seus compostos.

Tal como previsto em algumas ações do Plano Setorial supracitado, como por exemplo, ação 4.4 do eixo 4, é importante que ocorram treinamentos dos profissionais de saúde dos estabelecimentos e órgãos de saúde pública na implementação das recomendações do protocolo, dado que há uma escassez de profissionais de saúde para o efetivo diagnóstico e tratamento de casos suspeitos e confirmados de intoxicação por mercúrio.

c) Realizar o levantamento e mapeamento de infraestruturas, equipamentos, insumos médicos, suprimentos e recursos humanos capacitados de estabelecimentos e autoridades de saúde em polos de extração de ouro e priorizar investimentos e melhorias

Recomenda-se a realização do levantamento e mapeamento de infraestruturas, equipamentos, insumos médicos, suprimentos e recursos humanos de estabelecimentos e autoridades de saúde em áreas vulneráveis à contaminação por mercúrio, a fim de priorizar investimentos e melhorias em conformidade com as necessidades locais para prevenir, promover e recuperar a saúde das populações expostas, potencialmente expostas ou intoxicadas por mercúrio da Amazônia.

Esse levantamento pode fornecer uma base sólida para identificar lacunas, priorizar investimentos e planejar a prevenção e controle da exposição e contaminação das populações em risco. Questionários específicos podem ser encaminhados para os estabelecimentos e autoridades de saúde das áreas de extração de ouro e o investimento pode ser realizado por meio de instrumentos de cooperação entre governo e organizações intergovernamentais (nacional e internacional).

O sucesso do plano dependerá da colaboração entre as autoridades de saúde, organizações, instituições de pesquisas, setor mineral e outras partes interessadas, bem como a possibilidade de investimentos necessários para aprimorar

os serviços em saúde, incluindo a acessibilidade à exames médicos e serviços de emergência, vigilância e atenção à saúde.

Dada a real necessidade de investimento local, é importante avaliar o potencial investimento em uma rede regional de hospitais sentinelas. Esses seriam fundamentais para implementação das estratégias de vigilância, tratamento e acompanhamento de indivíduos com suspeita ou confirmação de intoxicação por mercúrio em áreas próximas aos locais de extração de ouro. Isso incluiria suporte psicossocial e matricial com as unidades de saúde municipais, resposta precoce e intervenções especializadas à intoxicação por mercúrio e a possíveis surtos e a implementação de medidas preventivas. Os hospitais sentinelas também poderiam auxiliar na coleta e no fornecimento de dados de saúde em banco georreferenciado, ações educativas e políticas públicas voltadas à saúde e segurança. Poderiam, ainda, participar ativamente de campanhas de conscientização popular sobre a contaminação por mercúrio local, conjuntamente com os órgãos de saúde pública.

Acrescenta-se que a telemedicina pode ser uma ferramenta alternativa para menores investimentos que, por meio do acesso remoto por profissionais qualificados e voluntários, pode oferecer informações e atenção médica a pacientes distantes.

d) Avaliar a capacidade analítica e técnica de determinação de mercúrio nas populações da Amazônia e fortalecer as capacidades, em conformidade com as necessidades

O aumento da capacidade analítica e técnica de quantificação de mercúrio nas populações da Amazônia foi sugerido na literatura (CASTRO e LIMA, 2018; CRESPO-LOPEZ et al., 2021; SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021).

Recomenda-se identificar e avaliar a capacidade dos laboratórios estatais e privados do país para análise de mercúrio e seus compostos em amostras biológicas e ambientais. A partir desse levantamento e conforme necessidade, aumentar a sua capacidade analítica e técnica em linha com a necessidade de efetivar o biomonitoramento humano e estudos mais aprofundados nas populações amazônicas.

Importante ressaltar que o levantamento de laboratórios estatais está contemplado no tópico seguinte *“levantamento e mapeamento de infraestruturas, equipamentos, insumos médicos, suprimentos e recursos humanos capacitados de*

estabelecimentos e autoridades de saúde em polos de extração de ouro e priorizar investimentos e melhorias”.

Destaca-se a atenção para a localização de laboratórios em regiões estratégicas da Amazônia que facilitam o acesso, conservação e processamento das amostras. Determinações precisas e confiáveis de mercúrio em múltiplas amostras biológicas requerem equipamentos sofisticados e técnicas laboratoriais especializadas. Este último inclui a participação de pessoal treinado, protocolos padrão para transporte e análise de amostras, parcerias e integração de grupos de pesquisa de variadas regiões do país para a disseminação analítica e compartilhar conhecimentos e melhores práticas.

e) Educação permanente/continuada

Recomenda-se desenvolver programas de qualificação de profissionais de saúde para atuarem em diferentes áreas para prevenção, proteção e recuperação à saúde pública, incluindo cuidados clínicos preventivos relacionados à exposição e intoxicação por mercúrio para servirem como multiplicadores de conhecimento, conscientização e melhores práticas. Além destes, é essencial a qualificação de lideranças comunitárias, trabalhadoras e trabalhadores em atividades de extração de ouro. Sugere-se qualificação a curto, médio e longo prazos e práticas como reuniões virtuais, workshops e oficinas.

Portanto, seguem algumas sugestões para elaboração e implementação de capacitações e treinamentos para profissionais de saúde:

- i. Diagnóstico, tratamento e acompanhamento de populações potencialmente expostas, expostas e intoxicadas por mercúrio (em consonância com o protocolo clínico em elaboração pelo SUS);
- ii. Preenchimento adequado da ficha de intoxicação exógena para reduzir a subnotificações de intoxicações exógenas;
- iii. Orientações pertinentes sobre consumo seguro de peixes e riscos associados ao mercúrio;
- iv. Determinações precisas e confiáveis de mercúrio em múltiplas amostras biológicas que requerem técnicas laboratoriais especializadas.

Algumas sugestões para capacitações e treinamentos para trabalhadoras e trabalhadores em atividades de extração de ouro, que podem ser realizadas em parcerias com as instituições de saúde (como Cerest e vigilância em saúde do trabalhador), cooperativas, donos de garimpos:

- v. Riscos do mercúrio à saúde e meio ambiente;
- vi. Métodos seguros de mineração;
- vii. Alternativas de extração de ouro para redução do uso de mercúrio e implementação eficaz;
- viii. Implementação da nova tecnologia para extração e processamento de ouro livre de mercúrio;
- ix. Importância dos EPIs e métodos preventivos para a exposição ao mercúrio;
- x. Detecção precoce de sintomas e mecanismos de respostas.

Deve-se considerar, ainda, a rotatividade de profissionais capacitados, como relatado pela DIASI/DSEI – PVH.

f) Desenvolver o biomonitoramento humano contínuo ao mercúrio a médio e longo prazo

O biomonitoramento humano contínuo foi recomendado em estudos anteriores (CRESPO-LOPEZ et al., 2021; SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021), incluindo biomonitoramento diferencial de populações indígenas próximas às áreas de extração de ouro (SANTOS et al., 2003).

As populações amazônicas estão expostas ao mercúrio e os níveis de exposição podem variar de acordo com a frequência de ingestão/inalação e a taxa de eliminação individual do metal. No entanto, os danos no SNC, especialmente em adultos, são cumulativos. Assim, a análise da associação com desfechos neurológicos seria mais apropriada com múltiplas medidas para captar a exposição do indivíduo ao longo do tempo (SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021).

Cada biomarcador pode fornecer informações relevantes sobre a exposição ao tipo de mercúrio (orgânico vs. inorgânico) e a duração da exposição (aguda vs. crônica). Tomar múltiplas medições de biomarcadores de indivíduos específicos e combiná-los com pesquisas permite uma avaliação mais aprofundada da exposição.

Quando os recursos financeiros são limitados, análise em amostras capilares e de urina são recomendadas (UNEP/WHO, 2008).

Como a quantidade e as espécies de peixes consumidos podem variar a depender da estação do ano, é importante também considerar estas variáveis na detecção e avaliação nas diferenças nos níveis de mercúrio em amostras biológicas. Em algumas localidades, a estação seca é o período em que as práticas de pesca são mais prevalentes, o que pode resultar um aumento potencial dos níveis de mercúrio nas amostras.

Além disso, a combinação de biomarcadores de exposição e intoxicação poderia fornecer suporte adicional para a triagem e identificação precoce de indivíduos de alto risco (ARRIFANO et al. 2018).

Há recomendações de que os estudos epidemiológicos devem priorizar amostras de sangue em áreas urbanas com lojas de ouro, como em Itaituba (DUTRA et al., 2012). Além disso, recomenda-se incluir a dosagem de mercúrio em amostras de cabelo nas rotinas de pré-natal e em programas de acompanhamento do crescimento e desenvolvimento infantil do SUS (BASTA et al., 2021).

Futuros estudos deverão considerar e avaliar a diversidade do país, principalmente em termos de hábitos alimentares, nível socioeconômico e os aspectos culturais, para identificar os níveis de HgT e MeHg no cabelo das crianças brasileiras (FARIAS et al., 2018).

Nesse sentido, ratifica-se as recomendações supracitadas e propõe-se avaliá-las e integrá-las na elaboração e implementação do plano de biomonitoramento humano de mercúrio da população Amazônica, consoante com o programa de vigilância em saúde. O biomonitoramento humano, em conjunto com estudos clínicos e ferramentas epidemiológicas, podem ser usados para: monitorar tendências ao longo do tempo; avaliar a exposição, distribuição e possíveis efeitos à saúde; direcionar esforços para medidas preventivas e cuidado integral individual e coletivo à saúde de populações em risco; avaliar a eficácia de intervenções específicas para reduzir a exposição; e orientar políticas de saúde públicas.

Um possível comportamento bifásico dos fenômenos relacionados ao mercúrio, com consequências que podem não ser observadas em populações com níveis mais baixos, é hipotetizado, apoiando a necessidade de melhorar nosso conhecimento sobre esse tipo de exposição crônica (CRESPO-LOPEZ et al., 2021).

O biomonitoramento humano contribuirá também para o estabelecimento legal de doses de referência e limiar do mercúrio em amostras biológicas no país. Estudos comparativos poderão fornecer avaliações precisas e ajudar a estabelecer níveis de referência de mercúrio em crianças expostas e não expostas na Amazônia (MARINHO et al., 2014). Estudos rigorosos para o desenvolvimento de doses de referência baseadas em risco na Amazônia devem ser realizados para orientar estratégias na redução da exposição da população ao mercúrio.

Recomenda-se, ainda, a realização do biomonitoramento humano por equipes multidisciplinares em novas regiões que ainda apresentam lacunas de conhecimento científico, conforme descrito detalhadamente no item 5.4 “*síntese dos principais achados e análise das evidências científicas com identificação das principais lacunas de conhecimentos*”. As áreas que possuem populações que requerem maior investigação quanto aos efeitos à saúde ocasionados ao mercúrio são: norte do bioma; Estados do Acre, Amapá, Amazonas (em especial Centro-Oeste), Mato Grosso (sobretudo as áreas que têm garimpos de ouro e não tem estudos), Pará (Rio Xingu e RH Tocantins-Araguaia, como por exemplo, regiões que possuem Permissão de Lavra Garimpeira, Lago do Tucuruí/PA e comunidade de Caxiuanã/PA) e Rondônia. As comunidades que se encontram nas bacias mais estudadas, como Tapajós e Madeira, necessitam urgentemente de um monitoramento contínuo e medidas de controle e recuperação dessa população devido à ampla contaminação, em especial populações vulneráveis. Estudos em grupos de populações mais sensíveis ao mercúrio (fetos, recém-nascidos, crianças e gestantes) também devem ser melhor investigados.

Contudo, cabe mencionar que estas são sugestões que devem ser discutidas minuciosamente com profissionais e especialistas de saúde, visando obter informações adicionais sobre a condução de outros estudos e experiências não contemplados no presente trabalho e melhores práticas. Os estudos devem ser direcionados e priorizados também de acordo com os recursos disponíveis.

Cumprе mencionar que, conforme informado pelo Ministério da Saúde, já existe um planejamento em andamento do Programa de Biomonitoramento Humano às Substâncias Químicas a ser implementado pelo Ministério da Saúde, juntamente com a Pesquisa Nacional de Saúde. Portanto, considera-se essencial uma

aproximação e discussão minuciosa dos aspectos técnicos junto ao Ministério da Saúde e especialistas.

Por fim, para a coleta de amostras biológicas, é aconselhável a participação de especialistas em saúde e, no caso de comunidades indígenas, o acompanhamento de intérpretes que fale a língua indígena local. Recomenda-se também uma adequada comunicação de risco a todas as populações vulneráveis, incluindo o respeito às culturas locais, tal como peculiaridades dos povos originários.

g) Criar banco de dados de saúde e meio ambiente georreferenciado

Também se propõe a criação de um banco de dados unificado e georreferenciado sobre saúde e ambiente a partir de várias fontes de informação para integrar dados qualitativos e quantitativos obtidos por meio de pesquisas realizadas e futuras, tais como do biomonitoramento humano, dados epidemiológicos e pesquisas longitudinais.

Um banco de dados centralizado e o cruzamento das informações podem oferecer uma plataforma sistemática para armazenar e acessar informações críticas à saúde visando melhorar a vigilância e assistência à saúde. Importante também o cruzamento dos dados dos registros médicos e dos sistemas de informação do SUS, embora se saiba a dificuldade enfrentada pelas instituições para tal implantação. Além disso, pode facilitar pesquisas mais aprimoradas, priorizar áreas de intervenção, proporcionar transparência ao público, acompanhar as condições de saúde pré e pós-intervenção e o desenvolvimento de políticas públicas. A implementação bem-sucedida de uma base de dados requer colaboração entre autoridades de saúde, instituições de pesquisa e outras partes interessadas, bem como a garantia de segurança e privacidade dos dados.

h) Estabelecer um programa de pesquisa em saúde para discutir linhas de pesquisas existentes e desenvolver estudos científicos e tecnológicos

Recomenda-se estabelecer um programa ou um plano de pesquisa em saúde (alinhado com as pesquisas existentes e em curso, como a Chamada Pública Nº47/2022 do Eixo 6 do Plano Setorial de Minamata elaborado pelo Ministério da Saúde) para discutir propostas conceituais de investigação em saúde e desenvolver estudos comparativos contínuos e aperfeiçoados para melhorar o conhecimento sobre

os impactos do mercúrio na saúde das populações amazônicas e estabelecer melhorias na qualidade de vida dessa população.

Em concordância com BASTA et al. (2023), os estudos devem ser realizados por centros de pesquisa com reconhecida experiência na temática, com a participação de equipes compostas por especialistas no assunto, e com um aporte regular de recursos para que se realize um monitoramento continuado em médio e longo prazo.

Além disso, são necessárias recomendações para orientar os pesquisadores sobre a melhor forma de coletar informações úteis para apoiar estudos futuros e gerar recomendações para as populações da região amazônica mais impactadas pela exposição e intoxicação por mercúrio

A literatura recomenda estudos longitudinais na população Amazônica (BASTA et al., 2021; FARIAS, 2006). Dentre estes, há recomendações para estudos em indígenas das etnias Yanomami e Ye'kuana, em Roraima, priorizando crianças (FIOCRUZ, 2016).

Recomenda-se estudos em populações suscetíveis, como crianças ou idosos, e população controle de contexto cultural-social-ambiental semelhante em Lago Pururuzinho, Rio Madeira (FEITOSA-SANTANA et al., 2018).

Incluindo as atividades governamentais e comunidade científica, a literatura reitera a necessidade de monitoramento epidemiológico, toxicológico e clínico mais apurado dos indivíduos mais expostos na Bacia do Rio Tapajós (FARRIPAS, 2010; KHOURY et al., 2013; MARINHO et al., 2014). Mais estudos também são necessários em crianças das comunidades que apresentavam níveis elevados de Hg e registravam problemas no desenvolvimento do sistema motor (MARINHO et al., 2014), tendo em vista a possibilidade do diagnóstico de casos leves de intoxicação por mercúrio em comunidades ribeirinhas do Tapajós.

Neste ponto, um exemplo aprimorado é a parceria entre o Ministério da Saúde e Fiocruz para realização da pesquisa longitudinal na Terra Indígena Munduruku para avaliar a contaminação em gestantes, com duração de 3 anos e identificação do nexo causal dos agravos e comprovar a existência de Doença de Minamata na região.

Ratificando as recomendações anteriores, devem ser realizados estudos longitudinais na Amazônia. Nos estudos longitudinais podem ser usados questionários e exames clínicos (investigação epidemiológica mais aprofundada), análises obtidas pelo biomonitoramento (ferramenta específica para avaliar exposição a substâncias

químicas) e análises estatísticas para avaliar correlações e relações causais em diferentes contextos ao longo do tempo. Portanto, o biomonitoramento humano pode ser realizado como parte de um estudo longitudinal, o qual, conjuntamente com as demais análises, fornecerá uma imagem mais abrangente da saúde humana e dos riscos associados a diferentes exposições.

i) Conscientização, sensibilização e comunicação de saúde (exposição ambiental e ocupacional)

A literatura reporta a necessidade de desenvolver material educativo para a população das áreas contaminadas por mercúrio, contendo informações claras sobre o consumo de pescado e políticas públicas de educação alimentar (BASTA et al., 2021; KHOURY et al., 2013; OLIVEIRA, 2014).

Importante considerar a escolha das espécies de pescado, número de refeições a base de pescado, variabilidade da dieta e a importância da ingestão de nutrientes antioxidantes que possam modificar o perfil das defesas antioxidantes nas comunidades expostas (OLIVEIRA, 2014). Vale se atentar à subnutrição pregressa de crianças em algumas comunidades, incluindo indígenas nas reservas Yanomamis.

A suplementação e o consumo selecionado de determinadas espécies de pescados são medidas adotadas por agências governamentais (AGRICULTURE USD, 2020; HEALTH CANADÁ, 2009). A elaboração de políticas públicas de educação alimentar e de monitoramento dos níveis de mercúrio poderiam auxiliar na prevenção de acometimentos neurológicos em populações expostas ao metal (KHOURY et al., 2013). Medidas educativas deverão ser fortalecidas com vista a prevenção da doença causada pelo mercúrio (FARRIPAS, 2010).

Recomenda-se, portanto, que essas iniciativas sejam reforçadas através de campanhas de educação pública e sensibilização dos profissionais de saúde sobre os riscos do mercúrio no consumo de peixes. É essencial o incentivo desses profissionais com relação às escolhas alimentares mais seguras da população, promovendo a saúde pública mais eficaz e uma transparência da contaminação local.

Claramente, a situação de saúde e a contaminação ambiental por mercúrio na Amazônia, incluindo peixes e populações, variam de acordo com a região. As atividades educativas devem, portanto, ser diversas e responder às diferentes realidades locais. Para este fim, é importante que os governos locais e as autoridades

de saúde realizem melhores investigações epidemiológicas e disponibilizem os dados ao público para aumentar a transparência sobre a exposição real dos indivíduos nos territórios.

Em áreas onde faltam informações e são necessárias maiores investigações, recomenda-se instigar, coordenar e conduzir pesquisas, de forma a promover o financiamento para novas investigações nestas áreas. As campanhas de sensibilização sobre a exposição ao metilmercúrio são mais desafiantes ainda se não existirem dados suficientes sobre concentrações de metilmercúrio em espécies de peixes frequentemente consumidas, e as intervenções precisam ser planejadas cuidadosamente para evitar consequências não intencionais (AGC, 2024).

Adicionalmente, vale reiterar que a falta de informações sobre intoxicações por mercúrio nos atuais sistemas de informação em saúde do SUS resulta na ausência de conhecimento da população sobre a real situação de saúde nas áreas poluídas por mercúrio. Nesse sentido, os programas de vigilância, atenção, promoção e educação à saúde das instituições de saúde pública devem estimular a notificação compulsória e o preenchimento adequado de cada campo contido nas fichas de intoxicação exógena e inserir as informações pertinentes no SINAN e nos demais sistemas de informação. Ainda, é necessário um trabalho colaborativo, com ampla discussão, entre as áreas de saúde do SUS e a comunidade científica.

É de fundamental importância que as informações de saúde obtidas nas pesquisas realizadas pela comunidade científica sobre a contaminação por mercúrio (incluindo aquelas avaliadas no presente trabalho) estejam inseridas nos sistemas de saúde para ampla divulgação popular sobre contaminação por mercúrio da população na Amazônia. Não é necessário confirmar a intoxicação por mercúrio para a inclusão dos dados no sistema, a suspeita do evento ou de exposição também pode ser inseridas, sem aguardar a confirmação destes. A conscientização da população sobre as informações críticas pode levar à mudança de hábitos alimentares em direção ao consumo preferencial das espécies de peixes menos contaminados (PASSOS e MERGLER, 2008).

O desenvolvimento de ações articuladas e integradas, com sensibilização dos gestores para o fortalecimento das capacidades técnicas e institucionais para atuação local são de grande importância (BRASIL, 2023). Acrescenta-se que há necessidade de uma popularização científica da pesquisa para disseminar dados para um público

mais amplo, especialmente aqueles que são diretamente afetados, como as comunidades ribeirinhas da Amazônia (SANTOS-SACRAMENTO et al., 2021).

Nesse contexto, nas localidades onde se conhece a contaminação por mercúrio, a elaboração de panfletos, cartilhas, vídeos, websites e a utilização de mídias sociais, rádio, TV e palestras são recomendadas para disseminar informações sobre os riscos do consumo de peixes que têm maior probabilidade de estar contaminados.

Conforme já mencionado, diretrizes também devem considerar os padrões de consumo (kg de peixe/por pessoa) e a importância do peixe como uma fonte de proteína e outros nutrientes para uma população específica (AGC, 2024). Com a alta biodiversidade de peixes e frutas na Amazônia, exposições dietéticas ao Hg no ambiente podem ser reduzidas por meio de mudanças nas práticas alimentares de peixes. Não há necessidade de limitar a frequência de consumo de peixe (PASSOS e MERGLER, 2008). De acordo com os autores, uma das intervenções realizadas em uma aldeia no Rio Tapajós foi que os pesquisadores utilizaram uma estratégia participativa baseada na capacitação, visando manter o consumo de peixes, mas mudando para espécies de peixes menos contaminadas (MERTENS et al., 2005).

Através da participação pública e da educação, baseada em cartazes, mostrando o status da contaminação por mercúrio em relação às espécies de peixes, as populações continuaram a se alimentar da mesma quantidade de peixe. Contudo, reduziram a proporção de carnívoros, o que resultou em uma redução nos níveis de Hg de cabelo de cerca de 40%.

Por meio de uma análise de redes de comunicação social, esses autores observaram que a participação estava associada à conscientização das informações críticas que levaram à mudança de hábitos alimentares em direção ao consumo preferencial das espécies de peixes menos contaminadas (MERTENS et al., 2005; PASSOS e MERGLER, 2008). Assim, incentiva-se o desenvolvimento participativo de recursos educativos pelas instituições de saúde para serem distribuídos pelos agentes de saúde, como por exemplo a Equipe de Saúde da Família, nas comunidades que possam estar expostas ao Hg.

Quanto à saúde e segurança ocupacional, é importante realizar ações educativas, campanhas de controle do uso e manuseio seguro de mercúrio e prevenção e controle da exposição ao metal dos trabalhadores e indivíduos próximos

às áreas de extração de ouro. Dentre estas, inclui ampla divulgação a importância e garantia da utilização do uso de EPI (incluindo máscaras respiratórias com filtros adequados, luvas e vestimentas de proteção); utilização de retortas para captura do vapor e reciclagem do metal e sistemas de ventilação e exaustão adequados; descarte e armazenamento adequados e extração de ouro livre de mercúrio. Existem exemplos de atividades de extração de ouro que focam em medidas sustentáveis¹¹.

Para este efeito, recomenda-se a utilização de métodos de comunicação semelhantes para fins de exposição ambiental. A participação inclusiva e a aproximação de comunidades locais junto aos trabalhadores são essenciais para a coesão de ações educativas e desfechos mais sustentáveis.

As campanhas de conscientização são formas de promoção à saúde e segurança dos trabalhadores e indivíduos em áreas de extração de ouro, as quais são fundamentais para que estes obtenham a consciência sobre os riscos do mercúrio e a importância de medidas de controle. Importante também o encorajamento de garimpeiros, associações e cooperativas de ouro na utilização de tecnologias livres de mercúrio. Para tanto, deve-se identificar os (as) trabalhadores(as) do setor de extração de ouro que utilizam o mercúrio no processo produtivo.

Parcerias multidisciplinares são necessárias para este fim, como empregadores, donos de garimpos, cooperativas, autoridades governamentais (incluindo locais), agências reguladoras, instituições de pesquisas, comunidades locais, dentre outros. A amalgamação ouro-mercúrio em áreas designadas para tal, longe de assentamentos e o armazenamento seguro de mercúrio são formas de proteger populações vulneráveis (AGC, 2024).

Por fim, é importante que a comunicação dos riscos da exposição ao mercúrio seja feita de forma transparente e se utilize múltiplos canais de comunicação, com participação dos profissionais de saúde. Isto inclui a utilização de uma linguagem descomplicada, em conformidade com os diferentes níveis de ensino, e o respeito às diferentes realidades do público, especialmente o aspecto cultural.

¹¹ Caminho do ouro: veja como a Baixada Cuiabana produz ouro legal e de origem sustentável (terra.com.br)

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante notar que muitos dos dados publicados e utilizados neste trabalho podem não refletir a atual exposição e contaminação por mercúrio nas comunidades amazônicas, pois os dados ambientais e de saúde estão sujeitos a alterações ao longo do tempo.

A partir do momento que houver mais pesquisas e contínuas, maior será o conhecimento sobre a contaminação da população ao longo do tempo e a implementação de intervenções será mais eficaz. Entretanto, as vulnerabilidades existentes nos territórios (dentro destes territórios, atividades de extração de ouro legais, ilegais e irregulares) são suficientes para ações preventivas e intervenções das diversas áreas de atuação do setor saúde.

Compreender as implicações do uso de mercúrio, contaminação ambiental e desfechos na saúde humana entre as partes interessadas é essencial para encontrar um terreno comum e desenvolver soluções colaborativas que tornem o setor de MAPE de ouro livre de mercúrio, mais sustentável e beneficie todos os envolvidos (AGC, 2024).

Acrescenta-se que existem outras formas de exposição ao mercúrio que não foram abordados neste capítulo devido ao enfoque do PAN nos termos do artigo 7.º e o Anexo C da Convenção de Minamata sobre Mercúrio. Mas merece atenção, também, pelas autoridades competentes o armazenamento de equipamentos de saúde, práticas odontológicas, indústria química e de cloro-álcalis, produção e uso de baterias, dentre outros.

Cumprе ressaltar que é de suma importância que a elaboração e a execução do futuro Plano de Ação ocorram de modo harmônico e coordenado com outras políticas públicas relacionadas ao mercúrio, tal como o Plano Setorial de Minamata para evitar duplicação de esforços. O objetivo deste relatório foi proporcionar transparência, com a melhor descrição possível para subsidiar o PAN para Convenção de Minamata sobre Mercúrio. Entretanto, é necessário o intercâmbio de informações com gestores das autoridades, especialistas na temática e comunidades locais vulneráveis ao mercúrio. Isto porque só será possível melhorar as condições de vida da população exposta, potencialmente exposta e intoxicada ao mercúrio se houver articulações entre os setores e a integrações de informações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHATZ, R. W.; DE VASCONCELLOS, A. C. S.; PEREIRA, L.; VIANA, P. V. DE S.; BASTA, P. C. **Impacts of the goldmining and chronic methylmercury exposure on the good-living and mental health of Munduruku native communities in the amazon basin.** Int J Environ Res Public Health. 2021;18(17):1-18. doi:10.3390/ijerph18178994

ADDAI-ARHIN, S.; NOVIRSA, R.; JEONG, H.; QUANG, P.; HIROTA, N.; ISHIBASHI, Y.; SHIRATSUCHI, H.; ARIZONO, K. **Potential human health risks of mercury contaminated cassavas – Preliminary studies.** Fundamental Toxicological Sciences, 9(2), pp. 61–69. doi: 10.2131/fts.9.61.2022. Acesso em: 29 de maio de 2024. Disponível em < https://www.researchgate.net/publication/360213729_Potential_human_health_risks_of_mercury-contaminated_cassavas_-_Preliminary_studies >

ADJORLOLO-GASOKPOH, A.; GOLOW, A. A.; KAMBO-DORSA, J. **Mercury in the Surface Soil and Cassava, Manihot esculenta (Flesh, Leaves and Peel) Near Goldmines at Bogoso and Prestea, Ghana.** Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 89(6). 2012, pp. 1106–1110. doi: 10.1007/s00128-012-0849-7. Acesso em 04 de abril de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23052587/> >

AGC. ARTISANAL GOLD COUNCIL. **Addressing Mercury and Other hazards in the artisanal gold mining sector through public health interventions: A handbook for health professionals.** Mareike Kroll, PhD. 2024. Disponível em < <https://www.artisanalgold.org/blog/agc-releases-health-handbook-for-professionals-on-mercury-intoxication> >

AGRICULTURE USD of Services USD of H and H. **Dietary Guidelines for Americans 9th Edition.** 2020:164.

AKAGI, H. **Mercury pollution in the Amazon, Brazil.** Japanese Journal of Toxicology and Environmental Health 1995; 41:107-15.

AKAGI, H.; OLAF, M.; YOSHIHIDE, K.; MASAZUMI, H.; FERNANDO, J. P. BRANCHES; WOLFGANG, C.; PFEIFFER, H. K. **Methylmercury pollution in the Amazon, Brazil.** Science of The Total Environment, Volume 175, Issue 2, 1995, Pages 85-95, ISSN 0048-9697. Acesso em 23 de setembro de 2023. Disponível em < [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(95\)04905-3](https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04905-3) > <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0048969795049053>).

ALBUQUERQUE, A. C.; CESSE, E.P.; FELISBERTO, E.; SAMICO, I. C.; FRIAS, P. G. **Avaliação de desempenho da regionalização da vigilância em saúde em seis regiões de saúde brasileiras.** Cadernos de Saúde Pública 2019; 35(14):e00065218 doi:10.1590/0102-311x00065218. Acesso em 19 de março de 2024. Disponível em < <https://www.scielo.br/j/csp/a/pFVmfPCFTYY8FsJRRXKfkGs/> >

ALBUQUERQUE, A. C, MOTA, E. L. A; FELISBERTO, E. **Descentralização das ações de vigilância epidemiológica em Pernambuco, Brasil.** Cad Saúde Pública 2015; 31:861-73.

ALBUQUERQUE, F. E. A.; MINERVINO, A. H. H.; MIRANDA, M.; HERRERO-LATORRE, C.; BARRÊTO JÚNIOR, R. A.; OLIVEIRA, F. L. C.; SUCUPIRA, M. C. A.; ORTOLANI, E. L.; LÓPEZ-ALONSO, M. **Toxic and essential trace element concentrations in fish species in the Lower Amazon, Brazil.** Sci Total Environ. 2020 Aug 25; 732:138983. doi: 10.1016/j.scitotenv. 2020.138983. Epub 2020 Apr 30. PMID: 32417551. Acesso em 10 de maio de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32417551/> >

ALMEIDA., M. D. **Bioquímica do mercúrio na interface solo – atmosfera na amazônia.** Tese do curso de pós-graduação em geociências da Universidade Federal Fluminense.186p. 2005. Acesso em 05 de janeiro de 2024. Disponível em < <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/5897/Marcelo%20Dominguez%20de%20Almeida.pdf?sequence=1> >

AIVES, M. F.; FRAIJI, N. A.; BARBOSA, A. C.; LIMA, D. S. De; SOUZA, J. R.; DÓREA J. G.; CORDEIRO G. W. **Fish consumption, mercury exposure and serum antinuclear antibody in Amazonians.** Int J Environ Health Res. 2006 Aug;16(4):255-62. doi: 10.1080/09603120600734147. PMID: 16854670. Acesso em 05 de outubro de 2023. Disponível em < <https://bit.ly/2J9cpR7> >

AMORAS, W. W. **Interferentes bio-sócios-ambientais na exposição ao mercúrio em crianças ribeirinhas de diferentes regiões da Amazônia.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará. Núcleo de medicina Tropical, Programa de Pós-Graduação em Doenças Tropicais, 2011. 103. Acesso em 07 de outubro de 2023. Disponível em < <https://bit.ly/2PS6W1T> >

ANDRADE, P. D. de O. **Avaliação temporal da exposição humana ao mercúrio no Oeste paraense.** Universidade Federal do Pará. Núcleo de Medicina Tropical. Programa de Pós-Graduação em Doenças Tropicais. Belém, Pará, 2015. Acesso em 13 de novembro de 2023. Disponível em < <https://bit.ly/2VUu313> >

APRIL, P. C. **Toxicological Profile for Mercury.** ATSDR's Toxicological Profiles, (April). doi: 10.1201/9781420061888_ch109. 2002.

ARRIFANO, G.; MARTIN-DOIMEADIOS, R.; JIMENEZ-MORENO, M.; AUGUSTO-OLIVEIRA, M.; SOUZA-MONTEIRO, J.; PARAENSE, R.; MACHADO, C.; FARINA, M.; MACCHI, B.; NASCIMENTO, J.; CRESPO-LOPEZ, M. **Assessing mercury intoxication in isolated/remote populations: Increased S100B mRNA in blood in exposed riverine inhabitants of the Amazon.** NeuroToxicology. 2018. 68. 10.1016/j.neuro.2018.07.018. Acesso em 07 de novembro de 2023. Disponível em < <https://bit.ly/3OrB7dp> >

ARRIFANO, G.; MARTIN-DOIMEADIOS, R.; JIMENEZ-MORENO, M.; RAMÍREZ-MATEOS, V.; DA SILVA, N. F. S.; SOUZA-MONTEIRO, J. R.; AUGUSTO-OLIVEIRA, M.; PARAENSE, R. S. O.; MACCHI, B. M.; NASCIMENTO, J. L. M. DO; CRESPO-

LOPEZ, M. E. **Large-scale projects in the amazon and human exposure to mercury: The case-study of the Tucuruí Dam.** *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Volume 147, 2018a, Pages 299-305, ISSN 0147-6513, <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.08.048>. Acesso em 13 de maio de 2024. Disponível em < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651317305444> >

ASNER, G. P.; TUPAYACHI, R. **Accelerated losses of protected forests from gold mining in the Peruvian Amazon.** *Environ. Res. Lett.*, 12 (9) (2017), p. 094004.

ATSDR. AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. **Toxicological profile for mercury.** Atlanta, G.A. U.S. Public Health Service. 1989.

ATSDR. AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. **Toxicological profile for mercury.** Atlanta, G.A. U.S. Public Health Service. 1999. Disponível em < <https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=115&tid=24> >

BAHIA, M. O.; CORVELO, T. C.; MERGLER, D.; BURBANO, R. R.; LIMA, P. D. L.; CARDOSO, P. C. S.; LUCOTTE, M.; AMORIN, M. I. M. **Environmental biomonitoring using cytogenetic endpoints in a population exposed to Mercury in the brazilian amazon.** *Environmental and Molecular Mutagenesis*, v. 44, p. 346-349, 2004. Acesso em 17 de maio de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15476195/> >

BARBOSA, A. C.; JARDIM, W.; DÓREA, J. G.; 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. Apr;40(3):439-44. doi: 10.1007/s002440010195. PMID: 11443378. Acesso em 21 de abril de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2VfofuU> >

BARCELOS, M. G. R.; DE MARCO, K. C.; GROTO, D.; VALENTINI, J.; GARCIA, S. C.; LEITE BRAGA GÚ; BARBOSA, F. JR. **Evaluation of glutathione S-transferase GSTM1 and GSTT1 polymorphisms and methylmercury metabolism in an exposed Amazon population.** *J Toxicol Environ Health A*. 2012;75(16-17):960-70. doi: 10.1080/15287394.2012.695232. PMID: 22852846. Acesso em 04 de fevereiro de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22852846/> >

BASTA, P. C.; VASCONCELOS, A. C. S. DE; HALLWASS, G.; YOKOTA, D.; PINTO, D. DE O. D'EL; AGUIAR, D. S. DE. **Análise regional dos níveis de mercúrio em peixes consumidos pela população da Amazônia brasileira: um alerta em saúde pública e uma ameaça à segurança alimentar. Nota Técnica.** Rio de Janeiro: FIOCRUZ/ENSP; WWF Brasil; Greenpeace; Instituto Socioambiental; Instituto de Pesquisa e Formação Indígena, 2023. 10 p. Acesso em 20 de fevereiro. Disponível em < <https://informe.ensp.fiocruz.br/assets/anexos/2441a041be660fb7575f8fe0bf6f8f34.PDF> >

BASTA, P. C.; VIANA, P. V. S.; VASCONCELLOS, A. C. S.; PÉRISSÉ, A. R. S.; HOFER, C. B.; PAIVA, N. S.; KEMPTON, J. W.; CIAMPI, DE A. D.; OLIVEIRA, R. A.

A.; ACHATZ, R. W.; PERINI, J. A.; MENESES, H. D. N. M.; HALLWASS, G.; LIMA, M. O.; JESUS, I. M.; SANTOS, C. C. R. D.; HACON, S. S. **Mercury Exposure in Mundurucu Indigenous Communities from Brazilian Amazon: Methodological Background and an Overview of the Principal Results.** Int J Environ Res Public Health. 2021 Sep 1;18(17):9222. doi: 10.3390/ijerph18179222. PMID: 34501811; PMCID: PMC8430525. Acesso em: 15 de maio de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/39znmKj> >

BASTOS, W. R.; DÓREA, J. G.; LACERDA, L. D.; ALMEIDA, R.; COSTA-JUNIOR, W. A.; BAÍA, C. C.; SOUSA-FILHO I. F.; SOUSA E. A.; OLIVEIRA I. A. S.; CABRAL, C. S.; MANZATTO, A. G.; CARVALHO, D. P.; RIBEIRO, K. A. N.; MALM, O. **Dynamics of Hg and MeHg in the Madeira River basin (Western Amazon) before and after impoundment of a run-of-river hydroelectric dam.** Environmental Research, Volume 189. 2020, 109896, ISSN 0013-9351. Disponível em < <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109896> > (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001393512030791X>)

BASTOS, W. R.; FONSECA, M.; REBELO, M.; ALMEIDA, R.; MALM, O. **A description of mercury in fishes from the Madeira River Basin, Amazon, Brazil.** Acta Amazonica. 38. 10.1590/S0044-59672008000300006. 2008.

BASTOS, W. R.; GOMES, J. P.; OLIVEIRA, R. C.; ALMEIDA, R.; NASCIMENTO, E. L.; BERNARDI, J. V.; DE LACERDA, L. D.; DA SILVEIRA, E. G.; PFEIFFER, W. C. **Mercúrio no ambiente e na população ribeirinha na Bacia do Rio Madeira, Amazônia, Brasil.** Sci Total Ambiente. 368(1):344-51. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2005.09.048. EPub 2005 19 de outubro. PMID: 16242177. Setembro de 2006. Acesso em 05 de fevereiro de 2024. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969705006716>> <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.09.048>.

BASU, N.; HORVAT, M.; EVERS, D. C.; ZASTENSKAYA, I.; WEIHE, P.; TEMPOWSKI, J. A State-of-the-Science **Review of Mercury Biomarkers in Human Populations Worldwide between 2000 and 2018.** Environ Health Perspect. 2018 Oct;126(10):106001. doi: 10.1289/EHP3904. PMID: 30407086; PMCID: PMC6371716. Acesso em 30 de janeiro de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30407086/> >

BEINHOFF, C.; SANTOS, E. **Human exposure and risk assessment associated with mercury contamination in artisanal gold mining areas in the Brazilian Amazon.** Environ Sci Pollut Res Int. 2015. Aug;22(15): 11255-64. doi: 10.1007/s11356-015-4340-y. Acesso em 13 de setembro de 2023. Disponível em < <https://bit.ly/2VS5Fgu> >

BERZAS NEVADO, J. J.; RODRIGUEZ MARTIN-DOIMEADIOS, R. C.; GUZMÁN BERNARDO, F. J.; JIMENEZ MORENO, M.; HERCULANO, A. M., DO NASCIMENTO, J. L.; CRESPO-LOPEZ, M. E. **Mercúrio na Bacia do Rio Tapajós, Amazônia brasileira: uma revisão.** Environ. Int. 36 (6):593–608. DOI: 10.1016/j.envint.2010.03.011. 2010.

BESSER, R. E. **Children's Exposure to Elemental Mercury: A National Review of Exposure Events**. 2009. Disponível em < <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/5462> >

BOERLEIDER, Z. R.; ROELEVELD, N.; SCHEEPERS, T. J. P. **Human biological monitoring of mercury for exposure assessment**. *AIMS Environmental Science*, 4(2), pp. 251–276. doi: 10.3934/environsci.2017.2.251. 2017. Acesso em 21 de junho de 2024. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/315221400_Human_biological_monitoring_of_mercury_for_exposure_assessment>
BORTOLI, M. C. de. **Avaliação dos níveis sanguíneos do hormônio tireoidiano ativo (T3) e do estado nutricional relativo ao selênio de mulheres residentes em área de exposição ao mercúrio**. Tese (Doutorado em Nutrição Experimental) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010. Doi: 10.11606/T.9.2010.tde-26032010-084201. 2009. Acesso em 17 de fevereiro de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2H6gUUL> >

BOSE-O'REILLY, S.; BERNAUDAT, L.; SIEBERT, U.; ROIDER, G.; NOWAK, D.; DRASCH, G. **Signs and symptoms of mercury-exposed gold miners**. *Int J Occup Med Environ Health*. 2017 Mar 30;30(2):249-269. doi: 10.13075/ijomeh.1896.00715. Epub 2017 Mar 22. PMID: 28366955. Acesso em 16 de outubro de 2023. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28366955/> >

BOURDINEAUD, J. P.; DURRIEU, G.; SARRAZIN, S. L.; DA SILVA, W. C.; MOURÃO, R. H.; DE OLIVEIRA, R. B. **Mercurial exposure of residents of Santarém and Oriximiná cities (Pará, Brazil) through fish consumption**. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2015 Aug;22(16):12150-61. doi: 10.1007/s11356-015-4502-y. Epub 2015 Apr 18. PMID: 25893626. Acesso em 27 de agosto de 2023. Disponível em < <https://bit.ly/3b4DHnx> >

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998. **Princípios Gerais para o estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos**. D.O.U. – Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 28 de agosto de 1998.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras – Edição Especial**. Brasília: ANA, 2015. Acesso em 20 de junho de 2024. Disponível em < <https://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/regioeshidrograficas2014.pdf> >

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e de Vigilância em Saúde Pública. **Plano setorial de implementação da convenção de Minamata sobre mercúrio [recurso eletrônico]** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde Pública, Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e de Vigilância em Saúde Pública. – Brasília: Ministério da Saúde, 2020. Acesso em 21 de maio de 2024. Disponível em <<https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/vigilancia-ambiental/plano-setorial-de-implementacao-da-convencao-de-minamata-sobre-mercurio/view>>

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. **Boletim Epidemiológico – Intoxicações por mercúrio no Brasil, 2006 a 2021.** Volume 54/16 fev. 2023. Disponível em < <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/edicoes/2023/boletim-epidemiologico-volume-54-no-02> >

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e de Vigilância das Emergências em Saúde Pública. **Orientações Para a Notificação de Intoxicações por Mercúrio** [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. – Brasília: Ministério da Saúde, 2021. 14 p.: il. Acesso em 12 de agosto de 2024. Disponível em: < <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/intoxicacao/orientacoes-para-a-notificacao-de-intoxicacoes-por-mercúrio/view> >

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2019 /Ministério de Minas e Energia.** Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2010.

BROUSSARD, L. A.; HAMMETT-STABLER, C. A.; WINECKER, R. E. **The Toxicology of Mercury.** Lab Med. 33(8). 2002.

BUSTO, Y.; CABRERA, X.; TACK, F. M. G.; VERLOO, M. G. **Potential of thermal treatment for decontamination of mercury containing wastes from chlor-alkali industry.** J. Hazard. Mater. 186, 114–118. 2011.

BUSTO, Y.; TACK, F. M. G.; PERALTA, L. M.; CABRERA, X.; ARTEAGA-PEREZ, L. E. **An investigation on the modelling of kinetics of thermal decomposition of hazardous mercury wastes.** J. Hazard. Mater. 260, 358–367. 2013.

CÂMARA V. M.; SILVA, A. P.; PIVETTA, F.; PEREZ, M. A.; LIMA, M. I. M; FILHOTE, M. I. F.; et al. **Estudo dos níveis de exposição e efeitos à saúde por mercúrio metálico em uma população urbana de Poconé, Mato Grosso, Brasil.** Cad Saúde Pública; 12:69-77. 1996.

CAO, Y.; CHEN, A.; JONES, R. L.; RADCLIFFE, J.; DIETRICH, K. N.; CALDWELL, K. L.; PEDDADA, S.; ROGAN, W. J. **Efficacy of succimer chelation of mercury at background exposures in toddlers: a randomized trial.** J Pediatr. 158(3). Março de 2011. Acesso em 23 de maio de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20889164/>>

CARPI, A.; FOSTIER, A. H.; ORTA, J O.; ROSE, C. DOS S.; GITTINGS, M. **Gaseous mercury emissions from soil following forest loss and land use changes: Field experiments in the United States and Brazil.** Atmospheric Environment, Volume 96, 2014, Pages 423-429, ISSN 1352-2310. Disponível em < <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.08.004> > (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231014005962>).

CARVALHO, L. V. B. DE. **Avaliação dos níveis de estresse oxidativo induzido por exposição ao mercúrio em população ribeirinha infantojuvenil do Rio Madeira**

(RO). Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2016. Acesso em 12 de junho de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/3053Dco> >

CASTILHOS, Z., RODRIGUES-FILHO, S., CESAR, R. et al. **Human exposure and risk assessment associated with mercury contamination in artisanal gold mining areas in the Brazilian Amazon**. Environ Sci Pollut Res **22**, 11255–11264 (2015). Acesso em 16 de julho de 2024. Disponível em < <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4340-y> >

CASTRO, N. S. S. DE; LIMA, M. D. O. **Biomarkers of mercury exposure in the Amazon**. Biomed Res Int. 2014; 2014:867069. doi: 10.1155/2014/867069. Epub 2014 Apr 27. PMID: 24895619; PMCID: PMC4020561.

CASTRO, N. S. S. DE; LIMA, M. D. O. **Hair as a biomarker of long-term mercury exposure in brazilian amazon: A systematic review**. Int J Environ Res Public Health. 2018;15(3):1-16. doi:10.3390/ijerph15030500. Acesso em 24 de agosto de 2023. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29534534/> >

CASTRO, M. B.; ALBERT, B.; PFEIFFER, W. C. **Mercury levels in Yanomami Indians hair from Roraima-Brazil**. In *Heavy Metals in the Environment*; International Conference on Heavy Metals in the Environment: Edinbourg, Scotland, 1991; pp. 367–370.

CERBINO, M. R. **Abordagem Metaloproteômica do mercúrio em leite materno de comunidades da Bacia Amazônica – Brasil**. Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Programa de Pós-Graduação STRICTO SENSU em Ciências Ambientais e Saúde. 2016. Acesso em 01 de maio de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2vXQiod> >

CETEM. CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL. **Garimpos ilegais de ouro na Terra Indígena do Vale do Javari na Amazônia (AM)**. 2013. Acesso em 23 de setembro de 2023. Disponível em < <http://verbetes.cetem.gov.br/verbetes/ExibeVerbete.aspx?verid=87> >

CHANG, J. W.; PAI, M. C.; CHEN, H. L.; GUO, H. R.; SU, H. J.; LEE, C. C. **Cognitive function and blood methylmercury in adults living near a deserted chloralkali factory**. Environ Res. 2008 Nov;108(3):334-9. doi: 10.1016/j.envres.2008.06.006. PMID: 18675410. Acesso em 15 de setembro de 2013. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18675410/> >

CLARKSON, T. W.; MAGOS, L. **The toxicology of mercury and its chemical compounds**. Crit Rev Toxicol. 2006 Sep; 36(8):609-62. doi: 10.1080/10408440600845619. PMID: 16973445. Acesso em 20 de junho de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16973445/> >

CLARKSON, T. W.; VYAS, J. B.; BALLATORI, N. **Mechanisms of mercury disposition in the body**. Am J Ind Med. 2007 Oct;50(10):757-64. doi: 10.1002/ajim.20476. PMID: 17477364. Acesso em 15 de maio de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17477364/> >

CLAYTON, G. D; CLAYTON, F. E. (eds.). **Patty's Industrial Hygiene and Toxicology: Volume 2A, 2B, 2C: Toxicology**. 3rd ed. New York: John Wiley Sons, 1981-1982. 1780 p.

COBRAPE. CIA BRASILEIRA DE PROJETOS E EMPRENDIMENTOS. **Relatório sobre a Situação da Qualidade da Água na Bacia Amazônica**. Resumo Executivo. 1ª Edição. Brasília. 2023. Acesso em 20 de dezembro de 2023. Disponível em < <https://otca.org/pt/project/resumo-executivo-do-relatorio-sobre-a-situacao-da-qualidade-da-agua-na-bacia-amazonica/> >

CORBETT, C. E.; EL KHOURI, M.; COSTA, A. N.; GYURICZA, J. V.; CORBETT, J. F.; FRIZZARINI, R.; DE ARAÚJO ANDRADE, D. C.; CORDEIRO, Q.; STRAVOGIANNIS, A.; CHASSOT, C. A.; VIEIRA, J. L.; PINHEIRO, M. D. A. C. **Health evaluation of gold miners living in a mercury-contaminated village in Serra Pelada, Pará, Brazil**. *Arch Environ Occup Health*. 2007 Fall;62(3):121-8. doi: 10.3200/AEOH.62.3.121-128. PMID: 18400651. Acesso em 04 de junho de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/3O9XQdJ> >

CORVELO, T. C. O.; OLIVEIRA, E. A. F.; PARIJÓS, A. M.; OLIVEIRA, C. S. B.; SOCORRO, P. L. R.; ARAÚJO, A. A.; COSTA, C. A.; SILVEIRA, L. C. L.; PINHEIRO, M. C. N. **Monitoring Mercury Exposure in reproductive aged women inhabiting the Tapajós river Basin, Amazon**. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicological*, v. 92, p. 1469-1482, 2014. Acesso em 15 de maio de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24789525/> >

COSTA, G. M. DA; DOS ANJOS, L. M.; SOUZA, G. S.; GOMES, B. D.; SAITO, C. A.; PINHEIRO, M. DA, C., et al. **Mercury toxicity in Amazon gold miners: visual dysfunction assessed by retinal and cortical electrophysiology**. *Environ. Res.* 107, 98–107. doi: 10.1016/j.envres.2007.08.004. 2008.

COSTA JUNIOR, J. M. F.; LIMA, A. A. DA S.; RODRIGUES JUNIOR, D.; KHOURY, E. D. T.; SOUZA, G. DA S.; SILVEIRA, L. C. DE L.; PINHEIRO, M. DA C. N.. **Manifestações emocionais e motoras de ribeirinhos expostos ao mercúrio na Amazônia / Emotional and motor symptoms in riverside dwellers exposed to mercury in the Amazon**. *Rev. bras. epidemiol* ; 20(2): 212-224, abr.-jun. 2017. Acesso em 12 de junho de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2H8hEhL> >

COSTA JUNIOR, J. M. F.; SILVA, C. I. M. DA; LIMA, A. A. DA S.; RODRIGUES JÚNIOR, D.; SILVEIRA, L. C. DE L.; SOUZA, G. DA S.; PINHEIRO, M. DA C. N. **Teores de mercúrio em cabelo e consumo de pescado de comunidades ribeirinhas na Amazônia brasileira, região do Tapajós / Levels of mercury found in hair and fish consumption of riverine communities in the Tapajós region of the Brazilian Amazon**. *Ciênc. Saúde Colet. (Impr.)* ; 23(3): 805-812, Mar. 2018. Acesso em 12 de agosto de 2023. Disponível em < <https://bit.ly/2vW7afa> >

COSTA., M. O. DA; HACON, S.; FERNANDEZ, L. E.; LÁZARO, W. L.; RUFFINO, M. L.; CISNEROS, F. NOTA TÉCNICA. **Contaminação por mercúrio na Amazônia**. WWF-Brasil. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Centro de Innovación Científica Amazônica, Universidade do Estado de Mato Grosso, Secretaria

Permanente da Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (SP/OTCA). 2023. Acesso em 10 de abril de 2024. Disponível em < https://wwfbrnew.awsassets.panda.org/downloads/notatecnica_otca.pdf >

COSTA, G. M. DA; DOS ANJOS, L. M.; SOUZA, G. S.; GOMES, B. D.; SAITO, C. A.; PINHEIRO, M. DA C.; VENTURA, D. F.; DA SILVA FILHO, M.; SILVEIRA, L. C. **Toxicidade por mercúrio em garimpeiros amazônicos: disfunção visual avaliada por eletrofisiologia retiniana e cortical.** Environ Res. 2008 maio; 107(1):98-107. DOI: 10.1016/j.envres.2007.08.004. EPub 2007 24 de setembro. PMID: 17889848.

CRANSTON, R. E.; BUCKLEY, D. E. **Mercury pathways in a river and estuary.** Environmental Science and Technology, 6(3): 274-278. 1972.

CRESPO-LOPEZ, M. E.; AUGUSTO-OLIVEIRA, M.; LOPES-ARAÚJO, A.; SANTOS-SACRAMENTO, L.; TAKEDA, P. Y.; MACCHI, B. DE M.; DO NASCIMENTO, J. L. M.; MAIA, C. S. F.; LIMA, R. R.; ARRIFANO, G. P. **Mercury: What can we learn from the Amazon?** Environment International, Volume 146, 106223, ISSN 0160-4120. 2021. Acesso em 14 de março de 2024. Disponível em < <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106223> >

CROMPTON, P.; VENTURA, A. M.; DE SOUZA, J. M.; SANTOS E.; STRICKLAND, G. T.; SILBERGELD, E. **Assessment of mercury exposure and malaria in a Brazilian Amazon riverine community.** Environ Res. 2002 Oct;90(2):69-75. doi: 10.1006/enrs.2002.4358. PMID: 12483796. Acesso em 7 de junho de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2LxaCHP> >

CUNHA, M. P. L.; MARQUES, R. C.; DÓREA, J. G. **Influence of Maternal Fish Intake on the Anthropometric Indices of Children in the Western Amazon.** *Nutrients* 2018, 10, 1146. Acesso em: 10 de junho de 2024. Disponível em < <https://doi.org/10.3390/nu10091146> >

DARGAN, P. I.; GILES, L. J.; WALLACE, C. I.; HOUSE, I. M.; THOMSON, A. H.; BEALE, R. J, et al. **Case report: severe mercuric sulphate poisoning treated with 2,3-dimercaptopropane-1-sulphonate and haemodiafiltration.** Crit Care. 2003 Jun 1;7(3): R1-6.

DOLBEC, J.; MERGLER, D.; SOUSA PASSOS, C. J.; SOUSA DE MORAIS, S.; LEBEL, J. **Methylmercury exposure affects motor performance of a riverine population of the Tapajós river, Brazilian Amazon.** Int Arch Occup Environ Health. 2000 Apr;73(3):195-203. doi: 10.1007/s004200050027. PMID: 10787135. Acesso em 10 de maio de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2YfPQO9> >

DOREA, J. G.; BARBOSA, A. C.; FERRARI, I.; DE SOUZA, J. R. **Mercury in hair and in fish consumed by Riparian women of the Rio Negro, Amazon, Brazil.** Int J Environ Health Res. 2003 Sep;13(3):239-48. doi: 10.1080/0960312031000122398. PMID: 12909555. Acesso em 11 de janeiro de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/3zyhAn5> >

DÓREA, J. G.; DE SOUZA, J. R.; RODRIGUES, P.; FERRARI, I.; BARBOSA, A. C. **Hair mercury (signature of fish consumption) and cardiovascular risk in**

Munduruku and Kayabi Indians of Amazonia. Environ Res. 2005 Feb;97(2):209-19. doi: 10.1016/j.envres.2004.04.007. PMID: 15533337. Acesso em 15 de outubro de 2023. Disponível em < <https://bit.ly/2Q1vaqf> >

DRISCOLL, C. T.; MASON, R. P.; CHAN, H. M.; JACON, D. J; PIRRONE, N. **Mercury as a global pollutant: sources, pathways, and effects.** Environ Sci Technol. May 21;47(10):4967-83. 2013. doi: 10.1021/es305071v. Epub 2013 May 3. PMID: 23590191; PMCID: PMC3701261. Acesso em 06 de maio de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23590191/> >

DUTRA, M. D.; JESUS, I. M.; SANTOS, E. C.; LIMA, M. DE O.; MEDEIROS, R. L.; CAVADAS, M.; LUIZ, R. R.; CÂMARA, V. DE M. **Longitudinal assessment of mercury exposure in schoolchildren in an urban area of the Brazilian Amazon.** Cad Saude Publica. 2012 Aug;28(8):1539-45. doi: 10.1590/s0102-311x2012000800012. PMID: 22892973. Acesso em 24 de novembro de 2023. Disponível em < <https://bit.ly/3MIQQn2> >

EKINO, S.; NINOMIYA, T.; IMAMURA, K.; SUSU, M. **Methylmercury causes diffuse damage to the somatosensory cortex: how to diagnose Minamata disease.** Seishin Shinkeigaku Zasshi. 109(5): 420-37. 2007. Acesso em: 20 de junho de 2024. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17642257/>.

EKINO, S.; SUSU, M.; NINOMIYA, T.; IMAMURA, K.; KITAMURA, T. **Minamata disease revisited: An update on the acute and chronic manifestations of methyl mercury poisoning.** J. Neurol. Sci. 2007a, 262, 131–144.

EVE E., OLIVEIRA E. F., EVE C. **The mercury problem and diets in the Brazilian Amazon: planning a solution.** Environmental Conservation. 1996; 23 (2): 133-139. doi:10.1017/S0376892900038510.

FADINI, P.S.; Jardim, W. F. **Is the Negro River Basin Amazon impacted by naturally occurring Mercury?** The Science of the Total Environment, 175, p. 141-150, 2001. Acesso em 03 de maio de 2024. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896970000855X> >

FAIAL, K.; DEUS, R.; DEUS, S.; NEVES, R.; JESUS, I.; SANTOS, E.; ALVES, C. N.; Brasil, D. **Mercury levels assessment in hair of riverside inhabitants of the Tapajós River, Pará State, Amazon, Brazil: Fish consumption as a possible route of exposure.** J. Trace Elem. Med. Biol. Organ Soc. Miner. Trace Elem. GMS 2015, 30, 66–76. Acesso em 13 de fevereiro de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2DXfmQR> >

FAO/WHO. EXPERT COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES, MEETING, & WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, lead and cadmium.** Sixteenth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. FAO Nutrition Meeting Series, No 51, Rome. WHO Technical Report Series 505 and corrigendum, Geneva. 1972.

FAO/WHO. EXPERT COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES, MEETING, & WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Evaluation of certain food additives and**

contaminants. Twenty-second report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series 631, Geneva. 1978. Disponível em < http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_631.pdf >

FAO/WHO. EXPERT COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES, MEETING, & WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Evaluation of certain food additives and contaminants.** Thirty-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series 776, Geneva. 1989. Disponível em < http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_776.pdf >

FAO/WHO. EXPERT COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES, MEETING, & WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Evaluation of certain food additives and contaminants.** Fifty-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series 896, Geneva. 2000. Disponível em < http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_896.pdf >

FAO/WHO. EXPERT COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES, MEETING, & WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Methylmercury. WHO Food Additive Series 44.** (2000). Disponível em < <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v44jec13.htm> >

FAO/WHO. EXPERT COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES, MEETING, & WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Evaluation of certain food additives and contaminants.** Sixty-first report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series 922. 2004. Disponível em < http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_922.pdf >

FAO/WHO. EXPERT COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES, MEETING, & WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Safety evaluation of certain food additives and contaminants.** International Programme on Chemical Safety. WHO Food Additive Series 52. 2004. Disponível em < <http://whqlibdoc.who.int/publications/2004/924166052X.pdf> >

FAO/WHO. EXPERT COMMITTEE ON FOOD ADDITIVES, MEETING, & WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Evaluation of certain food additives and contaminants.** Sixty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series 940. 2007. Disponível em < http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_940_eng.pdf >

FAO/WHO. **General standard for contaminants and toxins in food and feed (CODEX STAN 1993-1995).** Disponível em < <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>. 2018 >

FAPESP. FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Fim do Mistério. **Há muito mercúrio natural no Rio Negro, sem relação com o garimpo. Projeto: A Química Aquática do Mercúrio no Rio Negro: Importância da Luz Solar nos Projetos Redox.** 1999, edição 47. Acesso em: 21 de janeiro de 2023. Disponível em < <https://revistapesquisa.fapesp.br/contaminacao-alem-do-garimpo> >

FARIA, M. DE A. M. **Mercurialismo metálico crônico ocupacional**. Ver. **Saúde Pública**. 2003;37(1):116-27. Acesso em 24 de maio de 2024. Disponível em < <https://www.scielo.br//rsp/a/VFW6VyNJ3rJxZNrWSkdRvzJ/> >

FARIAS, L.; FAVARO, D.; PESSOA, A.; AGUIAR, J.; YUYAMA, L. **Mercury and methylmercury concentration assessment in children's hair from Manaus, Amazonas State, Brazil**. *Acta Amazonica*. 42. 279-286. 2012. 10.1590/S0044-59672012000200015. Acesso em 13 março de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2HgQB4b> >

FARIAS, L. A. **Avaliação do conteúdo de Mercúrio, Metilmercúrio e outros elementos de interesse em peixes e em amostras de cabelos e dietas de pré-escolares da Região Amazônica**. 2006. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear - Aplicações) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. doi:10.11606/T.85.2006.tde-24052007-161122. Acesso em 15 de abril de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2YtyFZz> >

FARRIPAS, S. DO S. M. **Aspectos Epidemiológicos da Exposição ao Mercúrio na Região do Tapajós, no período de 1994 a 2008**. Oliveira. **Avaliação temporal da exposição humana ao mercúrio no Oeste paraense**. Universidade Federal do Pará. Núcleo de Medicina Tropical. Programa de Pós-Graduação em Doenças Tropicais. Belém, Pará, 2010. Acesso em 24 de março de 2023. Disponível em < [https://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/3885/1/Dissertacao AspectosEpidemiologicosExposicao.pdf](https://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/3885/1/Dissertacao%20AspectosEpidemiologicosExposicao.pdf) >

FEIJÃO, A. J.; PINTO, J. A. **Amazônia e a saga do Ouro do Século 20**. In: Garimpo, Meio Ambiente e Sociedade Indígenas, p.18-36. Ed. L. Barbosa; A.L. Lobato; J.A. Drummond, EDUFF- Ed. Universidade. Fluminense, Niterói, RJ. 1992.

FEITOSA-SANTANA, C.; COSTA, M. F.; LAGO, M.; VENTURA, D. F. **Long-term loss of color vision after exposure to mercury vapor**. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, 40 (3). 2007. pp. 409-414, 10.1590/S0100-879x20070003000179.

FEITOSA-SANTANA, C.; SOUZA, G. D. S.; SIRIUS, E. V. P.; RODRIGUES, A. R.; CORTES, M. I. T.; SILVEIRA, L. C. L.; VENTURA, D. F. **Color vision impairment with low-level methylmercury exposure of an Amazonian population - Brazil**. *Neurotoxicology*. 2018 May; 66:179-184. DOI: 10.1016/j.neuro.2018.01.010. PMID: 29432854. Acesso em: 18 de março de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/3pu2aaV> >

FILLION, M.; MERGLER, D.; SOUSA PASSOS, C. J.; LARRIBE, F.; LEMIRE, M.; GUIMARÃES, J. R. **A preliminary study of mercury exposure and blood pressure in the Brazilian Amazon**. *Environ Health* 5, 29. 2006. Acesso em: 27 de janeiro de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2vKoK5J> >

FILLION, M.; PASSOS, C. J.; LEMIRE, M.; FOURNIER, B.; MERTENS, F.; GUIMARÃES, J. R.; MERGLER, D. **Quality of life and health perceptions among fish-eating communities of the Brazilian Amazon: an ecosystem approach to well-being**. *Ecohealth*. Mar; 6(1):121-34. 2009. doi: 10.1007/s10393-009-0235-z.

Epub 2009 Aug 11. PMID: 19669837. Acesso em 19 de maio de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2vL2ed5> >

FIOCRUZ. FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca. **Avaliação Da Exposição Ambiental Ao Mercúrio Proveniente De Atividade Garimpeira De Ouro Na Terra Indígena Yanomami, Roraima, Amazônia, Brasil**. FIOCRUZ; 2016. Acesso em 14 de abril de 2024. Disponível em < <https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/documents/yad00603.pdf> >

FIOCRUZ. FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. 2024. Disponível em < <https://portal.fiocruz.br/noticia/2024/04/yanomamis-de-nove-aldeias-assediadas-pelo-garimpo-estao-contaminados-por-mercurio> >

FONSECA, M. F.; TORRES, J. P. M.; MALM, O. **Interferentes ecológicos na avaliação cognitiva de crianças ribeirinhas expostas a metilmercúrio: o peso do subdesenvolvimento**. Oecologia Brasiliensis. ISSN 1981-9366, Vol. 11, Nº. 2, 2007, pags. 277-296. 11. 10.4257/oeco.2007.1102.11. Acesso em 24 de junho de 2024. Disponível em < <https://www.researchgate.net/publication/28224219> **Interferentes ecologicos na avaliacao cognitiva de criancas ribeirinhas expostas a metilmercuri o peso do subdesenvolvimento** >

FORSBERG, B. R.; MELACK, J. M.; DUNNE, T., BARTHEM, R. B., GOULDING, M., PAIVA, R.C., Sorribas, M.V., Silva, U.L., & Weisser, S. **The potential impact of new Andean dams on Amazon fluvial ecosystems**. *PLoS ONE*, 12. 2017.

FORSTNER, U.; PATCHINEELAM, S. R. **Binung und remobilisierung von Schwermetallen in Fluvitilen**. Chemikerzeitung 49-57. 1976.

FREITAS, J. S.; LACERDA, E. M. DA C.; MARTINS, I. C. V. DA; RODRIGUES, D.; BONCI, D. M.; CORTES, M. I. T.; CORVELO, T. C. O.; VENTURA, D. F.; SILVEIRA, L. C. DE L.; PINHEIRO, M. DA C. N.; SOUZA, G. DA S.; **Cross-sectional study to assess the association of color vision with mercury hair concentration in children from Brazilian Amazonian riverine communities**, NeuroToxicology, Volume 65, 2018, Pages 60-67, ISSN 0161-813X. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2018.02.006>. Acesso em 09 de abril de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/3diSei9> >

FRUSTACI A.; ENRICO S.; SALVADOR F.; MASSIMO F.; RICCARDO D. T.; MARCO, T.; EMANUELA. M.; MARIA R. C. MATTEO, A. R., CRISTINA, C. **Slenium and zinc deficiente cardiomyopathy in human intestinal malabsorption: preliminar results of selenium/zinc infuson**. European Journal of Heart Failure., v.14, p.202-210, 2012. Acesso em: 06 de abril de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22186680/> >

GARDNER, R. M.; NYLAND, J. F.; SILVA, I. A.; VENTURA, A. M.; SOUZA, J. M.; SILBERGELD, E. K. **Mercury exposure, serum antinuclear/antinucleolar antibodies, and serum cytokine levels in mining populations in Amazonian Brazil: a cross-sectional study**. Environ Res. 2010;110(4):345–354.

GARNELO L. **Specificities and challenges of public policies in the Brazilian Amazon.** Cadernos de Saúde Pública. 2019; 35(12):e00220519. Acesso em 16 de fevereiro de 2024. Disponível em < <https://doi.org/10.1590/0102-311X00220519> >

GARNELO, L.; SOUSA, A. B. L.; SILVA, C. O. **Regionalização em saúde no Amazonas: avanços e desafios.** Ciênc Saúde Colet 2017; 22:1225-34. Acesso em 17 de fevereiro de 2024.

GERSON, J. R.; SZPONAR, N.; ZAMBRANO, A. A. et al. **Amazon forests capture high levels of atmospheric mercury pollution from artisanal gold mining.** Nat Commun 13, 559. 2022. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-27997-3>.

GIBB, H; O'LEARY, K. G. **Mercury exposure and health impacts among individuals in the artisanal and small-scale gold mining community: a comprehensive review.** Environ Health Perspect. 2014;122(7):667-672. doi: 10.1289/ehp.1307864. Acesso em 03 de maio de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24682486/> >

GOLDMAN, L. R.; SHANNON, M. W. **Laudo técnico: mercúrio no ambiente: implicações para o pediatra.** Pediatria 2001; 108(1):197–205. [DOI: 10.1542/peds.108.1.197] [PMID: 11433078]

GOMES, V. M.; DOS SANTOS, A.; ZARA, L. F.; RAMOS, D. D.; FORTI, J. C.; RAMOS, D. D.; SANTOS, F. A. **Study on mercury methylation in the Amazonian rivers in flooded areas for hydroelectric use.** Water Air Soil Pollut. 2019, 230, 211.

GONZALEZ-ESTECHA, M. et al. **Documento de consenso sobre la prevención de la exposición al metilmercurio en España.** Nutricion Hospitalaria, 31(1), 2015, pp. 16–31. doi: 10.3305/nh.2015.31.1.8392. Acesso em 21 de junho de 2024. Disponível em < https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112015000100002 >

GOUVEIA, N. **Saúde e meio ambiente nas cidades: os desafios da saúde ambiental.** Saúde e Sociedade, 8(1), 2010, pp. 49–61. doi: 10.1590/s0104-12901999000100005.

GROTTO, D.; VALENTINI, J.; FILLION, M.; PASSOS, C. J. S.; GARCIA, S. C.; MERGLER, D.; BARBOSA, F. **Mercury exposure and oxidative stress in communities of the Brazilian Amazon.** Science of The Total Environment, Volume 408, Issue 4, 2010, Pages 806-811, ISSN 0048-9697. Acesso em: 12 de junho de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2WsMAPe> >

GUIMARÃES, J.; FOSTIER, A.; FORTI, M.; MELFI, J.; KEHRIG, H.; MAURO, J.; MALM, O.; KRUG, F. **Mercury in Human and Environmental Samples from Two Lakes in Amapá, Brazilian Amazon.** Ambio. 28. 1999. Acesso em 02 de abril de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2WMeEgV> >

HACON, S.; DÓREA, J.; FONSECA, M.; OLIVEIRA, B.; MOURÃO, D.; RUIZ, C.; GONÇALVES, R.; MARIANI, C.; BASTOS, W. **The influence of changes in lifestyle and mercury exposure in riverine populations of the Madeira River (Amazon**

Basin) near a hydroelectric project. Int. J. Environ. Res. Public Health 2014, 11, 2437–2455. Acesso em 29 de abril de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24577285/> >

HACON S; ROCHEDO, E. R; CAMPOS, R.; ROSALES, G.; LACERDA, L. D. **Água Ar Solo Poluído** 1997; 97:91-105.

HACON, S.; YOKOO, E.; VALENTE, J.; CAMPOS, R.; SILVA, V. A.; MENEZES, A. C. C; MORAES, L.; IGNOTTI, E. **Exposure to Mercury in Pregnant Women from Alta Floresta—Amazon Basin, Brazil.** Environmental research. 2000. 84. 204-10. 10.1006/enrs.2000.4115. Acesso em 05 de janeiro de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2w3nz1b> >

HACON, S. et al. **An overview of Mercury contamination Research in the Amazon basin with na emphasis on Brazil.** Cad. Saúde Pública, 24 (7). 2008. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2008000700003>.

HACON, S. DE S.; OLIVEIRA-DA-COSTA, M.; GAMA, C. DE S.; FERREIRA, R.; BASTA, P.C.; SCHRAMM, A.; YOKOTA, D. **Mercury Exposure through Fish Consumption in Traditional Communities in the Brazilian Northern Amazon.** Int. J. Environ. Res. Public. Health, 2020, 17, 5269, doi:10.3390/ijerph17155269.

HARADA, M.; NAKANISHI, J.; YASODA, E.; PINHEIRO, M. C.; OIKAWA, T. DE A. G. G.; DA SILVA, C. B.; KIZAKI, T.; OHNO, H. **Mercury pollution in the Tapajos River basin, Amazon: mercury level of head hair and health effects.** Environ Int. 2001 Oct;27(4):285-90. doi: 10.1016/s0160-4120(01)00059-9. PMID: 11686639. Acesso em 18 de janeiro de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2vRUtj> >

HEALTH CANADÁ. **Prenatal Nutrition guidelines for health professionals – Fish and ômega-3 fatty acids.** 2009.

HENDRICKS, A. **A model to predict concentrations and uncertainty for mercury species in lakes.** 2018. Acesso em 20 de junho de 2024. Disponível em < https://www.researchgate.net/publication/325314661_A_model_to_predict_concentrations_and_uncertainty_for_mercury_species_in_lakes/citation/download >

HONDA, S.; HYLANDER, L.; SAKAMOTO, M. **Recent advances in evaluation of health effects on mercury with special reference to methylmercury-A minireview.** Environ Health Prev Med. 2006 Jul;11(4):171-6. doi: 10.1007/BF02905275. PMID: 21432376; PMCID: PMC2723288. Acesso em 21 de junho de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21432376/> >

HONG, Y. S.; KIM, Y. M.; LEE, K. E. **Methylmercury exposure and health effects.** Journal of Preventive Medicine and Public Health, 45(6). 2012, pp. 353–363. doi: 10.3961/jpmph.2012.45.6.353. Acesso em 03 de fevereiro de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23230465/> >

HOSHINO, A.; PACHECO-FERREIRA, H.; SANCHES, S. G.; CARVALLO, R., CARDOSO, N.; PEREZ, M.; CÂMARA, V. DE M. **MERCURY EXPOSURE IN A RIVERSIDE AMAZON POPULATION, BRAZIL: A study of the ototoxicity of**

methylmercury. Int Arch Otorhinolaryngol. 2015 Apr;19(2):135-40. doi: 10.1055/s-0034-1544115. Epub 2015 Feb 19. PMID: 25992169; PMCID: PMC4399177. Acesso em 23 de maio de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2J8FIJ9> >

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de orçamento familiares 2008-2009**. Coordenação de Trabalho e rendimento. Rio de Janeiro, IBGE. 2011.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas da população residente nos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2018**. Disponível em < <https://www.ibge.gov.br/estatisticasnovoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados> >

ILO. INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. **Exposure to mercury in the world of work: A review of the evidence and key priority actions**. 2022. Acesso em 21 de junho de 2024. Disponível em < <https://minamataconvention.org/en/resources/exposure-mercury-world-work-review-evidence-and-key-priority-actions> >

JESUS, L. F.; MOREIRA, M. D.; AZEVEDO, S. V.; BORGES, R. M.; GOMES, R. K.; BERGAMINI, F. P.; TEIXEIRA, L. R. **Avaliação dos níveis de chumbo e mercúrio em população exposta ambientalmente na Região Centro-oeste do Brasil**. *Cadernos De Saude Publica*, 34 (2). 2018. e00034417 doi: 10.1590/0102-311x00034417. Acesso em 19 de abril de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/3wKnJKa> >

JONASSON I. R; BOYLE R. W. **Bull Can Inst Min Metal** v.65, p.32-9 (1972) como citado em Nat'l Research Council Canada; Effects of Mercury in the Canadian Environment. 1979; p.32. NRCC No.16739.

KAKAREKA, S. V., KUKHARCHYK, T. I. **Trends of Mercury emissions from the CHLORALKALY industry in FECCA**. INT. J. Environ. Sci. (India) 2, 1585-1595. 2012.

KEHRIG, H. DO A.; HOWARD, B. M.; MALM, O. **Methylmercury in a predatory fish (Cichla spp.) inhabiting the Brazilian Amazon, Environmental Pollution**. Volume 154, Issue 1, 2008, Pages 68-76, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.12.038>. Acesso em 12 de junho de 2024. Disponível em < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749107006197> >

KEHRIG, H. A.; et al. **Methyl and total mercury found in two man-made Amazonian reservoirs**. Journal of the Brazilian Chemical Society 20 (2009): 1142-1152. Acesso em 21 de junho de 2014. Disponível em < <https://www.scielo.br/j/jbchs/a/dnJfYkYLN4hThm9whgZfVmd/#> >

KHOURY, E. D. T.; SOUZA, G. DA S.; SILVEIRA, L. C. DE L.; COSTA, C. A. DA; ARAÚJO, A. A DE; PINHEIRO, M. DA C. N. **Manifestações neurológicas em ribeirinhos de áreas expostas ao mercúrio na Amazônia brasileira TT - Neurological manifestations in riverine populations from areas exposed to**

mercury in the Brazilian Amazon TT - Manifestaciones neurológicas en las comuni. Cad saúde pública. 2013; 29(11):2307-2318. Acesso em: 6 de setembro de 2023. Disponível em < http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&%0Apid=S0102-311X2013001600017 >

LACERDA, E. M. D. C. B.; SOUZA, G. D. S.; CORTES, M. I. T.; RODRIGUES, A. R.; PINHEIRO, M. C. N.; SILVEIRA, L. C. D. L.; VENTURA, D. F. **Comparison of Visual Functions of Two Amazonian Populations: Possible Consequences of Different Mercury Exposure.** Front. Neurosci. 2020. 13, 1428. Acesso em 14 de junho de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2NxOQFI> >

LACERDA, L. D.; PFEIFFER, W. C.; Ott, A. T.; SILVEIRA, E. G. **Mercury contamination in the Madeira River, Amazon Hg inputs to the environment.** Biotropica 1989; 21:91-3.

LACERDA, L. D. **Ciclo biogeoquímico do mercúrio na Amazônia.** in: **Seminário Nacional: Riscos e Conseqüências do Uso do mercúrio.** FINEP, MIN. SAÚDE, IBAMA, CNPq. pg.202. Brasília. 1990.

LECHLER, P. J.; MILLER, J. R.; LACERDA, L. D.; VINSON, D.; BONZONGO, J. C.; LYONS, W. B.; WARWICK, J. J. **Elevated Mercury concentrations I soils, sediments, water, and fish of the Madeira River basin, Brazilian Amazon: a function of natural enrichments?** Science of the Total Environment, v.260, p.87-96, 2000. Acesso em 07 de abril de 2024. Disponível em < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896970000543X?via%3Dihub> >

LEINO, T.; LODENIUS, M. **Human hair mercury levels in Tucuruí area, State of Pará, Brazil.** Sci Total Environ. Dec 11;175(2):119-25. 1995. doi: 10.1016/0048-9697(95)04908-j. PMID: 8560241. Acesso em 18 de maio de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8560241/> >

LI, S. J.; ZHANG, S. H.; CHEN, H. P.; ZENG, C. H.; ZHENG, C. X, LI, L. S.; LIU, Z. H. **Mercury-induced membranous nephropathy: clinical and pathological features.** Clin J Am Soc Nephrol. 2010 Mar;5(3):439-44. doi: 10.2215/CJN.07571009. Epub 2010 Jan 14. PMID: 20089494; PMCID: PMC2827581. Acesso em 21 de junho de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20089494/> >

LIMA, A. C. M. DE. **Estado Nutricional e desenvolvimento motor de crianças ribeirinhas expostas ao mercúrio no estado do Pará – Amazônia brasileira.** Belém (PA):UFPA, 2014.p.0. Acesso em: 24 outubro de 2023. Disponível em < <https://bit.ly/2VoeRdd> >

LIMA, C. DOS S.; **Efeitos neuropsicológicos da exposição ao mercúrio em crianças e adolescentes da região do Rio Madeira – Rondônia.** Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Psicologia - PPGPSI) -- Universidade Federal da Bahia, Instituto de Psicologia, 2018. Acesso em: 07 de abril de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/30jffsj> >

LIMA, D. P.; SANTOS, C.; SILVA, R. D.; YOSHIOKA, E. T.; BEZERRA, R. M. **Contaminação por metais pesados em peixes e água da Bacia do Rio Cassiporé, Estado do Amapá, Brasil.** *Acta Amazonica*, 45, 405-414. (2015). Acesso em 05 de abril de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/30kqvVt> >

LINO, A. S.; KASPER, D.; GUIDA, Y.; THOMAZ, J. R.; MALM, O. **Mercury and selenium in fishes from the Tapajós River in the Brazilian Amazon: An evaluation of human exposure.** *Journal of trace elements in medicine and biology: organ of the Society for Minerals and Trace Elements*, 48, 196-201. 2018. Acesso em: 13 de junho de 2024. Disponível em < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0946672X18301913> >

LINO, A. S.; KASPER, D.; GUIDA, Y.; THOMAZ, J. R.; MALM, O. **Total and methyl mercury distribution in water, sediment, plankton and fish along the Tapajós River basin in the Brazilian Amazon.** *Chemosphere* 235. 2019. 690-700. Acesso em: 5 de setembro de 2023. Disponível em < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653519314535?via%3Dihub> >

LINHARES, D. P.; DA SILVA, J. M.; DE LIMA, T. R.; GOMES, J. P. O.; ALMEIDA, R.; BASTOS, W. R. **Mercúrio em diferentes tipos de solos marginais do baixo rio madeira – amazônia ocidental.** *Geochimica Brasiliensis*, 23(1) 117-130, 2009.

LOHREN, H.; BLAGOJEVIC, L.; FITKAU, R.; EBERT, F.; SCHILDKNECHT, S.; LEIST, M.; SCHWERDTLE, T. **Toxicity of organic and inorganic mercury species in differentiated human neurons and human astrocytes.** *J Trace Elem Med Biol.* 2015 Oct; 32:200-8. doi: 10.1016/j.jtemb.2015.06.008. Epub 2015 Jul 15. PMID: 26302930. Acesso em 21 de junho de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26302930/> >

LOUVINSON, M. C. P. **Regionalização dos sistemas de saúde como resposta às desigualdades territoriais: um debate necessário.** *Cad Saúde Pública* 2019; 35 Suppl 2:e00116019.

MACHADO, E. S. **A atividade garimpeira na província mineral do Tapajós e sua influência na produção do espaço.** In: Encontros Nacionais da Anpur. 15., 2013, Recife. Anais. Recife: [s.n.], 2013. Acesso em 20 de abril de 2024. Disponível em < <https://www.semanticscholar.org/paper/A-atividade-garimpeira-na-provincia-mineral-do-e-na-Machado/5469943ead7ab696f356846a1c61cc9d4f89ee0e> >

MALEK, A.; AOUAD, K.; KHOURY, E. L. R.; HALABI-TAWIL, M.; CHOUCAIR, J. **Chronic Mercury Intoxication Masquerading as Systemic Disease: A Case Report and Review of the Literature.** *Eur J Case Rep Intern Med.* 2017 May 24;4(6):000632.

MALM, O.; PFEIFFER, W. C.; SOUZA, C. M. M.; REUTHER, R. **Mercury pollution due to gold mining in the Madeira river basin, Brazil.** *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 19 (1990): 11-15.

MALM, O.; BRANCHES, F. J.; AKAGI, H.; CASTRO, M. B.; PFEIFFER, W. C.; HARADA, M.; BASTOS, W. R.; KATO, H. **Mercury and methylmercury in fish and human hair from the Tapajós river basin, Brazil.** *Sci. Total Environ.* 175, 141–150. 1995. Acesso em 16 de fevereiro de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8560242/> >

MALM, O.; DÓREA, J. G.; BARBOSA, A. C.; PINTO, F. N.; WEIHE, P. **Sequential hair mercury in mothers and children from a traditional riverine population of the Rio Tapajós, Amazonia: seasonal changes.** *Environ Res.* 2010 Oct;110(7):705-9. doi: 0.1016/j.envres.2010.07.008. Epub 2010 Jul 31. PMID: 20673660. Acesso em 20 de agosto de 2023. Disponível em < <https://bit.ly/2Vro1FV> >

MAPBIOMAS. MAPEAMENTO ANUAL DO USO E COBERTURA DA TERRA DO BRASIL. **Em 38 anos o Brasil perdeu 15% de suas florestas naturais. 2023.** Acesso em: 20 de fevereiro de 2024. Disponível em < <https://brasil.mapbiomas.org> >

MARINHO, J. S.; LIMA, M. O.; DE OLIVEIRA SANTOS, E. C.; DE JESUS, I. M.; DA CONCEIÇÃO, N.; PINHEIRO, M.; ALVES, C. N.; MULLER, R. C. **Mercury speciation in hair of children in three communities of the Amazon, Brazil.** *Biomed Res Int.* 2014; 945963. doi: 10.1155/2014/945963. Epub 2014 Mar 11. PMID: 24734253; PMCID: PMC3966328. Acesso em 21 de junho de 2024. Disponível em: < <https://bit.ly/3HiPaPZ> >

MARQUES, R. C.; BERNARDI, J. V. E.; DÓREA, J. G.; BRANDÃO, K. G.; BUENO, L.; LEÃO, R. S.; MALM, O. **Fish Consumption during Pregnancy, Mercury Transfer, and Birth Weight along the Madeira River Basin in Amazonia.** *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2013. 10(6):2150-2163. Acesso em 20 de setembro de 2023. Disponível em < <https://doi.org/10.3390/ijerph10062150> >

MARQUES, R. C.; DÓREA, J. G.; MCMANUS, C.; LEÃO, R. S.; BRANDÃO, K. G.; MARQUES, R. C.; VIEIRA, I. H.; GUIMARÃES, J. R. D.; MALM, O. **Hydroelectric reservoir inundation (Rio Madeira Basin, Amazon) and changes in traditional lifestyle: Impact on growth and neurodevelopment of pre-school children.** *Public Health Nutr.* 14, 661–669. 2011.

MARQUES, R. C.; DÓREA, J. G.; LEÃO, R. S.; DOS SANTOS, V. G.; BUENO, L.; MARQUES, R. C.; BRANDÃO, K. G.; PALERMO, E. F.; GUIMARÃES, J. R. D. **Role of methylmercury exposure (from fish consumption) on growth and neurodevelopment of children under 5 years of age living in a transitioning (tin-mining) area of the western Amazon, Brazil.** *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2012, 62, 341–350.

MARQUES, R. C.; BERNARDI, J. V. E.; ABREU, L.; DÓREA, J. G. **Neurodevelopment Outcomes in Children Exposed to Organic Mercury from Multiple Sources in a Tin-Ore Mine Environment in Brazil.** *Arch Environ. Contam. Toxicol.* 2015, 68, 432–441.

MARQUES, R. C.; BERNARDI, J. V. E.; CUNHA, M. P. L.; DÓREA, J. G. **Impact of organic mercury exposure and home delivery on neurodevelopment of Amazonian children.** *Int. J. Hyg. Environ. Health* 2016, 219, 498–502.

MARTINELLI, L. A.; FERREIRA, J. R.; FORSBERG, B. R.; VICTORIA, R. L. **Mercury contamination in the Amazon - a gold rush consequence.** *Ambio* 17:252-4. 1988. Acesso em 22 de junho de 2024. Disponível em < [https://www.researchgate.net/publication/282386830 Mercury contamination in the Amazon A gold rush consequence](https://www.researchgate.net/publication/282386830_Mercury_contamination_in_the_Amazon_A_gold_rush_consequence) >

MASCARENHAS, A.; BRABO, E.; DA SILVA, A.; FAIAL, K.; DE JESUS, I.; SANTOS, E. **Avaliação da concentração de mercúrio em sedimentos e material particulado no Rio Acre, estado do Acre, Brasil.** *Acta Amazonica*. 34. 10.1590/S0044-59672004000100008. 2004.

MAURICE-BOURGOIN, L.; QUIROGA, I.; CHINCHEROS, J.; COURAU, P. **Mercury distribution in waters and fishes of the upper Rio Madeira and mercury exposure in riparian Amazonian populations.** *Sci Total Environ*, 260: 73-86. 2000. Acesso em 18 de setembro de 2023. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11032117/> >

MAURICE-BOURGOIN, L., AALTO, R. & GUYOT, J. L. **Sediment-associated mercury distribution within a major Amazon tributary: century-scale contamination history and importance of the flood plain accumulation.** In: *The Structure, Function and Management Implications of Fluvial Sedimentary System* (ed. by F. Dyer, M. C. Thoms & J. M. Olley), 161–168. IAHS Publ. 276. IAHS Press, Wallingford, UK. 2002

MENDES, V. A.; DE CARVALHO, D. P.; DE ALMEIDA, R. DO N RECKTENVALD, M. C. N.; PEDROSA, O. P.; DE SOUSA-FILHO, I. F.; DÓREA J. G.; BASTOS, W. R. **Mercury in blood, hair, and feces from subsistence fish-eating riverines of the Madeira River Basin (Western Amazon).** *J Trace Elem Med Biol*. 2021 Sep; 67:126773. doi: 10.1016/j.jtemb.2021.126773. Epub 2021 May 9. PMID: 33993005. Acesso em 17 de janeiro de 2023. Disponível em < <https://bit.ly/3aSYCxq> >

MENESES, H. D. N. D. M.; OLIVEIRA-DA-COSTA, M.; OLIVEIRA, A. C.; MORAIS, C. G.; PEREIRA, R. J. B.; SOUZA, S. M. S.; HACON, S. D. S. **Contaminação por mercúrio: uma ameaça crescente às comunidades ribeirinhas e urbanas na Amazônia brasileira.** *Res. Saúde Pública*. 2022, 19, 2816. Acesso em 03 de junho de 2024. Disponível em < <https://doi.org/10.3390/ijerph19052816> >

MENSAH, E. K.; AFARI, E.; WURAPA, F.; SACKKEY, S.; QUAINOO, A.; KENU, E.; NYARKO, K. M. **Exposure of Small-Scale Gold Miners in Prestea to Mercury, Ghana, 2012.** *Pan Afr Med J*. 2016 Oct 1;25(Suppl 1):6. doi: 10.11604/pamj.supp.2016.25.1.6171. PMID: 28210374; PMCID: PMC5292116. Acesso em 13 de novembro de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28210374/> >

MERTENS, F.; SAINT-CHARLES, J.; MERGLER, D.; PASSOS, C. J.; LUCOTTE, M. **A network approach for analysing and promoting equity in participatory ecohealth research.** *EcoHealth* 2005; 2:113-26.

MILHOMEM FILHO, E. O. **Avaliação da exposição mercurial em famílias de pescadores em Imperatriz, Maranhão.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Pará. Núcleo de Medicina Tropical. Programa de Pós-Graduação em Doenças Tropicais, Belém, 2012. Acesso em 13 de junho de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/3wlgZlu> >

MILHOMEM FILHO, E. O.; OLIVEIRA, C. S. B. DE ; SILVEIRA, L. C. DE L.; CRUZ, T. M.; SOUZA, G. DA S.; COSTA JUNIOR, J. M. F.; PINHEIRO, M. DA C. N. **A ingestão de pescado e as concentrações de mercúrio em famílias de pescadores de Imperatriz (MA).** *Revista Brasileira de Epidemiologia.* 2016. 19. 14-25. 10.1590/1980-5497201600010002. Acesso em: 9 de novembro de 2023. Disponível em < <https://bit.ly/2VoeaQX> >

MIRANDA, M. R.; COELHO-SOUZA, S. A.; GUIMARÃES, J. R.; CORREIA, R. R.; OLIVEIRA, D. C. (2007). **Mercúrio em sistemas aquáticos: fatores ambientais que afetam a metilação.** *Oecologia Brasiliensis*, 11(2), pp. 240–251. doi: 10.4257/oeco.2007.1102.08. 2007. Acesso em 08 de fevereiro de 2024. Disponível em < https://www.researchgate.net/publication/28224211_Mercurio_em_sistemas_aquaticos_Fatores_ambientais_que_afetam_a_metilacao >

MISERENDINO, R. A.; GUIMARÃES, J. R. D.; SCHUDEL, G.; GHOSH, S.; GODOY, J. M.; SILBERGELD, E. K.; LEES, P. S. J.; BERGQUIST, B. A. **Mercury pollution in Amapá, Brazil: Mercury amalgamation in artisanal and small-scale gold mining or land-cover and land-use changes?** *ACS Earth and Space Chemistry.* 2 (5), 2018, 441-450. DOI: 10.1021/acsearthspacechem.7b00089. Acesso em 19 de maio de 2024. Disponível em < <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsearthspacechem.7b00089> >

NALEWAY, C.; CHOU, H. N.; MULLER, T.; DABNEY, J.; ROXE, D.; SIDDIQUI, F. **Triagem no local para concentrações urinárias de Hg e correlação com a função tubular glomerular e renal.** *J Saúde Pública Dent.* 51(1):12–7. 1991 [DOI: 10.1111/j.1752-7325.1991.tb02169.x] [PMID: 2027097].

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Toxicological Effects of Methylmercury.** Washington, DC: National Academies Press. 2000.

OIKAWA, T. **Hormônios tireoidianos, anti-tpo e concentrações de mercúrio total na avaliação da disfunção glandular em população ribeirinha da Amazônia.** Universidade Federal do Pará. Núcleo de Medicina Tropical, Belém. Tese (Doutorado). 2015. Acesso em 03 de junho de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2V5fwew> >

OLIVEIRA, C. S. B. DE. **Marcadores oxidantes e antioxidantes em populações expostas ao mercúrio em diferentes regiões geográficas do estado do Pará, Amazônia Brasileira.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará.

Núcleo de Medicina Tropical. Programa de Pós-Graduação em Doenças Tropicais. Belém, 2014. Acesso em 19 de abril de 2024. Disponível em < https://www.repositorio.ufpa.br/bitstream/2011/9193/1/Dissertacao_MarcadoresOxidantesAntioxidantes.pdf >

OLIVEIRA, C. S. B. DE; LIMA, A. A. DA S.; SÁ, A. B.; PINHEIRO, M. DA C. **Mercúrio e glutatona em pescadoras do nordeste paraense**. Revista Revinter. V.11 N. 2. Núcleo de Medicina Tropical da UFPA. 2018. Acesso em 13 de junho de 2024. Disponível em < <https://doi.org/10.22280/revintervol11ed2.333> >

OLIVEIRA, L. J.; HYLANDER, L. D.; SILVA, E. DE C. E. **Mercury Behavior in a Tropical Environment: The Case of Small-Scale Gold Mining in Poconé, Brazil**. Environmental Practice, 6(2) 121–134. 2004. Acesso em 08 de novembro de 2024. Disponível em <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1017/S1466046604000237> >

OLIVEIRA, R. A. A.; PINTO, B. D.; REBOUÇAS, B. H.; CIAMPI DE ANDRADE D; VASCONCELLOS, A. C. S.; BASTA, P. C. **Neurological Impacts of Chronic Methylmercury Exposure in Munduruku Indigenous Adults: Somatosensory, Motor, and Cognitive Abnormalities**. Int J Environ Res Public Health. 2021 Sep 29;18(19):10270. doi: 10.3390/ijerph181910270. PMID: 34639574; PMCID: PMC8507861. Acesso em 02 de outubro de 2023. Disponível em < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8507861/> >

O'CONNOR, D.; HOU, D.; SIK OK, Y.; MULDER, J.; DUAN, L.; WU, Q.; WANG, S.; TACK, F. M. G. T.; RINKLEBE, J. **Mercury speciation, transformation, and transportation in soils, atmospheric flux, and implications for risk management: A critical review**. Environment International, Volume 126. 2019. Pages 747-761, ISSN 0160-4120. Acesso em 20 de abril de 2020. Disponível em < <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.03.019>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412018327806>) >

PASSOS, C. J.; MERGLER, D.; GASPAR, E.; MORAIS, S.; LUCOTTE, M.; LARRIBE, F.; DAVIDSON, R.; GROSOBOIS, S. DE. **Eating tropical fruit reduces mercury exposure from fish consumption in the Brazilian Amazon**. Environmental Research, Volume 93, Issue 2, 2003, Pages 123-130, ISSN 0013-9351, [https://doi.org/10.1016/S0013-9351\(03\)00019-7](https://doi.org/10.1016/S0013-9351(03)00019-7). Acesso em 20 de novembro de 2024. Disponível em < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935103000197> >

PASSOS, C. J. S.; MERGLER, D.; FILLION, M.; LEMIRE, M.; MERTENS, F.; GUIMARÃES, J. R. D.; PHILIBERT, A. **Epidemiologic confirmation that fruit consumption influences mercury exposure in riparian communities in the Brazilian Amazon**. Environmental Research, Volume 105, Issue 2, 2007, Pages 183-193, ISSN 0013-9351, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2007.01.012>. Acesso em: 04 de março de 2024. Disponível em < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935107000382> >

PASSOS, C. J. S.; MERGLER, D. **Human mercury exposure and adverse health effects in the Amazon: a review**. Cadernos de Saúde Pública [online]. 2008, v. 24,

suppl 4 Acesso em 24 de setembro de 2024. Disponível em < <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2008001600004> >

PASSOS, C. J.; DA SILVA, D. S.; LEMIRE, M.; FILLION, M.; GUIMARÃES, J. R.; LUCOTTE, M.; MERGLER, D. **Daily mercury intake in fish-eating populations in the Brazilian Amazon.** J Expo Sci Environ Epidemiol. 2008. Jan;18(1):76-87. doi: 10.1038/sj.jes.7500599. Epub 2007 Sep 5. PMID: 17805232. Acesso em 17 de abril de 2024. Disponível em < <https://doi.org/10.1038/sj.jes.7500599> >

PEHNEC, G.; SISOVIĆ, A.; VADJIĆ, V.; ZUZUL, S. **Influence of waste dump remediation on the levels of mercury in the air.** Bull Environ Contam Toxicol. 2010 May;84(5):623-7. doi: 10.1007/s00128-010-9991-2. Epub 2010 Apr 18. PMID: 20401647. Acesso em: 13 de junho de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20401647/> >

PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F.; M. L. C.; LOPES, R. M. G.; KUMMROW, F. **Manual de Epidemiologia: nível médio.** Santos (SP). Editora Universitária Leopoldina, 2015. 84p.

PFEIFFER, W. C.; DE LACERDA, L. D. **Mercury inputs into the Amazon region, Brazil.** Environ. Technol. 1988, 9, 325–330. Acesso em 23 de junho de 2024. Disponível em < <https://www.semanticscholar.org/paper/Mercury-inputs-into-the-Amazon-Region%2C-Brazil-Pfeiffer-Lacerda/e5a69d32b97b6a0206d2ea95fd44f9c6c9a0364b> >

PFEIFFER, W. C.; LACERDA, L. D. DE; MALM, O.; SOUZA, C. M. M.; SILVEIRA, E. G. DA; BASTOS, W. R. **Mercury concentrations in inland waters of gold-mining areas in Rondônia, Brazil.** The Science of the total environment 87-88 (1989): 233-40. Acesso em: 06 de abril de 2024. Disponível em < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0048969789902386?via%3Dihub> >

PINHEIRO, M. C. N.; MULLER, R. C. S.; SARKIS, J. E.; VIEIRA, J. L. F.; OIKAWA, T.; GOMES, M. S. L.; GUIMARÃES, G.A.; DO NASCIMENTO, J. L. M.; SILVEIRA, L. C. L. **Mercury and selenium concentrations in hair samples of women in fertile age from Amazon riversides communities.** Science of the Environment, v.349, p. 284-288, 2005. Acesso em 05 de fevereiro de 2014. Disponível em < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969705004122> >

PINHEIRO, M. DA C. N.; NAKANISHI, J.; OIKAWA, T.; GUIMARÃES, G.; QUARESMA, M.; CARDOSO, B.; AMORAS, W. W.; HARADA, M.; MAGNO, C.; VIEIRA, J. L. F.; XAVIER, M. B.; BACELAR, D. R. **Exposição humana ao metilmercúrio em comunidades ribeirinhas da Região do Tapajós, Pará, Brasil / Methylmercury human exposure in riverine village of Tapajos basin, Pará State, Brazil.** Rev. Soc. Bras. Med. Trop ; 33(3): 265-269, maio-jun. 2000. Tab. Disponível em < <https://bit.ly/2JpzjTS> >

PINHEIRO, M. C. N.; OIKAWA, T.; VIEIRA, J. L. F.; GOMES, M. S. V.; GUIMARÃES, G. DA; CRESPO-LÓPEZ, M. E.; MULLER, R. C. S.; AMORAS, W. W.; RIBEIRO, D. R. G.; RODRIGUES, A. R.; CÔRTEZ, M. I. T.; SILVEIRA, L. C. L. **Comparative study of**

human exposure to mercury in riverside communities in the Amazon region. Braz J Med Biol Res. 39(3):411-414. 2006. Acesso em 22 de agosto de 2023. Disponível em < <https://bit.ly/3y2qUz9> >

PINHEIRO, M. C. N.; CRESPO-LOPEZ, M. E. E.; VIEIRA, J. L. F.; OIKAWA, T.; GUIMARÃES, G. A.; ARAÚJO, C. C.; AMORAS, W. W.; RIBEIRO, D. R.; HERCULANO, A. M.; NASCIMENTO J. L. M.; SILVEIRA, L. C. L. **Mercury Pollution and Childhood in Amazon Riverside Villages.** Environment International, v.33, p.56-61, 2007. Acesso em 25 de março de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/3aPAPOJ> >

PINHEIRO, M. C. N.; MACCHI, B. M.; VIEIRA, J. L. F.; OIKAWA, T.; AMORAS, W. W.; GUIMARÃES, G. A.; COSTA, C. A.; CRESPO-LOPEZ, M. E.; HERCULANO, A. M.; SILVEIRA, L. C. L.; DO NASCIMENTO, J. L. M. **Mercury Exposure and antioxidante defenses in women: A comparative study in the Amazon.** Environmental Research, v. 107, p. 53-59, 2008. Acesso em 17 de abril de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/3zBLwyL> >

PINHEIRO, M. C. N.; FARRIPAS, S. S. M.; OIKAWA, T.; COSTA, C. A.; AMORAS, W. W.; VIEIRA, J. L. F.; SILVEIRA, A. J. A.; LIMA, A. C. M.; SOUZA, G. S.; SILVEIRA, L. C. L. **Temporal Evolution of exposure to mercury in riverside communities in the Tapajós Basin, from 1994 to 2010.** Bull Environ Contam Toxicol 2012; 89(1):119-124. Acesso em 21 de março de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/3Ocpmak> >

PIRRONE, N.; PACYNA, J. M.; BARTH, H. **Atmospheric Mercury Research in Europe,** Atmos. Environ., 35, 2997–3006, 2001.

PIRRONE, N., CINNIRELLA, S.; FENG, X.; FINKELMAN, R.; FRIEDLI, H.; LEANER, J.; MASON, R.; MUKERJEE, A.; STRACHER, G.; STREETS, D.; TELMER, K. **Global mercury emissions to the atmosphere from anthropogenic and natural sources.** Atmos. Chem. Phys. 2010. 10, 5951 – 5064. Acesso em 07 de maio de 2024. Disponível em < <https://acp.copernicus.org/articles/10/5951/2010/> >

POULIN, J.; GIBB, H. **Mercurio: Evaluación de la carga de morbilidad ambiental a nivel nacional y local.** Editora, Prüss-Üstün A. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 2008. (WHO, Serie Carga de Morbilidad Ambiental, n.º 16). Acesso em 03 de janeiro de 2024. Disponível em < <https://saludsindanio.org/articulos/americalatina/mercurio-evaluacion-carga-morbilidad-ambiental> >

PUTY, B.; LEÃO, L. K. R.; CRESPO-LOPEZ, M. E.; ALMEIDA, APCPSC, FAGUNDES, N. C. F., MAIA, L. C.; LIMA, R. R. **Association between methylmercury environmental exposure and neurological disorders: A systematic review.** J Trace Elem Med Biol. 2019 Mar; 52:100-110. doi: 10.1016/j.jtemb.2018.12.001. Epub 2018 Dec 6. PMID: 30732869. Acesso em 16 de março de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30732869/> >

QUEIROZ, J. V. et al. **Identification of biomarkers of mercury contamination in Brachyplatystoma filamentosum of the Madeira River, Brazil, using metalloproteomic strategies.** Biological trace element research, v. 187, p. 291-300, 2019.

RAISG. REDE AMAZÔNICA DE INFORMAÇÃO SOCIOAMBIENTAL GEORREFERENCIADA. 2023. Disponível em < <https://www.raisg.org/pt-br/> >

RAMOS, T. C. **Avaliação da exposição congênita ao mercúrio sobre o peso de recém-nascidos em Porto Velho-Rondônia.** Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Doenças Tropicais do Núcleo de Medicina Tropical da Universidade Federal do grau de Mestre em Doenças Tropicais. 75p. 2023. Acesso em 15 de junho de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2PUb7dB> >

RISHER, J. F.; MURRAY, H. E.; PRINCE, G. R. **Organic mercury compounds: Human exposure and its relevance to public health.** Toxicol Ind Health. 2002;18(3):109-160. doi:10.1191/0748233702th138oa

ROCHA, A.; CARDOSO, B.; REIS, B.; ALMONDES, K.; BORDON, I.; HARE, D.; FAVARO, D.; COZZOLINO, S. **GPX1 Pro198Leu polymorphism and GSTM1 deletion do not affect selenium and mercury status in mildly exposed Amazonian women in an urban population.** Science of The Total Environment, Volume 571, 2016, Pages 801-808, ISSN 0048-9697. Acesso em: 13 de junho de 2024. Disponível em < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716314991> >

RODRIGUES, A. R.; SOUZA, C. R. B.; BRAGA, P. S. S.; RODRIGUES, A. T.; SILVEIRA, E. T. B.; DAMIN, M. I. T.; CÔRTEZ, A. J. O.; CASTRO, G. A. MELLO, J. L. F.; VIEIRA, M. C. N.; PINHEIRO, D. F.; VENTURA; L. C. L. SILVEIRA. **Mercury toxicity in the Amazon: contrast sensitivity and color discrimination of subjects exposed to mercury.** Brazilian Journal of Medical and Biological Research, v. 40, n. 3, p. 415-424, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-879x2007000300018>.

RODRÍGUEZ MARTÍN-DOIMEADIOS, R. C.; BERZAS NEVADO, J. J.; GUZMÁN BERNARDO, F. J.; JIMÉNEZ MORENO, M.; ARRIFANO, G. P.; HERCULANO, A. M.; DO NASCIMENTO, J. L.; CRESPO-LÓPEZ, M. E. **Comparative study of mercury speciation in commercial fishes of the Brazilian Amazon.** Environ Sci Pollut Res Int. 2014 Jun;21(12):7466-79. doi: 10.1007/s11356-014-2680-7. Epub 2014 Mar 5. PMID: 24590602. Acesso em 16 de maio de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24590602/> >

ROULET, M.; LEBEL, J.; MERGLER, D.; LUCOTTE, M.; LARRIBE, F. **Fish diet and Mercury Exposure in a riparian Amazonian population.** Water, Air, and Soil Pollution. 97, p. 31-44, 1997.

ROULET, M.; LUCOTTE, M.; CANUEL, R.; FARELLA, N.; COURCELLES, M.; GUIMARAES, J.R.; MERGLER, D.; AMORIM, M. **Increase in mercury contamination recorded in lacustrine sediments following deforestation in the central Amazon.** Chem. Geol. 2000, 165, 243–266. Acesso em 22 de junho de 2024. Disponível em < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0009254199001722> >

ROULET, M.; LUCOTTE, M.; CANUEL, R.; RHEAULT, I.; TRAN, S.; De FREITOS GOG, Y.G.; FARELLA, N.; VALE, R.S.; PASSOS, C.J.S.; SILVA, E. J.; MERGLER,

D. & AMORIM, M. 1998. **Distribution and partition of total Mercury in Waters of the Tapajós River Basin, Brazilian Amazon.** The Science of the Total Environment, 213, 203 – 211.

SÁ, A. B.; SIMONE, C. D.; OLIVEIRA, C. S.; LIMA, A. A.; BORGES, B. E.; SANTOS, G. D.; SILVA, C. I.; MARTINS, I. C.; PINHEIRO, M. C. **Fish consumption frequency and lipid peroxidation in the riverside population of Lower Tocantins, Pará.** 2019. Acesso em 05 de maio de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/3qn16GW> >

SAMPAIO DA SILVA, D.; LUCOTTE, M.; PAQUET, S.; DAVIDSON, R. **Influence of ecological factors and of land use on mercury levels in fish in the Tapajós River basin, Amazon.** Environ Res. 2009 May;109(4):432-46. doi: 10.1016/j.envres.2009.02.011. Epub 2009 Apr 8. PMID: 19356749.

SANTOS, D.; MOSANER, M.; CELENTANO, D.; MOUTA, R.; VERÍSSIMO, A. **Índice de Progresso Social na Amazônia brasileira: IPS Amazônia 2018.** Belém: Imazon/Social Progress Imperative; 2018.

SANTOS, E. C.; CÂMARA, V. DE M.; BRABO, E DA S.; LOUREIRO, E. C.; DE JESUS, I. M.; FAYAL, K.; SAGICA, F. **Avaliação dos níveis de exposição ao mercúrio entre índios Pakaanóva, Amazônia, Brasil [Mercury exposure evaluation among Pakaanóva Indians, Amazon Region, Brazil].** Cad Saude Publica. 2003 Jan-Feb;19(1):199-206. Portuguese. doi: 10.1590/s0102-311x2003000100022. Epub 2003 Apr 1. PMID: 12700799. Acesso em 29 de outubro de 2023. Disponível em < <https://bit.ly/2LF6zJq> >

SANTOS, E. C. O.; SÁ, C.G.; JESUS, I. M. DE.; BRABO, E. S.; CÂMARA, V. M.; LIMA, M. O.; FAIAL, K. F.; MENDES, R. A.; MASCARENHAS, A. F. S. **Mercúrio no Rio Negro, Amazônia brasileira – Estudo preliminar de indicadores de exposição em populações de peixes e humanos.** Cad. saúde colet., (Rio J.) ; 13(1): 225-236, jan.-mar. 2005. Acesso em: 04 de março de 2024. Disponível em < <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-431782> >

SANTOS, E. C.; JESUS, I. M.; BRABO, E. S. *et al.* **Exposição ao mercúrio e ao arsênio em Estados da Amazônia: síntese dos estudos do Instituto Evandro Chagas/ FUNASA / Exposure to mercury and arsenic in Amazon States: a summary of studies by the Evandro Chagas Institute/ FUNASA.** 2003a. Disponível em < <https://bit.ly/2VclGJY> >

SANTOS, E. C.; JESUS, I. M.; BRABO, E. S.; LOUREIRO, E. C.; MASCARENHAS, A. F.; WEIRICH, J.; CÂMARA, V. M.; CLEARY, D. **Mercury exposures in riverside Amazon communities in Pará, Brazil.** Environ Res. 2000 Oct;84(2):100-7. doi: 10.1006/enrs. 2000. 4088. PMID: 11068923. Acesso em 21 de janeiro de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11068923/> >

SANTOS, E. O.; LOUREIRO, E. C. B.; JESUS, I.; BRABO, E. S.; SILVA, R. S. U.; SOARES, M. C. P., *et al.* **Diagnóstico das condições de saúde de uma comunidade garimpeira na região do Tapajós, Itaituba, Pará-Brasil.** Cad Saúde Pública 1992; 11:212-25.

SANTOS, E. O. **Garimpagem e saúde. In: Mathis A, Rehaag R, organizadores. Conseqüências da garimpagem no âmbito social e ambiental da Amazônia.** Belém: Editora Cepuj; 1993. p. 36-72.

SANTOS, FREITAS. J.; DA COSTA, B.; LACERDA, E. M.; DA SILVA, M. I. C. V.; RODRIGUES, D. J. R.; BONCI, D. M. O.; CORTES, M. I. T.; CORVELO, T. C. O.; VENTURA, D. F.; DE LIMA, S. L. C.; DA CONCEIÇÃO, N. P. M.; DA SILVA, S. G. **Cross-sectional study to assess the association of color vision with mercury hair concentration in children from Brazilian Amazonian riverine communities. Neurotoxicology.** 2018 Mar; 65:60-67. doi: 10.1016/j.neuro.2018.02.006. Epub 2018 Feb 8. PMID: 29428869.

SANTOS, G. M.; CORDEIRO, R. C.; FILHO E. V. S.; Turca, B.; LACERDA, L. D.; GOMES, P. R. S.; HAUSLADEN, P. A.; ALBUQUERQUE, A. L. S. **Chronology of the Atmospheric Mercury in Lagoa da Pata Basin, Upper Rio Negro Region of Brazilian Amazon.** Radiocarbon. 2001;43(2B):801-808. doi:10.1017/S0033822200041473.

SANTOS-SACRAMENTO, L.; ARRIFANO, G. P.; LOPES-ARAÚJO, A.; AUGUSTO-OLIVEIRA, M.; ALBUQUERQUE-SANTOS, R.; TAKEDA, P. Y.; SOUZA-MONTEIRO, J. R.; MACCHI, B. M.; DO NASCIMENTO, J. L. M.; LIMA, R. R.; CRESPO-LOPEZ, M. E. **Human neurotoxicity of mercury in the Amazon: A scoping review with insights and critical considerations.** Ecotoxicol Environ Saf. 2021 Jan 15; 208:111686. doi: 10.1016/j.ecoenv.2020.111686. Epub 2020 Dec 8. PMID: 33396018. Acesso em 07 de fevereiro de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33396018/> >

SARAGIH, G. S. et al. **Mercury Contamination in Selected Edible Plants and Soil from Artisanal and Small-scale Gold Mining in Sukabumi Regency, Indonesia.** Makara Journal of Science, 25(4), pp. 222–228. doi: 10.7454/mss.v25i4.1280. 2021. Acesso em 03 de maio de 2024. Disponível em < <https://scholarhub.ui.ac.id/science/vol25/iss4/4/> >

SCHLUTER, K. **Review: evaporation of Hg from soils. An integration and synthesis of current knowledge.** Environ. Geology., v.39, p.249-271, 2000. Acesso em 20 de junho de 2024. Disponível em < <https://www.semanticscholar.org/paper/Review%3A-evaporation-of-mercury-from-soils.-An-and-Schlüter/5e9e09ff55fd9bbb1e924ee7d90fd28dcbd9c9ac> >

SCHUTZMEIER, P.; FOCIL BAQUERIZO, A.; CASTILLO-TANDAZO, W.; FOCIL, N.; BOSE-O'REILLY, S. **Efficacy of N,N'-bis-(2-mercaptoethyl) isophthalamide on mercury intoxication: a randomized controlled trial.** Environ Health. 2018 Feb 14;17(1):15. doi: 10.1186/s12940-018-0358-1. PMID: 29444690; PMCID: PMC5813329. Acesso em: 13 de maio de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/> >

SERRA, C. V.; SILVA, T. M.; BERNARDI, J. V. E. **Dinâmica de exposição ao mercúrio em população do Alto Rio Madeira, Rondônia – Brasil.** Fórum Ambiental da Alta Floresta. ISSN 1980 – 0827 – Volume 17, número 4, 2021. Acesso em 23 de abril de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/3wtNrSL> >

SHERMAN, L. S.; BLUM, J. D.; BASU, N.; RAJAEI, M.; EVERS, D. C.; BUCK, D. G., et al. **Assessment of mercury exposure among small-scale gold miners using mercury stable isotopes.** Environ Res 137:226–234. 2015. Acesso em 22 de maio de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25577187/> > <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.12.021>.

SILBERNAGEL, S. M.; CARPENTER, D. O.; GILBERT, S. G.; GOCHFELD, M.; GROTH, E. R. D.; HIGHTOWER, J. M.; SCHIAVONE, F. M. **Recognizing and preventing overexposure to methylmercury from fish and seafood consumption: information for physicians.** J Toxicol. 2011; 2011:983072. doi: 10.1155/2011/983072. Epub 2011 Jul 13. PMID: 21785592; PMCID: PMC3139210.

SILVA, F. P. **Avaliação de Exposição Ambiental a mercúrio e chumbo em população infanto-juvenil da Bacia do Rio Tapajós, estado do Pará.** Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Planaltina, Brasília – DF. 2018. Acesso em 20 de abril de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/3Nn1WyN> >

SILVA-FORSBERG, M. C.; FORSBERG, B. R.; ZEIDEMANN, V. K. **Mercury contamination in humans linked to river chemistry in the Amazon basin.** Ambio, vol. 28, n. 6, 1999, pp. 519-21. JSTOR. Acesso em 20 mar. 2024. Disponível em < <http://www.jstor.org/stable/4314944> >

SILVA, I. A.; NYLAND, J. F.; GORMAN, A.; PERISSE, A.; VENTURA, A. M.; SANTOS, E. C.; SOUZA, J. M.; BUREK, C. L.; ROSE, N. R.; SILBERGELD, E. K. **Mercury exposure, malaria, and serum antinuclear/antinucleolar antibodies in Amazon populations in Brazil: a cross-sectional study.** Environ Health. 2004 Nov 2;3(1):11. doi: 10.1186/1476-069X-3-11. PMID: 15522122; PMCID: PMC538267. Acesso em 15 de junho de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15522122/> >

SILVA, S. F. DA; LIMA, M. DE O. **Mercury in fish marketed in the Amazon Triple Frontier and Health Risk Assessment.** Chemosphere. 2020 Jun; 248:125989. doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.125989. Epub 2020 Jan 23. PMID: 32007773. Acesso em 07 de abril de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/3sDQ3wa> >

SILVA, T. M. da. **Metalômica aplicada ao estudo de toxicidade do mercúrio em amostras de leite humano coletadas de lactantes residentes em comunidades do Alto Rio Madeira, Rondônia, Brasil. 2015.** 116 f., il. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural). Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Acesso em: 21 de abril de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2LsA7df> >

SING, K. A.; HRYHORCZUK, D.; SAFFIRIO, G.; SINKS, T.; PASCHAL, D.C.; SORENSEN, J.; CHEN, E.H. **Organic mercury. Levels among the Yanomama of the Brazilian Amazon Basin.** AMBIO J. Hum. Environ. 2003, 32, 434–439, doi:10.1579/0044-7447-32.7.434.

SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F.; IRION, G.; BRAGA, E. S. **Mercury in the Amazon basin: Human influence or natural geological pattern?** Journal of South American Earth Sciences, 86(February), pp. 193–199. 2018. doi: 10.1016/j.jsames.2018.06.017.

Acesso em 24 de abril de 2024. Disponível em < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0895981118300634> >

SIQUEIRA-GAY, J.; SÁNCHEZ, L. E. **The Outbreak of Illegal Gold Mining in the Brazilian Amazon Boosts Deforestation.** Reg. Environ. Change 2021, 21, 28. Acesso em 03 de abril de 2024. Disponível em < <https://link.springer.com/article/10.1007/s10113-021-01761-7> >

SONKE, J. E.; ANGOT, H.; ZHANG, Y.; POULAIN, A.; BJÖRN, E.; SCHATUP, A. **Global change effects on biogeochemical mercury cycling.** Ambio. 2023 May;52(5):853-876. doi: 10.1007/s13280-023-01855-y. Epub 2023 Mar 29. PMID: 36988895; PMCID: PMC10073400. Acesso em 24 de agosto de 2023. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36988895/> >

SOUZA, T. M. C.; ANJOS, J. R.; BARROS, F. C.; BASTOS, W. R. **Monitoramento da poluição por mercúrio na cidade de Itaituba, Pará.** In: 44º Congresso Brasileiro de Geologia. Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia; 2008. p. 906.

SOUZA AZEVEDO, J.; HORTELLANI, M. A.; SARKIS, J. E. DE S. **Organotropism of total mercury (THg) in Cichla pinima, ecological aspects and human consumption in fish from Amazon region, Brazil.** Environmental Science and Pollution Research 26. 2019. 21363-21370. Acesso em: 15 de abril de 2024. Disponível em < <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-019-05303-x> >

TABER, K. H.; HURLEY, R. A. **Mercury exposure: effects across the lifespan.** The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences, 20(4). doi: 10.1176/jnp.2008.20.4.iv. 2008. Acesso em: 14 de março de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19196923/> >

TAKANASHI, S. Y. L. **Exposição ao mercúrio e desenvolvimento motor de crianças quilombolas na região do Baixo Amazonas.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará, Núcleo de Medicina Tropical, Pós Graduação em Doenças Tropicais/Belém-PA, 120 f. 2014. Acesso 18 de março de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2H4FIku> >

TAVARES, L. M.; CÂMARA, V. M.; MALM, O.; SANTOS, E. C. **Performance on neurological development tests by riverine children with moderate mercury exposure in Amazonia, Brazil.** Cad Saude Publica. 2005 Jul-Aug;21(4):1160-7. doi: 10.1590/s0102-311x2005000400018. Epub 2005 Jul 11. PMID: 16021253. Acesso em 24 de maio de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/3054WIk> >

TSANG, V. W. L.; LOCKHART, K.; SPIEGEL, S. J.; YASSI, A. **Occupational Health Programs for Artisanal and Small-Scale Gold Mining: A Systematic Review for the WHO Global Plan of Action for Workers' Health.** Annals of Global Health, 85(1), p.128. 2019. DOI: <https://doi.org/10.5334/aogh.2592>. Acesso em 21 de março de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31709160/> >

UNEP/WHO. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME/WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidance for Identifying Populations at Risk from Mercury**

Exposure. 2008. Acesso em 03 de janeiro de 2024. Disponível em < <http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/mercuryexposure.pdf> >

U.S. EPA. U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Reference Dose for Methylmercury (External Review Draft, 2000)**; NCEA-S-0930; U.S. Environmental Protection Agency: Washington, DC, USA. Disponível em < <https://www.regulations.gov/document/EPA-HQ-OAR-2018-0794-0006> >

UNEP. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Reducing Mercury Use in Artisanal and Small-Scale Gold Mining: A Practical Guide. 2012. Disponível em < <https://www.unep.org/resources/report/reducing-mercury-use-artisanal-and-small-scale-gold-mining-practical-guide> >

UNEP. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global Mercury Assessment.** United Nations Environment Programme, Geneva. 2018. Acesso em 04 de janeiro de 2024. Disponível em < <https://www.unep.org/resources/publication/global-mercury-assessment-2018> >

UNEP. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global Mercury Assessment.** United Nations Environment Programme, Geneva. 2023. Acesso em 23 de maio de 2024. Disponível em < <https://www.unep.org/news-and-stories/story/ending-toxic-trail-small-scale-gold-mining> >

UNIDO. UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION **Removal of Barriers to Introduction of Cleaner Artisanal Gold Mining and Extraction Technologies.** 2003. Disponível em < http://www.cetem.gov.br/gmp/GMP_News/GMP_News_January_2003.pdf >

VALENTIM, L. S. O. **Áreas contaminadas e saúde**/Luís Sérgio Ozório Valentim, Adelaide Cassia Nardocci, Nelson Gouveia. – São Paulo: Editora dos editores: Conteúdo original, 2022.

VEARRIER, D; GREENBERG, M. I. **Care of patients who are worried about mercury poisoning from dental fillings.** J Am Board Fam Med. 2010;23(6):797-798. doi:10.3122/jabfm.2010.06.100038. Acesso em 06 de dezembro de 2023. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21057078/> >

VEGA, C. M.; ORELLANA, J. D. Y.; OLIVEIRA, M. W.; HACON, S. S; BASTA, P. C. **HUMAN Mercury Exposure in Yanomami Indigenous Villages from the Brazilian Amazon.** Int J Environ Res Public Health. 2018 May 23;15(6):1051. doi: 10.3390/ijerph15061051. PMID: 29789499; PMCID: PMC6028914. Acesso em 11 de abril de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/3jVw2f7> >

VENTURIERI, R.; DA-COSTA, M.; GAMA, C.; JASTER, C. (2017). **Mercury Contamination within Protected Areas in the Brazilian Northern Amazon-Amapá State.** American journal of environmental sciences. 13. 10.3844/ajessp.2017.11.21. 2017. Acesso em 17 de março de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/2LFTpvF> >

VERTANIK, A.; PROHIC, E.; KOZAR, S.; JURACIC, M. **Behavior of some trace elements in alluvial sediments, Zagreb water well fill area, Croatia.** Water research 1995; 29: 237-9. Acesso em 12 de março de 2024. Disponível em < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/> >

VIANA, A. L. D.; MACHADO, C. V.; BAPTISTA, T. W. DE F.; LIMA, L. D. DE; MENDONÇA, M. H. M. DE; HEIMANN, L. S.; ALBUQUERQUE, M. V.; IOZZI, F. L.; DAVID, V. C.; IBAÑEZ, P.; FREDERICO, S. **Sistema de saúde universal e território: desafios de uma política regional para a Amazônia Legal / Universal health systems and territory: challenges for a regional policy in the Brazilian Legal Amazon.** Cad. saúde pública ; 23(supl.2): S117-S131, 2007. ID: lil-454773.

VIANNA, A. D. S.; CÂMARA, V. M.; BARBOSA, M. C. M.; SANTOS, A. S. E.; ASMUS, CIRF; LUIZ, R. R.; JESUS, I. M. **Exposição ao mercúrio e anemia em crianças e adolescentes de seis comunidades da Amazônia Brasileira [Mercury exposure and anemia in children and adolescents from six riverside communities of Brazilian Amazon].** Cien Saude Colet. 2022 May;27(5):1859-1871. Portuguese. doi: 10.1590/1413-81232022275.08842021. Epub 2021 Jun 3. PMID: 35594481. Acesso em 14 de junho de 2024. Disponível em < <https://bit.ly/3FNVhLe> >

VIEIRA ROCHA, A.; CARDOSO, B. R.; COMINETTI, C.; BUENO, R. B.; DE BORTOLI, M. C.; FARIAS, L. A.; FAVARO, D. I.; CAMARGO, L.; COZZOLINO, S. M. **Selenium status and hair mercury levels in riverine children from Rondônia, Amazonia.** Nutrition. 2014 Nov-Dec;30(11-12):1318-23. doi: 10.1016/j.nut.2014.03.013. Epub 2014 Mar 30. PMID: 25194964. Acesso em 20 de maio de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25194964/> >

VIEIRA, S. M.; DE ALMEIDA, R.; HOLANDA, I. B.; MUSSY, M. H.; GALVÃO, R. C.; CRISPIM, P. T.; DÓREA, J. G.; BASTOS, W. R. **Total and methylmercury in hair and milk of mothers living in the city of Porto Velho and in villages along the Rio Madeira, Amazon, Brazil.** Int J Hyg Environ Health. 2013 Nov;216(6):682-9. doi: 10.1016/j.ijheh.2012.12.011. Epub 2013 Jan 20. PMID: 23340120. Acesso em 28 de abril de 2024. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23340120/> >

VILLAS-BÔAS, R. C.; BEINHOFF, C.; SILVA, R. C, editors. **Mercury in the Tapajós basin.** Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia de Minerais; 2001.

WANG, L.; HOU, D.; CAO, Y.; SIK OK, Y.; TACK, F. M. G.; RINKLEDE, J.; O'CONNOR, D. **Remediation of mercury contaminated soil, water, and air: A review of emerging materials and innovative technologies.** Environment International. Elsevier, 134. (November 2019), p. 105281. 2020. doi: 10.1016/j.envint.2019.105281. Acesso em 29 de abril de 2024. Disponível em < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412019324754> >

WASSERMAN, J. C; HACON, S.; WASSERMAN, M. A. **Biogeoquímica do mercúrio no ambiente amazônico.** Ambio 2003; 32:336-42.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Mercury - **Environmental Aspects.** Geneva: WHO, 1989. Environmental Health Criteria 86, 115p.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION, **Environmental Health Criteria 101. In Methylmercury**. Geneve, Switzerland, 1990.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Inorganic Mercury. Geneva: WHO, 1991. Environmental Health Criteria 118**, 168p.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for Methylmercury in Fish**. 1991.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Report of a Joint FAO/NACA/WHO Study Group on Food Safety Issue Associated with Products from Aquaculture. WHO Technical Report Series 883**, Geneva. 1999.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Artisanal and Small-Scale Gold Mining and Health**. 26. 2016.

WHO/UNEP. **Minamata Convention on Mercury**. Nairobi, Kenya: unep.org. doi: 10.5305/intelegamate.55.3.0582. 2019.

WU, M. F.; ISON, J. R.; WECKER, J. R.; LAPHAM, L. W. **Cutaneous and auditory function in rats following methyl mercury poisoning**. Toxicol Appl Pharmacol. 1985 Jul;79(3):377-88. doi: 10.1016/0041-008x(85)90136-x. PMID: 4035685. Acesso em 12 de janeiro de 2024. Disponível em <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4035685/>>

WWF - BRASIL. **Observatório do Mercúrio: lançada plataforma que reúne estudos e informações sobre mercúrio e garimpo na região pan-amazônica**. 2021. Acesso em 07 de julho de 2024. Disponível em <https://panda.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=e6717bfa09504157b187e076f79e1d0e&_ga=2.19626488.1371913540.1720443204-845282999.1720443204&_gl=1*h8nsha*_ga*ODQ1MjgyOTk5LjE3MjA0NDMyMDQ.*_ga_KSP2KDVW5X*MTcyMDQ0MzlwNC4xLjEuMTcyMDQ0MzI5Mi42MC4wLjA>

YE, B. J.; KIM, B. G.; JEON, M. J; KIM, S. Y.; KIM, H. C.; JANG, T. W.; CHAE, H. J.; CHOI, W. J.; HA, M. N.; HONG, Y. S. **Evaluation of mercury exposure level, clinical diagnosis and treatment for mercury intoxication**. Ann Occup Environ Med. 2016 Jan 22; 28:5. doi: 10.1186/s40557-015-0086-8. PMID: 26807265; PMCID: PMC4724159. Acesso em 02 de setembro de 2023. Disponível em <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26807265/>>

ZHANG, L. M.; WRIGHT, L. P; BLANCHARD, P. **A review of current knowledge concerning dry deposition of atmospheric mercury**. Atmos Environ, 43(37):5853–5864. 2009. Acesso em 14 de junho de 2024. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.08.019>>

ZHENG, W. **Toxicology of Choroid Plexus: Special Reference to Metal- Induced Neurotoxicities**. Micros Res Tech, 52(1), pp. 89–103. 2001. doi: 10.1002/1097-0029(20010101)52. Acesso em 14 de junho de 2024. Disponível em <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11135452>>

APÊNDICE 1. Questionários encaminhados para as Instituições de Saúde

Secretaria Municipal de Saúde (Vigilância em Saúde)

OBJETO/PERGUNTA REFERENCIAL - PROJETO PLANO DE AÇÃO NACIONAL OURO SEM MERCÚRIO	
Identificação	
1- Nome do preenchedor:	2- Data de preenchimento:
3- Nome da área de Vigilância em Saúde preenchidora:	
Estruturação	
Pergunta	Observações
4-Como a Vigilância em Saúde está estruturada na Secretaria Municipal de Saúde?	<u>Exemplos dos componentes da vigilância em saúde:</u> a. Vigilância em Saúde Ambiental; b. Vigilância Epidemiológica; c. Vigilância em Saúde do Trabalhador; d. Vigilância em Sanitária; e. Vigilância Laboratorial
5-Quantos profissionais da Secretaria Municipal de Saúde executam as ações de vigilância em saúde? Coloque o número de profissionais quando couber.	
6-Quais são as principais dificuldades encontradas pela Secretaria Municipal de Saúde para efetiva vigilância em saúde das populações expostas ou potencialmente expostas ao mercúrio?	
Ações de Vigilância em Saúde	
Pergunta	Observações
7-Como são identificados os casos suspeitos e confirmados de exposição ou de intoxicação por mercúrio (Hg)?	<u>Exemplos:</u> (i) Monitoramento do parâmetro Hg na água e análise do laudo para o metal, com identificação do grau de risco da água para a saúde; (ii) Caracterização do território, com identificação de indicadores de qualidade do ar e de áreas contaminadas por Hg com populações potencialmente expostas; (iii) Identificação, caracterização e monitoramento das populações potencialmente expostas ao mercúrio, incluindo

	<p>trabalhadores, indígenas, gestantes crianças, dentre outros; (iii) Investigação epidemiológica dos casos; (iv) Identificação de utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) dos trabalhos de garimpos de ouro e medidas protetivas para minimizar a exposição destes ao Hg, como retortas e exaustores nos centros de amalgamação; (v) Dosagem de mercúrio em matrizes biológicas da população do território, dentre outros.</p>
<p>8- Para acompanhamento epidemiológico, há um modelo de entrevista utilizado pelos profissionais de saúde para se obter um histórico da população potencialmente exposta no município? Se possível, poderia ser encaminhado o modelo?</p>	
<p>9-Dentre as ações desenvolvidas, há articulação intra e intersetorial para desenvolvimento de ações de vigilância em saúde para prevenção e redução à exposição por mercúrio da população do município? Se sim, especifique as ações desenvolvidas?</p>	<p><u>Exemplos de ações intrasetoriais:</u> (i) Acompanhamento dos óbitos e internações hospitalares relacionados ao Hg e planejamento de ações conjuntas para a prevenção e redução de agravos e doenças relacionadas ao Hg; (ii) Investigação epidemiológica, mediante a análise e monitoramento dos casos identificados de suspeita e confirmados de exposição notificados no Sinan; dos dados do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), do Centro de Informação e assistência Toxicológica (CIATox) e CAT relacionados à intoxicação por Hg, dentre outros sistemas; (iii) Encaminhamento e acompanhamento dos indivíduos expostos às unidades de saúde.</p> <p><u>Exemplos de ações intersetoriais:</u> (i) Parceria com instituições de pesquisas para análises laboratoriais para dosagem de Hg da população em localidades de garimpos ou planejamento destas ações; (ii) Acompanhamento da saúde do trabalhadores que compõem as cooperativas; (iii)</p>

	Parcerias com o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) para assistência técnica e treinamento aos garimpeiros, visando melhorar as práticas de mineração, garantindo a segurança no trabalho e promover a adoção de tecnologias mais seguras e eficazes; (iv) Articulações com órgãos ambientais para a devida caracterização ambiental do território; dentre outros.
10-Os casos suspeitos e confirmados de exposição ou intoxicação por Hg identificados são registrados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan) e acompanhados pelo município? Caso não, quais são os impedimentos?	
11-São feitas medidas de sensibilização e capacitação para a população e profissionais de saúde para reduzir a vulnerabilidade e os riscos à saúde advindos do mercúrio? Se sim, quais?	
12-Havendo necessidade de dosagem de mercúrio em amostras biológicas da população do estado/município, os laboratórios se encontram estruturados e capacitados para estas análises? Caso não, para onde estão sendo encaminhadas as análises?	
Plano de Ação Nacional Ouro Sem Mercúrio	
Pergunta	Observações
13-Quais documentos, instrumentos e/ou ferramentas a Secretaria Municipal de Saúde recomenda para a utilização em um diagnóstico local em saúde para compor o Plano de Ação Nacional Ouro sem Mercúrio?	Gentileza, informar fonte e/ou encaminhamento dos documentos e instrumentos.

Secretaria Municipal de Saúde (Assistência em Saúde)

OBJETO/PERGUNTA REFERENCIAL	
Identificação	
1- Nome do preenchedor:	2- Data de preenchimento:
3- Nome da área da Atenção à Saúde preenchedora:	
Estruturação	
Pergunta	Observações
4-Como a Atenção à Saúde está estruturada na Secretaria Municipal de Saúde?	<u>Exemplos dos componentes:</u> a. Atenção Primária à Saúde; b. Saúde Mental e Atenção Psicossocial; c. Atenção Especializada à Saúde
5-Quantos profissionais da Secretaria de Saúde acompanham as ações de atenção à saúde? Coloque o número de profissionais quando couber.	
6-Quais são as principais dificuldades encontradas pela Secretaria Municipal de Saúde para efetiva atenção à saúde das populações expostas ou potencialmente expostas ao mercúrio?	
Ações de Assistência à Saúde	
7-Os profissionais de saúde da atenção à saúde se encontram devidamente capacitados para o diagnóstico, tratamento e acompanhamento de indivíduos com suspeita e confirmados de exposição ou intoxicação ao mercúrio?	
8-Há conhecimento se no acolhimento do suspeito de intoxicado por mercúrio são coletadas informações sobre o histórico de exposição ambiental e ocupacional daquele pelo profissional de saúde? Se possível, poderia ser encaminhado o modelo?	
9-Existem instrumentos específicos que permitam a identificação de usuários com suspeita à exposição por mercúrio?	
10-Em qual sistema de informação de saúde as informações coletadas são registradas?	
11-Havendo a identificação de pacientes expostos ou intoxicados por mercúrio, o município/estado apresenta rede de apoio para a realização de exames auxiliares (laboratorial, de imagens, testes diagnósticos, por exemplo)?	
Plano de Ação Nacional Ouro Sem Mercúrio	
Pergunta	Observações



12-Quais documentos, instrumentos e/ou ferramentas a Secretaria Municipal de Saúde recomenda para a utilização em um diagnóstico local em saúde para compor o Plano de Ação Nacional Ouro sem Mercúrio?	
---	--

Secretaria Estadual de Saúde (Vigilância em Saúde)

OBJETO/PERGUNTA REFERENCIAL - PROJETO PLANO DE AÇÃO NACIONAL OURO SEM MERCÚRIO		
Identificação		
1- Nome da área de Vigilância em Saúde preenchadora:	2- Data de preenchimento:	
Estruturação		
Pergunta	Observações	Resposta
3-Como a Vigilância em Saúde está estruturada na Secretaria Estadual de Saúde?	<u>Exemplos dos componentes da vigilância em saúde:</u> a. Vigilância em Saúde Ambiental; b. Vigilância Epidemiológica; c. Vigilância em Saúde do Trabalhador; d. Vigilância em Sanitária; e. Vigilância Laboratorial	
4-Quantos profissionais da Secretaria Estadual de Saúde executam as ações de vigilância em saúde? Coloque o número de profissionais quando couber.		
5-Quais são as principais dificuldades encontradas pela Secretaria Estadual de Saúde para efetiva vigilância em saúde das populações expostas ou potencialmente expostas ao mercúrio?		
Ações de Vigilância em Saúde		
Pergunta	Observações	Resposta

<p>6-Como são identificados os casos suspeitos e confirmados de exposição ou de intoxicação por mercúrio (Hg)?</p>	<p><u>Exemplos:</u> (i) Monitoramento do parâmetro Hg na água e análise do laudo para o metal, com identificação do grau de risco da água para a saúde; (ii) Caracterização do território, com identificação de indicadores de qualidade do ar e de áreas contaminadas por Hg com populações potencialmente expostas; (iii) Identificação, caracterização e monitoramento das populações potencialmente expostas ao mercúrio, incluindo trabalhadores, indígenas, gestantes crianças, dentre outros; (iii) Investigação epidemiológica dos casos; (iv) Identificação de utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) dos trabalhadores de garimpos de ouro e medidas protetivas para minimizar a exposição destes ao Hg, como retortas e exaustores nos centros de amalgamação; (v) Dosagem de mercúrio em matrizes biológicas da população do território, dentre outros.</p>	
<p>7- Para acompanhamento epidemiológico, há um modelo de entrevista utilizado pelos profissionais de saúde para se obter um histórico da população potencialmente exposta no estado? Se possível, poderia ser encaminhado o modelo?</p>		



<p>8-Dentre as ações desenvolvidas, há articulação intra e intersetorial para desenvolvimento de ações de vigilância em saúde para prevenção e redução à exposição por mercúrio da população do estado? Se sim, especifique as ações desenvolvidas?</p>	<p><u>Exemplos de ações intrasetoriais:</u> (i) Acompanhamento dos óbitos e internações hospitalares relacionados ao Hg e planejamento de ações conjuntas para a prevenção e redução de agravos e doenças relacionadas ao Hg; (ii) Investigação epidemiológica, mediante a análise e monitoramento dos casos identificados de suspeita e confirmados de exposição notificados no Sinan; dos dados do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM), do Centro de Informação e assistência Toxicológica (CIATox) e CAT relacionados à intoxicação por Hg, dentre outros sistemas; (iii) Encaminhamento e acompanhamento dos indivíduos expostos às unidades de saúde.</p> <p><u>Exemplos de ações intersetoriais:</u> (i) Parceria com instituições de pesquisas para análises laboratoriais para dosagem de Hg da população em localidades de garimpos ou planejamento destas ações; (ii) Acompanhamento da saúde do trabalhadores que compõem as cooperativas; (iii) Parcerias com o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) para assistência técnica e treinamento aos garimpeiros, visando melhorar as práticas de mineração, garantindo a segurança no trabalho e promover a adoção de tecnologias mais seguras e eficazes; (iv) Articulações com órgãos ambientais para a devida caracterização ambiental do território; dentre outros.</p>	
<p>9-Os casos suspeitos e confirmados de exposição ou intoxicação por Hg são registrados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan) pelos</p>		

municípios e acompanhados pelo estado? Caso não, quais são os impedimentos?		
10-São feitas medidas de sensibilização e capacitação para a população e profissionais de saúde para reduzir a vulnerabilidade e os riscos à saúde advindos do mercúrio? Se sim, quais?		
11-Havendo necessidade de dosagem de mercúrio em amostras biológicas da população do estado, os laboratórios se encontram estruturados e capacitados para estas análises? Caso não, para onde estão sendo encaminhadas as análises?		
Plano de Ação Nacional Ouro Sem Mercúrio		
Pergunta	Observações	Resposta
12-Quais documentos, instrumentos e/ou ferramentas a Secretaria Estadual de Saúde recomenda para a utilização em um diagnóstico estadual em saúde para compor o Plano de Ação Nacional Ouro sem Mercúrio?	Gentileza, informar fonte e/ou encaminhamento dos documentos e instrumentos.	

Secretaria Estadual de Saúde (Assistência em Saúde)

OBJETO/PERGUNTA REFERENCIAL	
Identificação	
1- Nome do preenchedor:	2- Data de preenchimento:
3- Nome da área da Atenção à Saúde preenchidora:	
Estruturação	
Pergunta	Observações
4-Como a Atenção à Saúde está estruturada na Secretaria Estadual de Saúde?	<u>Exemplos dos componentes:</u> a. Atenção Primária à Saúde; b. Saúde Mental e Atenção Psicossocial; c. Atenção Especializada à Saúde
5-Quantos profissionais da Secretaria de Saúde acompanham as ações de atenção à saúde? Coloque o número de profissionais quando couber.	
6-Quais são as principais dificuldades encontradas pela Secretaria Estadual de Saúde para efetiva atenção à saúde das populações expostas ou potencialmente expostas ao mercúrio?	
Ações de Assistência à Saúde	
7-Os profissionais de saúde da atenção à saúde se encontram devidamente capacitados para o diagnóstico, tratamento e acompanhamento de indivíduos com suspeita e confirmados de exposição ou intoxicação ao mercúrio?	
8-Há conhecimento se no acolhimento do suspeito de intoxicado por mercúrio são coletadas informações sobre o histórico de exposição ambiental e ocupacional daquele pelo profissional de saúde? Se possível, poderia ser encaminhado o modelo?	
9-Existem instrumentos específicos que permitam a identificação de usuários com suspeita à exposição por mercúrio?	
10-Em qual sistema de informação de saúde as informações coletadas são registradas?	
11-Havendo a identificação de pacientes expostos ou intoxicados por mercúrio, o estado apresenta rede de apoio para a realização de exames auxiliares (laboratorial, de imagens, testes diagnósticos, por exemplo)?	
Plano de Ação Nacional Ouro Sem Mercúrio	
Pergunta	Observações



12-Quais documentos, instrumentos e/ou ferramentas a Secretaria Estadual de Saúde recomenda para a utilização em um diagnóstico em saúde para compor o Plano de Ação Nacional Ouro sem Mercúrio?	
--	--

Centro de Referência em Saúde do Trabalhador

OBJETO/PERGUNTA REFERENCIAL	
Identificação	
1- Nome do CEREST preenchedor:	2- Data preenchimento:
Estruturação	
Pergunta	Respostas CEREST
3-Quantos profissionais do CEREST executam as ações de vigilância e atenção à saúde dos trabalhadores de garimpos que utilizam mercúrio para a extração de ouro e/ou lojas de ouro? Coloque o número de profissionais quando couber.	
4-Quais são as principais dificuldades encontradas pelo CEREST para efetiva vigilância integrada e atenção à saúde dos trabalhadores expostos ou potencialmente expostos ao mercúrio?	
Ações de Assistência à Saúde	
Pergunta	Respostas CEREST
5-Os profissionais de saúde do CEREST se encontram devidamente capacitados para o diagnóstico e tratamento de trabalhadores com suspeita e confirmados de exposição ou intoxicação ao mercúrio relacionadas ao trabalho?	
6-No acolhimento do trabalhador com suspeita por intoxicação por mercúrio são coletadas informações sobre o histórico de exposição ocupacional daquele pelo profissional de saúde? Como são realizadas as pesquisas para a indicação se as manifestações clínicas dos trabalhadores estão relacionados com as atividades que exercem?	
7-Em qual sistema de informação de saúde as informações coletadas sobre agravos e doenças são registradas?	
8-Havendo a identificação de pacientes expostos ou intoxicados por mercúrio, o CEREST apresenta rede de apoio para a realização de exames auxiliares (laboratorial, de imagens, testes diagnósticos, por exemplo)?	
Plano de Ação Nacional Ouro Sem Mercúrio	
Pergunta	Respostas CEREST
9-Quais documentos, instrumentos e/ou ferramentas o CEREST recomenda para a utilização em um diagnóstico em saúde dos trabalhadores para compor o Plano de Ação Nacional Ouro sem Mercúrio?	

Distrito Sanitário Especial Indígena

OBJETO/PERGUNTA REFERENCIAL - PROJETO PLANO DE AÇÃO NACIONAL OURO SEM MERCÚRIO	
Identificação	
1- Nome da área do DSEI preenchedora:	2- Data de preenchimento:
Estruturação	
Pergunta	Resposta DSEI
3-Quantos profissionais do Distrito Sanitário Especial Indígena (DSEI) executam as ações de saneamento, vigilância e atenção à saúde dos indígenas? Coloque o número de profissionais e respectivas áreas de atuação.	
4-Quais são as principais dificuldades encontradas pelo DSEI para efetiva atenção à saúde e vigilância (quando couber) das populações indígenas expostas, potencialmente expostas ou intoxicadas por mercúrio (Hg)?	
Ações de Vigilância e Assistência em Saúde	
Pergunta	Resposta DSEI
5-Como são identificados os casos suspeitos e confirmados de exposição ou de intoxicação por mercúrio dos indígenas?	
6-Os profissionais de saúde da atenção à saúde se encontram devidamente capacitados para o diagnóstico, tratamento e acompanhamento de indivíduos com suspeita ou confirmados de exposição e intoxicação ao mercúrio?	
7-Como é realizada a notificação dos casos suspeitos e confirmados de exposição ou de intoxicação por mercúrio dos indígenas?	
8-Os casos suspeitos e confirmados de exposição e intoxicação por Hg são registrados no Sistema de Informação da Atenção à Saúde Indígena (Siasi)? Caso não, quais são os impedimentos?	
9-Havendo a identificação de pacientes expostos ou intoxicados por mercúrio, o DSEI possui rede de apoio para a realização de exames auxiliares (laboratorial, de imagens, testes diagnósticos, por exemplo)?	
10-Dentre as ações desenvolvidas, há articulação intra e intersetorial para desenvolvimento de ações de saneamento, vigilância e atenção à saúde para redução à exposição ou intoxicação por mercúrio da população indígena local? Se sim, especifique as ações desenvolvidas.	
Plano de Ação Nacional Ouro Sem Mercúrio	
Pergunta	Resposta DSEI



<p>11-Quais documentos, instrumentos e/ou ferramentas o DSEI recomenda para a utilização em um diagnóstico em saúde para compor o Plano de Ação Nacional Ouro sem Mercúrio? Gentileza, informar fonte e/ou encaminhamento dos documentos e instrumentos.</p>	
--	--

APÊNDICE 2. Questionamentos Encaminhados ao Ministério da Saúde

De: Relacionamento Institucional <articulacao@ourosemmercurio.com.br>
Enviada em: quinta-feira, 7 de dezembro de 2023 16:18
Para: ASSESSORIA ESPECIAL DE ASSUNTOS INTERNACIONAIS <aai@saude.gov.br>
Cc: dione.macedo@mme.gov.br; thisveiga@yahoo.com.br
Assunto: Projeto Ouro Sem Mercúrio - Questões de Saúde

Prezada Sra. Coordenadora,

Em continuidade a nossa reunião presencial havida em 19/10/2023, o projeto “Plano de Ação Nacional para Mineração Artesanal e em Pequena Escala para o Brasil” (publicamente divulgado como Projeto Ouro Sem Mercúrio), cuja finalidade é reduzir e se possível eliminar a contaminação ambiental e humana causada pelo uso de mercúrio no garimpo de ouro no país em atendimento à Convenção de Minamata sobre Mercúrio, e dentro do escopo de realizar um diagnóstico de saúde pública para subsidiar estratégias visando a proteção e prevenção contra a exposição de populações vulneráveis à contaminação por mercúrio, solicitamos a gentileza de prover as respostas para as seguintes perguntas:

- Quais guias, orientações, relatórios periódicos, cartilhas, instrumentos e ferramentas o Ministério da Saúde utiliza ou considera importante utilizar para a compilação de dados que permitem um efetivo diagnóstico e estabelecimento de estratégias de saúde pública sobre a exposição ou intoxicação por mercúrio de populações expostas e potencialmente expostas? Por favor, encaminhar fontes das referências e/ou documentos anexados.
- Quais programas ou ações de vigilância e assistência à saúde o Ministério da Saúde, juntamente com as Secretarias de Saúde, DSEIs, instituições de pesquisa, dentre outros, tem realizado para a identificação, caracterização e o acompanhamento das populações potencialmente expostas ou intoxicadas por mercúrio, sobretudo populações mais vulneráveis pelas atividades de garimpo? Por favor, encaminhar fontes das referências e/ou documentos anexados.
- Há dados de monitoramento ambiental com indicadores que permitam a caracterização do território com populações expostas ou potencialmente expostas ao mercúrio que possam ser utilizados no Panorama de Saúde Pública?
- Há dados sobre a análise de situação de saúde ambiental e caracterização epidemiológica, utilizando sistemas de informação de Saúde que possam ser utilizados no Panorama de Saúde Pública? Em caso negativo, o que impede que esses dados existam? Observação: Serão utilizadas as informações contidas no Boletim Epidemiológico Intoxicações por mercúrio no Brasil, de 2006 a 2021.

- Existem ações do Ministério da Saúde para análises laboratoriais que permitam a dosagem de mercúrio em matrizes biológicas na população brasileira? Se não, há planejamento para realização dessas ações e um possível biomonitoramento de populações vulneráveis no país?
- Quais outras formas o Ministério da Saúde gostaria de contribuir com o referido Panorama de Saúde Pública?

Por outro lado, dentro do compromisso de estreitar a interação com esse Ministério, informamos que serão encaminhados questionamentos para alguns Distritos Sanitários Especiais Indígenas (DSEIs), Secretarias Estaduais e Municipais de Saúde e Centro de Referências em Saúde do Trabalhador (Cerests), referente à estruturação e ações em vigilância e assistência à saúde destas relacionados à exposição ou intoxicação por mercúrio do Estado e Município.

Os questionamentos supracitados, bem como a lista das Secretarias de Saúde, DSEIs e Cerests, encontram-se na planilha anexada ao presente e-mail (abas “Vigilância” e “Assistência” – para encaminhamento às Secretarias de Saúde; “DSEI”; “CEREST” e “Lista”) para eventuais recomendações desse Ministério da Saúde.

Por fim, agradecemos as trocas e contribuições e esperamos os melhores resultados com o curto prazo para tamanho desafio.

Estaremos disponíveis para quaisquer esclarecimentos.

Att.

Hassan Sohn
Coordenador de Articulação Institucional
Projeto Ouro Sem Mercúrio

APÊNDICE 3.
**Estudos em saúde avaliados com exposição ao mercúrio
(carga corporal) em populações amazônicas**

BASTA et al., 2021	BASTA et al., 2021	VIANNA et al., 2022	MENESES et al., 2022	MENESES et al., 2022	MENESES et al., 2022	Referência
T	T	T	T	T	T	Região Hidrográfica ¹
PA	PA	PA	PA	PA	PA	Estado
Sawré Aboy - Aldeia	Sawré Aboy - Aldeia	Barreiras, Brasília Legal	Santarém	Tapará Grande	Baixo Tapajós	Localização
2019	2019	1994 a 2002	2015 a 2019	2015 a 2019	2015 a 2019	Período coleta
Ind.	Ind.	Rib.	Urb.	Rib.	Rib.	Comunidade ²
F	M	MF	MF	MF	MF	Gênero ³
Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	San. (HgT)	San. (HgT)	San. (HgT)	Amostra/ Biomarcador ⁴
AD	AD	IN	AD	AD	AD	População ⁵
>12	>12	0 a 19	>18	>18	>18	Faixa etária (anos)
11	14	670	203	105	154	N Amostral
5,00	4,80	6,90	1,70	3,30	1,40	Hg-Min
12,10	13,60	-	21,80	45,30	54,30	Hg-Médio
20,20	22,80	94,50	247,10	271,90	296,50	Hg_Máx.
11,9	14,2	12,8	11	27	25	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/L	µg/L	µg/L	Unidade

BASTA et al., 2021	Referência								
T	T	T	T	T	T	T	T	T	Região Hidrográfica¹
PA	Estado								
Poxo Muybu	Sawré Muybu - Pimental	Sawré Muybu - Pimental	Poxo Muybu	Sawré Muybu - Pimental	Poxo Muybu	Sawré Muybu - Pimental	Poxo Muybu	Sawré Aboy - Aldeia	Localização
2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	Período coleta
Ind.	Comunidade²								
MF	F	F	M	M	M	M	F	MF	Gênero³
Cab. (HgT)	Amostra/ Biomarcador⁴								
IN	AD	IN	População⁵						
<12	>12	>12	>12	>12	>12	>12	>12	<12	Faixa etária (anos)
28	29	29	18	24	20	24	20	15	N Amostral
1,40	2,00	2,00	2,80	2,60	4,20	2,60	4,20	2,60	Hg-Min
5,90	6,30	6,30	7,10	7,30	7,60	7,30	7,60	11,00	Hg-Médio
11,80	14,10	14,10	11,90	16,00	12,90	16,00	12,90	23,90	Hg_Máx.
5,8	4,7	4,7	7,3	6,9	7,3	6,9	7,3	10,1	Hg_Mediana
µg/g	Unidade								

SILVA, 2018	FREITAS et al., 2018	COSTA JUNIOR et al., 2018	COSTA JUNIOR et al., 2018	ARRIFANO et al., 2018	LACERDA et al., 2020	OLIVEIRA et al., 2021	Referência
T	T	T	T	T	T	T	Região Hidrográfica ¹
PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	Estado
Itaituba	Barreiras e São Luiz do	São Luis do Tapajós	São Luis do Tapajós	Itaituba	Itaituba	Sawré Muybu, Poxo Muybu e	Localização
2017	2013 a 2014	2014	2013	-	-	2019	Período coleta
Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Ind.	Comunidade ²
MF	MF	MF	MF	MF	M	MF	Gênero ³
Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab.	Cab. (HgT)	Amostra/ Biomarcador ⁴
IN	IN	AD	AD	AD	AD	AD	População ⁵
6 a 14	7 a 14	18 a 60	18 a 60	30 a 52	40 a 46	>12	Faixa etária (anos)
36	110 (176 T)	68	55	224	10	110	N Amostral
0,89	0,26	-	-	0,18	0,40	2,00	Hg-Min
12,52	4,50	10,80	7,25	-	50,00	8,70	Hg-Médio
26,70	22,38	-	-	75,80	90,00	22,80	Hg_Máx.
12,01	-	-	-	4,19	-	7,4	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

OLIVEIRA et al., 2018	OIKAWA, 2015	FAIAL et al., 2015	FAIAL et al., 2015	FAIAL et al., 2015	BOURDINEAU D et al., 2015	ANDRADE, 2015	COSTA JUNIOR et al., 2017	Referência
T	T	T	T	T	T	T	T	Região Hidrográfica ¹
PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	Estado
Barreiras e São Luiz do	Barreiras e São Luiz do	Barreiras	Barreiras	Barreiras	Santarém e Oriximiná	Barreiras e São Luiz do	Barreiras e São Luiz do	Localização
-	-	-	-	-	2010	1998 a 2014	-	Período coleta
Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Comunidade ²
F	M	F	M	M	M	MF	MF	Gênero ³
Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (MeHg)	Cab. (MeHg)	Cab. (MeHg)	Cab.	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Amostra/ Biomarcador ⁴
AD	AD	AD E IN	AD E IN	AD E IN	AD	AD E IN	AD	População ⁵
15 a 54	14 a 51	0 a 60	0 a 60	0 a 60	> 35	> 3	13 a 57	Faixa etária (anos)
106 T	25 (86 T)	141 T	141 T	141 T	93	1502	98	N Amostral
-	-	3,73	3,73	1,49	0,05	-	0,00	Hg-Min
8,51	8,86	10,38	10,38	11,68	5,20	14,41	9,15	Hg-Médio
-	-	22,35	22,35	19,57	13,80	-	41,80	Hg_Máx.
-	-	-	-	-	-	-	7,1	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

OLIVEIRA, 2014	LIMA, 2014	LIMA, 2014	CASTILHOS et al., 2015	CASTILHOS et al., 2015	CASTILHOS et al., 2015	CASTILHOS et al., 2015	Referência
T	T	T	T	T	T	T	Região Hidrográfica ¹
PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	Estado
Barreiras	Barreiras	São Luis do Tapajós	Creporizinho	Creporizinho	São Chico	São Chico	Localização
2013	2011	2011	-	-	-	-	Período coleta
Rib.	Rib.	Rib.	Rur.	Rur.	Rur.	Gar.	Comunidade ²
MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	Gênero ³
Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Uri. (HgT)	Uri. (HgT)	Uri. (HgT)	Uri. (HgT)	Amostra/ Biomarcador ⁴
AD	IN	IN	AD	AD	AD	AD	População ⁵
13 a 55	5 a 10	5 a 10	31 a 50	31 a 50	31 a 50	31 a 50	Faixa etária (anos)
52	66	41	325	325	321	325	N Amostral
-	1,40	4,40	-	-	-	0,43	Hg-Min
-	7,90	16,50	13,75	3,93	5,73	17,37	Hg-Médio
15,70	23,30	35,50	-	-	-	35,90	Hg_Máx.
4,6	7,4	14,4	-	-	-	-	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	Unidade

PINHEIRO et al., 2012	PINHEIRO et al., 2012	BARCELOS et al., 2012	KHOURY et al., 2013	KHOURY et al., 2013	TAKAMASHI, 2014	TAKAMASHI, 2014	Referência
T	T	T	T	T	T	T	Região Hidrográfica ¹
PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	Estado
Barreiras	Barreiras	Baixo Tapajós	Barreiras	Barreiras	Murumuru - Santarém -	Tinguá - Santarém	Localização
1994	2000	-	2011 a 2012	2011 a 2012	-	-	Período coleta
Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Quil.	Quil.	Comunidade ²
MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	Gênero ³
Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Amostra/ Biomarcador ⁴
-	-	AD E IN	AD	AD	IN	IN	População ⁵
-	-	15 a 83	13 a 53	13 a 53	8 meses (média)	8 meses (média)	Faixa etária (anos)
43	64	144	78	30	57 (279 T)	52 (279 T)	N Amostral
-	-	-	-	-	-	-	Hg-Min
-	-	10,40	8,66	9,19	1,45	2,13	Hg-Médio
-	-	-	-	-	-	-	Hg_Máx.
1,25	1,3	-	-	-	1,36	1,73	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

PINHEIRO et al., 2012	Referência							
T	T	T	T	T	T	T	T	Região Hidrográfica¹
PA	Estado							
São Luis do Tapajós	Barreiras	Localização						
2001	2007	2003	1998	1996	2003	1996	1995	Período coleta
Rib.	Comunidade²							
MF	Gênero³							
Cab. (HgT)	Amostra/ Biomarcador⁴							
-	-	-	-	-	-	-	-	População⁵
-	-	-	-	-	-	-	-	Faixa etária (anos)
38	50	64	29	43	29	38	29	N Amostral
-	-	-	-	-	-	-	-	Hg-Min
-	-	-	-	-	-	-	-	Hg-Médio
-	-	-	-	-	-	-	-	Hg_Máx.
1,13	1,16	1,16	1,2	1,21	1,2	1,23	1,25	Hg_Mediana
µg/g	Unidade							

Referência	Região Hidrográfica¹	Estado	Localização	Período coleta	Comunidade²	Gênero³	Amostra/Biomarcador⁴	População⁵	Faixa etária (anos)	N Amostral	Hg-Min	Hg-Médio	Hg-Máx.	Hg_Mediana	Unidade
PINHEIRO et al., 2012	T	PA	Barreiras	2005	Rib.	MF	Cab. (HgT)	-	-	42	-	-	-	1,12	µg/g
PINHEIRO et al., 2012	T	PA	Barreiras	1998	Rib.	MF	Cab. (HgT)	-	-	50	-	-	-	1,11	µg/g
PINHEIRO et al., 2012	T	PA	Barreiras	2003	Rib.	MF	Cab. (HgT)	-	-	50	-	-	-	1,03	µg/g
PINHEIRO et al., 2012	T	PA	Barreiras	2006	Rib.	MF	Cab. (HgT)	-	-	50	-	-	-	1	µg/g
PINHEIRO et al., 2012	T	PA	Barreiras	2007	Rib.	MF	Cab. (HgT)	-	-	50	-	-	-	1	µg/g
PINHEIRO et al., 2012	T	PA	Barreiras	2010	Rib.	MF	Cab. (HgT)	-	-	50	-	-	-	1	µg/g
PINHEIRO et al., 2012	T	PA	Barreiras	2005	Rib.	MF	Cab. (HgT)	-	-	50	-	-	-	0,96	µg/g

AMORAS, 2011	DUTRA et al., 2012	DUTRA et al., 2012	DUTRA et al., 2012	PINHEIRO et al., 2012	PINHEIRO et al., 2012	PINHEIRO et al., 2012	Referência
T	T	T	T	T	T	T	Região Hidrográfica ¹
PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	Estado
Ilha do Marajó (Soure)	Itaituba	Itaituba	Itaituba	São Luis do Tapajós	Barreiras	Barreiras	Localização
2009	2004	2006	2010	2002	2008	2001	Período coleta
Rib.	Urb.	Urb.	Urb.	Rib.	Rib.	Rib.	Comunidade ²
MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	Gênero ³
Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Amostra/ Biomarcador ⁴
IN	IN	IN	IN	-	-	-	População ⁵
0 a 60 meses	8 a 10	8 a 10	8 a 10	-	-	-	Faixa etária (anos)
23	90 (137 T)	47 (137 T)	90 (137 T)	50	50	42	N Amostral
0,01	-	-	-	-	-	-	Hg-Min
0,54	1,01	1,18	1,18	-	-	-	Hg-Médio
1,69	4,13	8,22	8,31	-	-	-	Hg_Máx.
0,39	0,79	1,35	1,02	0,86	0,92	0,94	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

MALM et al., 2010	GROTTO et al., 2010	GROTTO et al., 2010	GROTTO et al., 2010	AMORAS, 2011	AMORAS, 2011	AMORAS, 2011	Referência
T	T	T	T	T	T	T	Região Hidrográfica ¹
PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	Estado
Barreiras	Itaituba	Itaituba	Itaituba	Furo do Maracujá (Rio)	Barreiras	São Luis do Tapajós	Localização
1999	-	-	-	2009	2009	2009	Período coleta
Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Comunidade ²
MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	Gênero ³
Cab. (HgT)	Pla. (HgT)	San. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Amostra/ Biomarcador ⁴
AD	AD	AD	AD	IN	IN	IN	População ⁵
15 a 53	15 a 80	15 a 80	15 a 80	2 a 60 meses	2 a 60 meses	2 a 60 meses	Faixa etária (anos)
83 T	108 T	108 T	108 T	20	40	20	N Amostral
1,00	-	-	1,00	0,10	0,12	1,93	Hg-Min
12,40	-	47,80	13,70	0,87	4,20	7,91	Hg-Médio
51,00	-	-	57,80	1,98	15,88	20,81	Hg_Máx.
-	-	39	-	0,85	2,96	5,53	Hg_Mediana
µg/g	µg/L	µg/L	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

PINHEIRO et al., 2008	PASSOS et al., 2008	PASSOS et al., 2008	FILLION et al., 2009	FARRIPAS, 2010	FARRIPAS, 2010	MALM et al., 2010	Referência
T	T	T	T	T	T	T	Região Hidrográfica¹
PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	Estado
São Luís do Tapajós	Açaituba, São Luís de	Açaituba, São Luís de	São Luís do Tapajós, Nova	Barreiras	São Luís do Tapajós	Barreiras	Localização
2003	2003	2003	-	1994 a 2008	1994 a 2008	1999	Período coleta
Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Comunidade²
F	MF	MF	MF	MF	MF	MF	Gênero³
Cab. (HgT)	San.	Cab.	Cab.	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (MeHg)	Amostra/ Biomarcador⁴
AD	AD	AD	AD	AD	AD	AD	População⁵
46 a 65	15 a 65	15 a 65	15 a 65	13 a 78	16 a 74	15 a 53	Faixa etária (anos)
7	256 T	256 T	456	62	50	83 T	N Amostral
6,28	-	0,20	20,00	0,40	0,82	-	Hg-Min
17,32	58,70	17,90	-	9,92	16,73	10,20	Hg-Médio
30,04	-	58,30	77,70	79,20	60,30	-	Hg_Máx.
-	-	-	-	-	-	-	Hg_Mediana
µg/g	µg/L	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

PASSOS et al., 2007	RODRIGUES et al., 2007	PINHEIRO et al., 2008	Referência					
T	T	T	T	T	T	T	T	Região Hidrográfica ¹
PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	Estado
Santo Antônio	Rio Tapajós	Barreiras	São Luis do Tapajós	Barreiras	São Luis do Tapajós	Barreiras	Barreiras	Localização
2003	-	2003	2003	2003	2003	2003	2003	Período coleta
Rib.	Gar.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Comunidade ²
MF	M	F	F	F	F	F	F	Gênero ³
Cab. (HgT)	Uri. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Amostra/ Biomarcador ⁴
AD	AD	AD	AD	AD	AD	AD	AD	População ⁵
15 a 89	18 a 74	30 a 45	13 a 29	13 a 29	30 a 45	13 a 29	46 a 65	Faixa etária (anos)
449 T	20	12	13	13	21	21	6	N Amostral
-	50,00	3,76	3,15	3,15	8,08	3,04	9,60	Hg-Min
16,87	-	9,81	10,26	10,71	13,60	10,71	15,86	Hg-Médio
-	400,00	33,40	20,70	27,90	20,40	27,90	30,00	Hg_Máx.
15,7	-	-	-	-	-	-	-	Hg_Mediana
µg/g	µg/L	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

PINHEIRO et al., 2006	PINHEIRO et al., 2006	PINHEIRO et al., 2007	PASSOS et al., 2007	Referência				
T	T	T	T	T	T	T	T	Região Hidrográfica ¹
PA	PA	Estado						
São Luis do Tapajós	Barreiras	Barreiras	Barreiras	São Luis do Tapajós	São Luis do Tapajós	São Luis do Tapajós	Santo Antônio	Localização
1996	-	-	-	-	-	-	2003	Período coleta
Rib.	Rib.	Comunidade ²						
MF	F	M	M	F	M	M	MF	Gênero ³
Cab. (HgT)	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	San. (HgT)	Amostra/ Biomarcador ⁴
IN	AD	População ⁵						
15 a 65	0 a 12	15 a 89	Faixa etária (anos)					
32	37 (168 T)	47 (168)	47 (168)	30 (168)	18 (168 T)	18 (168 T)	225 T	N Amostral
-	1,33	1,66	1,66	1,34	1,99	1,99	-	Hg-Min
15,00	6,48	9,13	9,13	13,39	16,07	16,07	57,10	Hg-Médio
-	12,10	17,70	17,70	53,80	38,80	38,80	-	Hg_Máx.
-	-	-	-	-	-	-	55,1	Hg_Mediana
µg/g	µg/L	Unidade						

SILVA et al., 2004	SILVA et al., 2004	DÓREA et al., 2005	DÓREA et al., 2005	DÓREA et al., 2005	DÓREA et al., 2005	DÓREA et al., 2005	DÓREA et al., 2005	FILLION et al., 2006	Referência
T	T	T	T	T	T	T	T	T	Região Hidrográfica ¹
PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	Estado
Rio rato	Jacareacanga	Cururu (Munduruku)	Kaburua (Munduruku)	Kayabi	Terra Preta (Munduruku)	Açaituba, São Luis de			Localização
-	-	-	-	-	-	-	-	-	Período coleta
Gar.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Comunidade ²
MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	Gênero ³
Uri.	Cab.	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Amostra/ Biomarcador ⁴
AD	AD	-	-	-	-	-	-	AD	População ⁵
30	25	-	-	-	-	-	-	15 a 89	Faixa etária (anos)
98	140	138	89	47	22	251	251		N Amostral
0,01	0,29	-	-	-	-	-	-	0,21	Hg-Min
-	-	3,70	2,50	12,80	6,00	17,80	17,80		Hg-Médio
81,37	58,47	-	-	-	-	77,20	77,20		Hg_Máx.
4	8	-	-	-	-	-	-	-	Hg_Mediana
µg/L	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

SANTOS et al., 2003a	Referência									
T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	Região Hidrográfica ¹
PA	Estado									
Barreiras	São Luis do Tapajós	Sai Cinza	Santana do Ituqui	Lago Grande Aldeia	Brasília Legal	Localização				
1994 a 2000	-	Período coleta								
Ind.	Rib.	Comunidade ²								
MF	F	Gênero ³								
Cab.	Cab. (HgT)	Amostra/ Biomarcador ⁴								
AD E IN	AD	População ⁵								
5 a 97	4 a 97	03 a 97	9 a 97	10 a 97 anos	6 a 97	6 a 97	6 a 97	6 a 97	23 a 62	Faixa etária (anos)
488	327	324	321	316	220	220	220	220	26	N Amostral
7,74	0,10	7,00	0,40	0,40	0,56	0,56	0,56	0,56	-	Hg-Min
12,58	19,91	16,00	4,33	3,98	11,75	11,75	11,75	11,75	10,00	Hg-Médio
12,58	94,50	1600,00	11,60	11,76	49,99	49,99	49,99	49,99	-	Hg_Máx.
-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,1	Hg_Mediana
µg/g	Unidade									



SANTOS et al., 2000	SANTOS et al., 2000	SANTOS et al., 2000	HARADA et al., 2001	CROMPTON et al., 2002	Referência			
T	T	T	T	T	T	T	T	Região Hidrográfica ¹
PA	Estado							
Santana do Ituqui	São Luis do Tapajós	Brasília Legal	Barreiras	São Luis do Tapajós	Rainha	Jacareacanga		Localização
1996	1995	1994	1998	1998	1998	1998	1999	Período coleta
Rib.	Comunidade ²							
MF	Gênero ³							
Cab.	Cab.	Cab.	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab.	Amostra/ Biomarcador ⁴
AD E IN	AD	AD	AD E IN	População ⁵				
0 a 65	0 a 65	0 a 65	1 a 67	3 a 47	7 a 53	2 a 77		Faixa etária (anos)
321	327	220	76	44	12	205 T		N Amostral
0,40	10,00	53,00	-	5,10	3,10	0,30		Hg-Min
4,33	19,91	11,75	16,40	20,80	14,10	8,60		Hg-Médio
11,60	94,50	49,99	-	42,20	34,50	83,20		Hg_Máx.
-	-	-	-	-	-	-	-	Hg_Mediana
µg/g	Unidade							

SERRA; SILVA; BERNARDI, 2004	Referência		Região Hidrográfica ¹	Estado	Localização	Período coleta	Comunidade ²	Gênero ³	Amostra/ Biomarcador ⁴	População ⁵	Faixa etária (anos)	N Amostral	Hg-Min	Hg-Médio	Hg_Máx.	Hg_Mediana	Unidade
	HACON et al., 2000	PINHEIRO et al., 2000															
M	T	T	T	PA	Rio Tapajós	1996	Rib.	MF	Cab. (HgT)	AD	15 a 79	68	-	10,80	40,00	9	µg/g
RO	MT	PA	PA	PA	Rainha	1994 e 1995	Rib.	MF	Cab. (HgT)	AD	25 a 37	16 (120 T)	-	15,90	-	-	µg/g
Alto Rio Madeira	Alta Floresta	Barreiras	Rainha	PA	Rainha	1994 e 1995	Rib.	MF	Cab. (MeHg)	AD	25 a 37	13 (120 T)	-	14,30	-	-	µg/g
2009 a 2019	1995	1994 e 1995	1994 e 1995	PA	Barreiras	1994 e 1995	Rib.	MF	Cab. (HgT)	AD	25 a 37	52 (120 T)	-	17,70	-	-	µg/g
Rib.	Gar.	Rib.	Rib.	PA	Barreiras	1994 e 1995	Rib.	MF	Cab. (MeHg)	AD	25 a 37	52 (120 T)	-	15,80	-	-	µg/g
M	F	MF	MF	PA	Barreiras	1994 e 1995	Rib.	MF	Cab. (MeHg)	AD	25 a 37	52 (120 T)	-	15,80	-	-	µg/g
Cab. (HgT)	-	Cab. (MeHg)	Cab. (HgT)	PA	Barreiras	1994 e 1995	Rib.	MF	Cab. (MeHg)	AD	25 a 37	52 (120 T)	-	15,80	-	-	µg/g
AD	AD	AD	AD	PA	Barreiras	1994 e 1995	Rib.	MF	Cab. (MeHg)	AD	25 a 37	52 (120 T)	-	15,80	-	-	µg/g
18 a 75	14 a 45	25 a 37	25 a 37	PA	Barreiras	1994 e 1995	Rib.	MF	Cab. (MeHg)	AD	25 a 37	52 (120 T)	-	15,80	-	-	µg/g
18 (1089 T)	110	52 (120 T)	52 (120 T)	PA	Barreiras	1994 e 1995	Rib.	MF	Cab. (MeHg)	AD	25 a 37	52 (120 T)	-	15,80	-	-	µg/g
1,00	0,05	-	-	PA	Barreiras	1994 e 1995	Rib.	MF	Cab. (MeHg)	AD	25 a 37	52 (120 T)	-	15,80	-	-	µg/g
8,42	-	15,80	15,80	PA	Barreiras	1994 e 1995	Rib.	MF	Cab. (MeHg)	AD	25 a 37	52 (120 T)	-	15,80	-	-	µg/g
50,16	8,20	-	-	PA	Barreiras	1994 e 1995	Rib.	MF	Cab. (MeHg)	AD	25 a 37	52 (120 T)	-	15,80	-	-	µg/g
4,83	-	-	-	PA	Barreiras	1994 e 1995	Rib.	MF	Cab. (MeHg)	AD	25 a 37	52 (120 T)	-	15,80	-	-	µg/g
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	PA	Barreiras	1994 e 1995	Rib.	MF	Cab. (MeHg)	AD	25 a 37	52 (120 T)	-	15,80	-	-	µg/g

SERRA; SILVA; BERNARDI, 2004	Referência									
M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	Região Hidrográfica ¹
RO	Estado									
Abunã (proximidade)	Nova Mutum Paraná	Abunã (proximidade)	Alto Rio Madeira	Alto Rio Madeira	Alto Rio Madeira	Fortaleza do Abunã	Alto Rio Madeira	Alto Rio Madeira	Alto Rio Madeira	Localização
2009 a 2019	Período coleta									
Urb.	Urb.	Urb.	Rib.	Rib.	Gar.	Urb.	Gar.	Gar.	Gar.	Comunidade ²
F	M	M	F	F	F	M	M	M	M	Gênero ³
Cab. (HgT)	Amostra/ Biomarcador ⁴									
AD	População ⁵									
17 a 60	18 a 68	21 a 72	19 a 70	27 a 62	16 a 73	16 a 87	16 a 87	16 a 87	16 a 87	Faixa etária (anos)
60 (1089 T)	343 (1089 T)	27 (1089 T)	20 (1089 T)	17 (1089 T)	41 (1089 T)	75 (1089 T)	75 (1089 T)	75 (1089 T)	75 (1089 T)	N Amostral
1,11	0,45	1,03	1,21	1,76	1,15	1,06	1,06	1,06	1,06	Hg-Min
2,90	3,42	3,69	4,11	4,84	4,87	5,62	5,62	5,62	5,62	Hg-Médio
10,13	36,97	8,97	12,40	10,28	19,46	32,74	32,74	32,74	32,74	Hg_Máx.
2,71	2,85	2,94	3,11	4,15	3,87	4,04	4,04	4,04	4,04	Hg_Mediana
µg/g	Unidade									

Referência	Região Hidrográfica ¹	Estado	Localização	Período coleta	Comunidade ²	Gênero ³	Amostra/ Biomarcador ⁴	População ⁵	Faixa etária (anos)	N Amostral	Hg-Min	Hg-Médio	Hg_Máx.	Hg_Mediana	Unidade
MENDES et al., 2021	M	AM	São Sebastião do Tapurú	2017	Rib.	F	Cab. (HgT)	AD	20 a 73	...	-	7,97	-	-	µg/g
MENDES et al., 2021	M	AM	Lago Puruzinho	2017	Rib.	F	Cab. (HgT)	AD	20 a 73	...	-	11,34	-	-	µg/g
MENDES et al., 2021	M	AM	São Sebastião do Tapurú	2017	Rib.	F	Cab. (HgT)	AD	20 a 73	...	-	-	-	-	µg/g
SERRA; SILVA; BERNARDI, 2004	M	RO	Nova Mutum Paraná	2009 a 2019	Urb.	F	Cab. (HgT)	AD	16 a 65	156 (1089 T)	0,59	2,43	12,84	2,1	µg/g
SERRA; SILVA; BERNARDI, 2004	M	RO	Fortaleza do Abunã	2009 a 2019	Rib.	F	Cab. (HgT)	AD	17 a 59	30 (1089 T)	0,56	2,79	6,23	2,76	µg/g
SERRA; SILVA; BERNARDI, 2004	M	RO	Nova Mutum Paraná	2009 a 2019	Urb.	F	Cab. (HgT)	AD	16 a 74	160 (1089 T)	0,52	2,81	15,05	2,58	µg/g
SERRA; SILVA; BERNARDI, 2004	M	RO	Nova Mutum Paraná	2009 a 2019	Urb.	M	Cab. (HgT)	AD	16 a 75	142 (1089 T)	0,68	2,82	17,01	2,37	µg/g
M															
0 a 15															
50															
-															
6,47															
-															
-															
µg/g															

CUNHA; MARQUES; DÓREA, 2018	FEITOSA-SANTANA et al., 2018	LIMA, 2018	MENDES et al., 2021	Referência			
M	M	M	M	M	M	M	Região Hidrográfica ¹
RO	RO	RO	RO	AM	RO	AM	Estado
Rio Madeira, Jamari e	Pururuzinho	Comunidades próximas a	Lago Puruzinho	Localização			
2007	2007	2007	2007	-	-	2017	Período coleta
Rur.	Urb.	Urb.	Urb.	Rib.	Rib.	Rib.	Comunidade ²
MF	F	MF	F	M	MF	MF	Gênero ³
Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Amostra/ Biomarcador ⁴				
IN	AD	AD	AD	AD	IN	IN	População ⁵
0 a 59 meses	13 a 42	13 a 43	13 a 43	18 a 64	6 a 14	0 a 15	Faixa etária (anos)
713 (1343 pares mães e	713 (1343 pares mães e	659 (1343 pares mães e	659 (1343 pares mães e	78	263	26	N Amostral
-	0,56	-	0,49	2,28	-	-	Hg-Min
3,42	11,61	5,67	5,67	-	3,07	6,07	Hg-Médio
23,24	146,87	29,72	29,72	40,69	21,75	-	Hg_Máx.
-	-	-	-	-	2,05	-	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

CARVALHO, 2016	ROCHA et al., 2016	Referência							
M	M	M	M	M	M	M	M	M	Região Hidrográfica ¹
RO	RO	Estado							
Cuniã	Cuniã	Cuniã	Belmonte	Belmonte	Belmonte	Belmonte	Alto Rio Madeira	Porto Velho	Localização
2012	2011	2011	2012	2011	2011	2011	2011	-	Período coleta
Rib.	Rib.	Rib.	Urb.	Urb.	Urb.	Urb.	Urb.	Urb.	Comunidade ²
MF	F	Gênero ³							
San. (HgT)	San. (HgT)	Cab. (HgT)	San. (HgT)	San. (HgT)	San. (HgT)	San. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab.	Amostra/ Biomarcador ⁴
IN	AD	População ⁵							
5 a 17	18 a 48	Faixa etária (anos)							
52	52	52	42	42	42	42	42	149 T	N Amostral
-	-	-	-	-	-	-	-	-	Hg-Min
20,57	25,78	7,18	7,84	11,60	2,71	2,71	0,60	0,60	Hg-Médio
-	-	-	-	-	-	-	4,36	4,36	Hg_Máx.
-	-	5,7	-	-	2,3	2,3	-	-	Hg_Mediana
µg/L	µg/L	µg/g	µg/L	µg/L	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

SILVA, 2015	SILVA, 2015	HOSHINO et al., 2015	CERBINO, 2016	CARVALHO, 2016	CARVALHO, 2016	CARVALHO, 2016	Referência
M	M	M	M	M	M	M	Região Hidrográfica ¹
RO	RO	AM	RO	RO	RO	RO	Estado
Fortaleza do Abunã	Nova Mutum Paraná	Lago Puruzinho	Nova Mutum Paraná,	Nacional - Porto Velho	Nacional - Porto Velho	Nacional - Porto Velho	Localização
-	-	-	-	2012	2011	2011	Período coleta
Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Urb.	Urb.	Urb.	Comunidade ²
F	F	MF	F	MF	MF	MF	Gênero ³
-	-	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	San. (HgT)	San. (HgT)	Cab. (HgT)	Amostra/ Biomarcador ⁴
AD	AD	AD E IN	-	IN	IN	IN	População ⁵
17 a 39	17 a 39	1 a 47	-	5 a 17	5 a 17	5 a 17	Faixa etária (anos)
2	1	58	10	104	104	104	N Amostral
151,00	-	2,93	0,21	-	-	-	Hg-Min
3,05	3,05	11,26	1,07	5,22	-	-	Hg-Médio
443,00	-	23,45	1,99	-	-	-	Hg_Máx.
-	-	10,91	-	-	-	-	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/L	µg/L	µg/g	Unidade

MARQUES et al., 2013	MARQUES et al., 2013	VIEIRA ROCHA et al., 2014	VIEIRA ROCHA et al., 2014	SILVA, 2015	SILVA, 2015	SILVA, 2015	Referência
M	M	M	M	M	M	M	Região Hidrográfica ¹
RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	Estado
Marechal Rondon;	Marechal Rondon;	Gleba do Rio Preto, Porto	Demarcação, Porto Velho	Fortaleza do Abunã, Abunã,	Abunã	Jirau	Localização
2006	2006	2006 e 2007	2006 e 2007	-	-	-	Período coleta
Rur.	Rur.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Comunidade ²
F	MF	MF	MF	F	F	F	Gênero ³
Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	-	-	-	Amostra/ Biomarcador ⁴
AD	IN	IN	IN	AD	AD	AD	População ⁵
16 a 42	35 a 42 (idade gestacional,	3 a 9	3 a 9	17 a 39	17 a 39	17 a 39	Faixa etária (anos)
67 (total = gestantes e	67 (total = gestantes e	11	31	9T	4	2	N Amostral
2,56	0,29	-	-	1,51	-	-	Hg-Min
7,82	1,98	6,24	3,57	3,05	3,05	3,05	Hg-Médio
41,10	8,77	-	-	4,43	-	-	Hg_Máx.
-	-	-	-	-	-	-	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

VIEIRA et al., 2013	MARQUES et al., 2013	MARQUES et al., 2013	MARQUES et al., 2013	MARQUES et al., 2013	MARQUES et al., 2013	MARQUES et al., 2013	MARQUES et al., 2013	Referência
M	M	M	M	M	M	M	M	Região Hidrográfica ¹
RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	Estado
São Carlos, Nazaré,	Ariquemes, Itapuã,	Ariquemes, Itapuã,	Rio Madeira, Jamari e	Rio Madeira, Jamari e	Rio Madeira, Jamari e	Mineração perto Rio	Mineração perto Rio	Localização
2010 e 2011	2006	2006	2006	2006	2006	2006	2006	Período coleta
Rib.	Urb.	Urb.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Comunidade ²
F	F	MF	F	MF	F	F	MF	Gênero ³
Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Amostra/Biomarcador ⁴
AD	AD	IN	AD	IN	AD	AD	IN	População ⁵
15 a 42	13 a 42	35 a 43 (idade gestacional,	13 a 41	35 a 43 (idade gestacional,	13 a 43	32 a 43 (idade gestacional,	32 a 43 (idade gestacional,	Faixa etária (anos)
82	676 T	676 T	396 T	396 T	294 T	294 T	294 T	N Amostral
-	0,73	0,11	1,02	0,09	1,53	0,12	0,12	Hg-Min
-	-	1,50	12,12	3,01	4,45	0,80	0,80	Hg-Médio
-	24,14	4,81	130,72	18,53	11,94	1,99	1,99	Hg_Máx.
8,24	5,36	-	-	-	-	-	-	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	FARIAS, 2006	VIEIRA et al., 2013	VIEIRA et al., 2013	VIEIRA et al., 2013	Referência
M	M	M	M	M	M	Região Hidrográfica ¹
RO	AM	AM	RO	RO	RO	Estado
Boa Vitória	Fazenda Tabocal	Borba	Porto Velho	Porto Velho	São Carlos, Nazaré,	Localização
2001 a 2003	2001 a 2003	1999	2010 e 2011	2010 e 2011	2010 e 2011	Período coleta
Rib.	Rib.	Rib.	Urb.	Urb.	Rib.	Comunidade ²
MF	MF	MF	F	F	F	Gênero ³
Cab.	Cab.	Cab. (MeHg)	L (MeHg)	L (MeHg)	L (MeHg)	Amostra/ Biomarcador ⁴
-	-	IN	AD	AD	AD	População ⁵
-	crianças pré-escolares	crianças pré-escolares	15 a 42	15 a 42	15 a 42	Faixa etária (anos)
3	5	5	45	75	37	N Amostral
10,86	-	1,80	-	0,28	-	Hg-Min
13,82	5,10	6,60	-	-	-	Hg-Médio
17,05	-	14,10	-	6,09	-	Hg_Máx.
13,55	4,9	4,8	0,07	1,32	1	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	ng/ g-1	µg/g	ng/ g-1	Unidade

BASTOS et al., 2006	Referência								
M	M	M	M	M	M	M	M	M	Região Hidrográfica ¹
AM	AM	AM	AM	RO	RO	AM	RO	AM	Estado
São Lázaro	Paquiqué	Maracá II	Itacoã	Curralinho	Firmeza	Vista Nova			Localização
2001 a 2003	Período coleta								
Rib.	Comunidade ²								
MF	Gênero ³								
Cab.	Amostra/ Biomarcador ⁴								
-	-	-	-	-	-	-	-	-	População ⁵
-	-	-	-	-	-	-	-	-	Faixa etária (anos)
6	6	6	6	5	4	4	4	4	N Amostral
2,50	7,49	8,57	5,28	-	9,40	21,40	9,40	21,40	Hg-Min
9,48	9,23	11,37	11,97	19,69	11,21	25,69	11,21	25,69	Hg-Médio
23,37	11,57	15,69	16,00	34,49	14,80	-	14,80	-	Hg_Máx.
6,72	8,99	10,82	13,93	18,1	10,32	26,41	10,32	26,41	Hg_Mediana
µg/g	Unidade								

BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	Referência			
M	M	M	M	M	M	M	M	M	Região Hidrográfica ¹
RO	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	RO	Estado
Cujubim	Sta. Rosa II	Bom Suspiro	Barreira do Manicoré	Três Casas	Santa Maria	Terra Caída			Localização
2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	Período coleta
Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Comunidade ²
MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	Gênero ³
Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Amostra/ Biomarcador ⁴
-	-	-	-	-	-	-	-	-	População ⁵
-	-	-	-	-	-	-	-	-	Faixa etária (anos)
12	12	12	9	9	7	7	7	7	N Amostral
1,55	5,81	6,43	1,45	5,62	6,70	5,01	5,01	5,01	Hg-Min
6,30	11,65	16,29	10,82	33,07	9,28	9,61	9,61	9,61	Hg-Médio
14,67	16,89	30,06	23,04	70,70	16,84	14,61	14,61	14,61	Hg_Máx.
6,65	12,03	15,59	11,97	24,26	7,55	10,34	10,34	10,34	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	Referência
M	M	M	M	M	M	M	M	M	Região Hidrográfica ¹
AM	AM	RO	RO	AM	AM	AM	RO	AM	Estado
Nazaré do Retiro	Livramento	Sto Antônio do Pau Queimado	São Pedro	Axinim	Papagaio	Moanense			Localização
2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	Período coleta
Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Comunidade ²
MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	Gênero ³
Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Amostra/ Biomarcador ⁴
-	-	-	-	-	-	-	-	-	População ⁵
-	-	-	-	-	-	-	-	-	Faixa etária (anos)
15	15	14	14	13	13	13	13	13	N Amostral
-	-	5,87	6,61	3,27	4,76	3,26	4,76	3,26	Hg-Min
17,90	36,89	14,69	15,77	8,65	13,72	12,73	13,72	12,73	Hg-Médio
24,77	63,54	26,86	28,00	23,02	27,22	20,49	27,22	20,49	Hg_Máx.
18,23	36,48	12,48	15,96	7,17	12,48	14,85	12,48	14,85	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	Referência
M	M	M	M	M	M	M	M	M	Região Hidrográfica ¹
AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	RO	Estado
Auará Grande	Boca do Carapanatuba	São Sebastião do Tapuru	São Sebastião (Lago Lúcio)	Vista Alegre	Miriti	São Carlos			Localização
2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	Período coleta
Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Comunidade ²
MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	Gênero ³
Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Amostra/ Biomarcador ⁴
-	-	-	-	-	-	-	-	-	População ⁵
-	-	-	-	-	-	-	-	-	Faixa etária (anos)
19	18	18	17	17	16	15	15	15	N Amostral
6,21	3,43	20,43	6,61	7,28	6,70	1,84	1,84	1,84	Hg-Min
15,97	10,45	62,76	12,84	16,02	22,34	9,51	9,51	9,51	Hg-Médio
24,98	19,22	150,00	18,52	26,28	50,37	22,83	22,83	22,83	Hg_Máx.
15,48	9,89	60,6	12,22	16,26	21,03	8,23	8,23	8,23	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

BASTOS et al., 2006	Referência							
M	M	M	M	M	M	M	M	Região Hidrográfica ¹
AM	RO	AM	RO	AM	RO	AM	RO	Estado
Carará	Calama	Auxiliadora	Calama	Puruzinho	Caçara	Novos Prazeres	Sta. Rosa	Localização
2001 a 2003	Período coleta							
Rib.	Comunidade ²							
MF	Gênero ³							
Cab.	Amostra/ Biomarcador ⁴							
-	-	-	-	-	-	-	-	População ⁵
-	-	-	-	-	-	-	-	Faixa etária (anos)
39	34	34	34	28	23	20	19	N Amostral
4,18	-	-	-	-	1,94	2,77	7,68	Hg-Min
18,13	9,02	9,34	9,02	14,83	10,04	11,90	13,99	Hg-Médio
34,71	-	22,78	-	28,27	17,98	24,28	20,78	Hg_Máx.
15,79	8,93	5,94	8,93	14,04	10,45	12,44	14,08	Hg_Mediana
µg/g	Unidade							

RAMOS, 2003	RAMOS, 2003	SANTOS et al., 2003	SANTOS et al., 2003	SANTOS et al., 2003	SANTOS et al., 2003	SANTOS et al., 2003	BASTOS et al., 2006	Referência
M	M	M	M	M	M	M	M	Região Hidrográfica ¹
RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	Estado
Porto Velho	Porto Velho	Guajará-Mirim, Novo Marmoré	Nazaré	Localização				
2000	2000	1997	1997	1997	1997	1997	2001 a 2003	Período coleta
Urb.	Urb.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Rib.	Comunidade ²
F	F	M	F	MF	MF	MF	MF	Gênero ³
San. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab.	Amostra/ Biomarcador ⁴
AD	AD	AD	AD	IN	IN	AD E IN	-	População ⁵
15 a 45	15 a 45	13 a acima de 45	14 a 44	Até 12 anos	Até 12 anos	0 a acima de 45	-	Faixa etária (anos)
100 T	100 T	361 (910 T)	549 (910 T)	acima de 324 (910 T)	acima de 324 (910 T)	910 T	64	N Amostral
0,04	0,16	-	-	0,52	0,52	0,52	-	Hg-Min
4,98	7,02	7,55	8,91	7,93	7,93	8,37	10,65	Hg-Médio
40,36	62,43	-	39,40	83,89	83,89	83,89	22,60	Hg_Máx.
-	-	-	-	6,94	6,94	6,89	9,53	Hg_Mediana
µg/L	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

VEGA et al., 2018	VEGA et al., 2018	VEGA et al., 2018	VEGA et al., 2018	VEGA et al., 2018	RAMOS, 2003	RAMOS, 2003	Referência
N	N	N	N	N	M	M	Região Hidrográfica ¹
RR	RR	RR	RR	RR	RO	RO	Estado
Hokosiu-Pappiu	Maloca Velha - Waikás	Maloca Nova Waikás	Aracaca - Waikás (Rio)	Porto Velho	Porto Velho	Porto Velho	Localização
2014	2014	2014	2014	2000	2000	2000	Período coleta
Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Urb.	Urb.	Urb.	Comunidade ²
F	F	F	F	MF	F	F	Gênero ³
Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Umb. (HgT)	Umb. (HgT)	Amostra/Biomarcador ⁴
ADE IN	ADE IN	ADE IN	ADE IN	IN	AD	AD	População ⁵
acima de 5 anos	acima de 5 anos	acima de 5 anos	acima de 5 anos	recém-nascido	15 a 45	15 a 45	Faixa etária (anos)
179 (239 T)	47 (239 T)	47 (239 T)	13 (239 T)	100 T	100 T	100 T	N Amostral
0,40	0,40	0,40	4,60	0,40	0,11	0,11	Hg-Min
3,20	-	-	-	2,72	9,98	9,98	Hg-Médio
8,60	22,10	22,10	20,40	40,32	43,00	43,00	Hg_Máx.
-	4,5	4,5	15,5	-	-	-	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

VEGA et al., 2018	VEGA et al., 2018	VEGA et al., 2018	VEGA et al., 2018	VEGA et al., 2018	VEGA et al., 2018	VEGA et al., 2018	Referência			
N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Região Hidrográfica ¹
RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	Estado
Sikamapiu-Pappiu	Ruahipi-Pappiu	Okorasipi-Pappiu	Maimapi / casa de Titi - Pappiu	Maikohipi-Pappiu	Maharau 1/ Maharau 2/	Konapi-Pappiu				Localização
2014	2014	2014	2014	2014	2014	2014	2014	2014	2014	Período coleta
Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Comunidade ²
F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	Gênero ³
Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Amostra/ Biomarcador ⁴
AD E IN	AD E IN	AD E IN	AD E IN	AD E IN	AD E IN	AD E IN	AD E IN	AD E IN	AD E IN	População ⁵
acima de 5 anos	acima de 5 anos	acima de 5 anos	acima de 5 anos	acima de 5 anos	acima de 5 anos	acima de 5 anos	Faixa etária (anos)			
179 (239 T)	179 (239 T)	179 (239 T)	179 (239 T)	179 (239 T)	179 (239 T)	179 (239 T)	179 (239 T)	179 (239 T)	179 (239 T)	N Amostral
0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	Hg-Min
3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	Hg-Médio
8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	Hg_Máx.
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

FIOCRUZ. 2016	FIOCRUZ. 2016	VEGA et al., 2018	VEGA et al., 2018	VEGA et al., 2018	VEGA et al., 2018	VEGA et al., 2018	VEGA et al., 2018	Referência
N	N	N	N	N	N	N	N	Região Hidrográfica¹
RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	RR	Estado
Waikás Aracaça	Waikás Aracaça	Xokotha / casa de Arokona-	Tihinaki Il-Pappiu	Tihinaki-Pappiu	Tamapi-Pappiu	Surinapi-Pappiu		Localização
2014	2014	2014	2014	2014	2014	2014	2014	Período coleta
Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Comunidade²
MF	MF	F	F	F	F	F	F	Gênero³
Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Amostra/Biomarcador⁴
AD	IN	AD E IN	AD E IN	AD E IN	AD E IN	AD E IN	AD E IN	População⁵
≥12 anos	< 12 anos	acima de 5 anos	acima de 5 anos	acima de 5 anos	acima de 5 anos	acima de 5 anos	acima de 5 anos	Faixa etária (anos)
10	3	179 (239 T)	179 (239 T)	179 (239 T)	179 (239 T)	179 (239 T)	179 (239 T)	N Amostral
9,30	4,50	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	Hg-Min
16,25		3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	Hg-Médio
20,40		8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	Hg_Máx.
16		-	-	-	-	-	-	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

FARIAS et al., 2012	CERBINO, 2016	CERBINO, 2016	FIOCRUZ. 2016	FIOCRUZ. 2016	FIOCRUZ. 2016	FIOCRUZ. 2016	Referência
N	N	N	N	N	N	N	Região Hidrográfica ¹
AM	AM	AM	RR	RR	RR	RR	Estado
Manaus	Santa Isabel	Livramento	Paapiú	Paapiú	Paapiú	Waikás	Localização
2003	-	-	2014	2014	2014	2014	Período coleta
Urb.	Rib.	Rib.	Ind.	Ind.	Ind.	Ind.	Comunidade ²
M	F	F	MF	MF	MF	MF	Gênero ³
Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Amostra/ Biomarcador ⁴
IN	-	-	IN	AD	IN	AD	População ⁵
2 a 7	-	-	< 12 anos	≥12 anos	< 12 anos	≥12 anos	Faixa etária (anos)
201	-	12	99	80	99	19	N Amostral
0,02	8,81	0,33	0,40	0,60	0,40	2,00	Hg-Min
2,53	14,62	2,12					Hg-Médio
34,36	20,48	1,72	7,00	8,60	7,00	8,50	Hg_Máx.
1,4	-	-	2,9	3,5	2,9	4,7	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

FARIAS, 2006	BORTOLI, 2009	FARIAS et al., 2012	Referência					
N	N	N	N	N	N	N	N	Região Hidrográfica ¹
AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	Estado
Alvarães	Vista Alegre, Parque	Vista Alegre, Parque	Cachoeira, Parque	Cachoeira, Parque	Cachoeira, Parque	Novo Airão	Manaus	Localização
1999	1999	1999	1999	1999	1999	-	2003	Período coleta
Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Urb.	Urb.	Comunidade ²
MF	MF	MF	MF	MF	MF	F	F	Gênero ³
Cab. (HgT)	Cab. (MeHg)	Cab. (HgT)	Cab. (MeHg)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab.	Cab. (HgT)	Amostra/ Biomarcador ⁴
IN	IN	IN	IN	IN	IN	AD	IN	População ⁵
crianças pré-escolares	19 a 50	2 a 7	Faixa etária (anos)					
4	4	4	3	4	4	54	201	N Amostral
5,10	-	13,36	-	-	-	0,04	0,05	Hg-Min
10,20	45,10	18,40	40,90	15,80	15,80	5,67	1,59	Hg-Médio
15,50	-	23,30	-	-	-	18,67	20,09	Hg_Máx.
11,8	42,4	18,4	39,6	19,5	19,5	4,52	0,97	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

FARIAS, 2006	Referência								
N	N	N	N	N	N	N	N	N	Região Hidrográfica ¹
AM	Estado								
Santo Elias, Parque	Santo Elias, Parque	SESI/ Manaus	SESI/ Manaus	Seringalzinho, Parque	Seringalzinho, Parque	Seringalzinho, Parque	Seringalzinho, Parque	Alvarães	Localização
1999	1999	1999	1999	1999	1999	1999	1999	1999	Período coleta
Rib.	Comunidade ²								
MF	Gênero ³								
Cab. (MeHg)	Cab. (MeHg)	Cab. (MeHg)	Cab. (MeHg)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (MeHg)	Amostra/ Biomarcador ⁴
IN	População ⁵								
crianças pré-escolares	Faixa etária (anos)								
6	4	5	5	3	5	5	5	5	N Amostral
-	-	0,58	0,58	-	0,60	0,60	0,60	-	Hg-Min
55,10	2,29	1,80	1,80	47,20	12,80	12,80	12,80	3,60	Hg-Médio
-	-	3,80	3,80	-	36,10	36,10	36,10	-	Hg_Máx.
55,6	2,8	1,1	1,1	47,6	9,4	9,4	9,4	2,8	Hg_Mediana
µg/g	Unidade								



ALVES et al., 2006	ALVES et al., 2006	ALVES et al., 2006	ALVES et al., 2006	ALVES et al., 2006	ALVES et al., 2006	Referência				
N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	Região Hidrográfica ¹
AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	Estado
Piloto	Marará	São Luis	Cumaru	Pau Terra (Rio Cuiuni)	Baturité	Mariuá				Localização
2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	Período coleta
Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Comunidade ²
MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	Gênero ³
Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Amostra/ Biomarcador ⁴
AD	AD	AD	AD	AD	AD	AD	AD	AD	AD	População ⁵
15 a 50	15 a 50	15 a 50	15 a 50	15 a 50	15 a 50	Faixa etária (anos)				
25	17	21	16	12	11	3				N Amostral
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Hg-Min
33,20	27,30	41,40	43,70	38,20	33,00	24,90				Hg-Médio
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Hg_Máx.
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade



DOREA et al., 2003	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	ALVES et al., 2006	Referência
N	N	N	N	N	N	N	N	N	Região Hidrográfica ¹
AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	AM	Estado
Rio Negro	Valparaíso	Espírito Santo	Cachoeirinha (Manaus)	Boa Ventura	Arapapá	Manaus			Localização
1998 a 1999	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2001 a 2003	2003	2003	Período coleta
Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Comunidade ²
F	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	Gênero ³
Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Cab.	Amostra/ Biomarcador ⁴
AD	-	-	-	-	-	-	AD	AD	População ⁵
15 a 45	-	-	-	-	-	-	18 a 50	18 a 50	Faixa etária (anos)
14	21	18	14	7	7	7	105	105	N Amostral
6,50	-	3,51	1,54	4,73	10,43	-	-	-	Hg-Min
18,30	18,93	12,47	14,74	16,55	16,56	16,55	1,00	1,00	Hg-Médio
32,60	82,38	21,28	37,22	35,79	21,33	35,79	-	-	Hg_Máx.
-	19,33	13,3	12,11	13,15	16,33	13,15	-	-	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

SILVA-FORSBERG et al., 1999	SILVA-FORSBERG et al., 2001	Referência							
N	N	N	N	N	N	N	N	N	Região Hidrográfica ¹
AM	Estado								
Acariquara, Rio Urubaxi	Ilha do Pinto, Rio Negro	Tapera, Rio Paduaui	Tapereira, Rio Negro	Aldeia Maiá, Rio Maiá	Sítio Velho, Rio Marauia	Rio Negro			Localização
1993	1993	1993	1993	1993	1993	1998			Período coleta
Rib.			Comunidade ²						
MF			Gênero ³						
Cab. (HgT)			Amostra/Biomarcador ⁴						
AD E IN	AD E IN	AD E IN	AD E IN	AD	AD	AD E IN			População ⁵
3 a 56	1,6 a 37	2 a 59	2 a 47	13 a 40	42 a 62	adulto e criança			Faixa etária (anos)
15	12	11	10	7	2	149			N Amostral
14,37	19,02	19,20	24,94	5,76	13,93	1,51			Hg-Min
69,18	69,58	37,48	69,10	28,02	38,25	18,52			Hg-Médio
146,25	100,95	55,59	110,51	63,02	62,57	59,01			Hg_Máx.
-	-	-	-	-	-	17,8			Hg_Mediana
µg/g			Unidade						

SILVA et al., 2004	VIANNA et al., 2022	FARIAS, 2006	FARIAS, 2006	SILVA-FORSBERG et al., 1999	SILVA-FORSBERG et al., 1999	SILVA-FORSBERG et al., 1999	Referência
S	S	PU	PU	N	N	N	Região Hidrográfica ¹
AM	PA	AM	AM	AM	AM	AM	Estado
Tabatinga	Caxiuanã, Santana do	Ajuricaba	Ajuricaba	Tupuruquara, Rio Marie	Perseverança, Rio Negro	Macuna, Rio Uneixi	Localização
-	1994 a 2002	1999	1999	1993	1993	1993	Período coleta
Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Comunidade ²
MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	Gênero ³
Cab.	Cab. (HgT)	Cab. (MeHg)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Amostra/Biomarcador ⁴
AD	IN	IN	IN	AD E IN	AD E IN	AD E IN	População ⁵
44	0 a 19	crianças pré-escolares	crianças pré-escolares	2 a 66	2 a 65	7 a 52	Faixa etária (anos)
98	648	3	5	57	23	17	N Amostral
1,19	2,70	-	12,90	10,44	15,77	22,17	Hg-Min
-	-	18,90	17,00	97,44	65,72	76,75	Hg-Médio
16,96	45,60	21,30	22,50	171,24	122,32	129,19	Hg_Máx.
6,4	4,3	-	15,8	-	-	-	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade



OLIVEIRA et al., 2018	BASTOS et al., 2006	BASTOS et al., 2006	FARIAS, 2006	FARIAS, 2006	FARIAS, 2006	FARIAS, 2006	Referência
ANO	M, T	M, T	M, T	M, T	M, T	M, T	Região Hidrográfica ¹
PA	AM	AM	AM	AM	AM	AM	Estado
Caratateua (Bragança)	Urucurituba	Remanso	Nhamundá	Nhamundá	Nhamundá	Itapiranga	Localização
2013	2001 a 2003	2001 a 2003	1999	1999	1999	1999	Período coleta
Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Comunidade ²
F	MF	MF	MF	MF	MF	MF	Gênero ³
Cab. (HgT)	Cab.	Cab.	Cab. (MeHg)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Amostra/ Biomarcador ⁴
AD	-	-	IN	IN	IN	IN	População ⁵
13 a 55	-	-	crianças pré-escolares	crianças pré-escolares	crianças pré-escolares	crianças pré-escolares	Faixa etária (anos)
106 T	46	12	4	5	6	5	N Amostral
0,90	0,36	8,36	-	1,10	-	5,60	Hg-Min
-	9,09	18,16	1,90	5,40	3,80	10,00	Hg-Médio
3,30	19,12	29,02	-	10,60	-	18,60	Hg_Máx.
1,72	9,53	19,75	1,9	3,8	2,8	8	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

LACERDA et al., 2020	TAVARES et al., 2005	TAVARES et al., 2005	JESUS et al., 2018	JESUS et al., 2018	JESUS et al., 2018	OLIVEIRA, 2014	Referência
TA	P	P	P	P	P	ANO	Região Hidrográfica ¹
PA	MT	MT	MT	MT	MT	PA	Estado
Curianópolis (Serra Pelada)	Barão de Melgaço (Rio)	(Boca de Conchas,	Pimenteira	São Pedro da Joselândia) -	Estância Ecológica	Caratateua (Bragança)	Localização
-	2001	2001	2012	2012	2012	2013	Período coleta
Gar.	Rib.	Rib.	Urb.	Urb.	Urb.	Rib.	Comunidade ²
M	MF	MF	MF	MF	MF	MF	Gênero ³
Cab.	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Uri.	Uri.	Uri.	Cab. (HgT)	Amostra/ Biomarcador ⁴
AD	IN	IN	AD	AD	AD	AD	População ⁵
40 a 46	3 a 7	3 a 7	18 a acima de 50 anos	18 a acima de 50 anos	18 a acima de 50 anos	13 a 55	Faixa etária (anos)
34	134	75	23	43	43	96	N Amostral
0,10	-	-	0,79	0,08	0,79	-	Hg-Min
1,00	2,08	5,37	1,41	1,56	1,26	-	Hg-Médio
5,00	-	-	6,73	6,09	3,12	20,70	Hg_Máx.
-	1,85	4,7	-	-	-	1,9	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/L	µg/L	µg/L	µg/g	Unidade

LIMA, 2014	MILHOMEM FILHO et al., 2016	COSTA JUNIOR et al., 2017	FREITAS et al., 2018	ARRIFANO et al., 2018a	ARRIFANO et al., 2018a	SA et al., 2019	Referência
TA	TA	TA	TA	TA	TA	TA	Região Hidrográfica ¹
PA	MA	PA	PA	PA	PA	PA	Estado
Acará - Furo do Maracujá	Imperatriz	Acará - Furo do Maracujá	Limoeiro do Ajuru	Caraipe - Hidroelétrica	Caraipe - Hidroelétrica	Limoeiro do Ajuru	Localização
2011	2012	-	2013 a 2014	-	-	2014	Período coleta
Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Comunidade ²
MF	MF	MF	MF	F	M	MF	Gênero ³
Cab. (HgT)	Cab.	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Amostra/ Biomarcador ⁴
IN	AD	AD	IN	AD	AD	AD	População ⁵
5 a 10	14 - 20	13 a 57 anos	7 a 14	18 a 70	18 a 70	13 a 53	Faixa etária (anos)
51	25 famílias	46	64 (176 T)	19	18	118	N Amostral
-	0,15	0,00	0,03	8,00	6,20	0,84	Hg-Min
0,30	-	0,67	0,49	-	20,00	0,88	Hg-Médio
0,90	8,79	2,34	1,91	18,00	47,60	1,40	Hg_Máx.
0,3	-	0,6	-	11	19,7	-	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

PINHEIRO et al., 2008	PINHEIRO et al., 2008	MILHOMEM FILHO, 2012	MILHOMEM FILHO, 2012	MILHOMEM FILHO, 2012	KHOURY et al., 2013	MARINHO et al., 2014	OLIVEIRA, 2014	Referência
								Região Hidrográfica ¹
TA	TA	TA	TA	TA	TA	TA	TA	Estado
PA	MA	MA	MA	PA	PA	PA	PA	Localização
Panacauera	Imperatriz	Beiro Rio - Imperatriz	Imperatriz	Furo do Maracujá	Okorasipi-Pappiu	Okorasipi-Pappiu	Samalúma (Limoeiro do	Período coleta
2003	2012	2012	2012	2011 a 2012	2007 a 2009	2007 a 2009	2013	Comunidade ²
Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Gênero ³
F	F	M	F	MF	MF	MF	MF	Amostra/ Biomarcador ⁴
Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	População ⁵
AD	AD	AD	AD	AD	AD	IN	AD	Faixa etária (anos)
46 a 65	14 a 60	14 a 60	14 a 60	13 a 53	0 a 12	118 (216 T)	13 a 55	N Amostral
7	33	26	33	49	0,13	51	51	Hg-Min
1,76	-	-	-	-	2,27	0,09	0,09	Hg-Médio
3,28	0,69	1,01	0,69	0,73	9,54	-	-	Hg_Máx.
5,20	-	-	-	-	-	3,80	3,80	Hg_Mediana
-	-	-	-	-	-	0,9	0,9	Unidade
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	

PINHEIRO et al., 2006	PINHEIRO et al., 2006	PINHEIRO et al., 2007	PINHEIRO et al., 2007	CORBETT et al., 2007	CORBETT et al., 2007	PINHEIRO et al., 2008	Referência
TA	TA	TA	TA	TA	TA	TA	Região Hidrográfica ¹
PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	Estado
Pindobal Grande	Panacauera	Panacauera	Panacauera	Belém	Serra Pelada	Panacauera	Localização
1996	1996	-	-	-	-	2003	Período coleta
Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Rib.	Gar.	Rib.	Comunidade ²
MF	MF	M	F	MF	MF	F	Gênero ³
Cab. (HgT)	Cab. (HgT)	Cab.	Cab.	Uri.	Uri.	Cab. (HgT)	Amostra/ Biomarcador ⁴
AD	AD	IN	IN	AD	AD	AD	População ⁵
15 a 65	15 a 65	0 a 12	0 a 12	-	-	13 a 29	Faixa etária (anos)
43	22	13 (168 T)	8 (168 T)	68 (235 T)	107 (235 T)	5	N Amostral
-	-	0,39	0,85	0,01	1,00	1,30	Hg-Min
3,80	7,50	2,23	2,74	0,25	10,07	2,72	Hg-Médio
-	-	5,16	9,46	-	47,00	4,66	Hg_Máx.
-	-	-	-	-	-	-	Hg_Mediana
µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/L	µg/L	µg/g	Unidade

PUTY et al., 2019	CRESPO-LOPEZ et al., 2021	SANTOS SACRAMENTO et al., 2021	PINHEIRO et al., 2000	PINHEIRO et al., 2000	SANTOS et al., 2003a	PINHEIRO et al., 2006	Referência
A	A	A	TA	TA	TA	TA	Região Hidrográfica ¹
Geral	Geral	Geral	PA	PA	PA	PA	Estado
Geral	Geral	Geral	Belém	Belém	Caxiuanã	Pindobal Grande	Localização
NA	NA	NA	1994 e 1995	1994 e 1995	NA	1996	Período coleta
Geral	Geral	Geral	Urb.	Urb.	Ind.	Rib.	Comunidade ²
MF	MF	MF	MF	MF	MF	MF	Gênero ³
NA	NA	NA	Cab. (MeHg)	Cab. (HgT)	Cab.	Cab. (HgT)	Amostra/Biomarcador ⁴
NA	AD E IN	AD E IN	AD	AD	AD E IN	IN	População ⁵
NA	Geral	Geral	25 a 37	25 a 37	7 a 97	crianças	Faixa etária (anos)
NA	-	-	13 (120 T)	13 (120 T)	214	88	N Amostral
-	-	-	-	-	0,61	-	Hg-Min
-	-	-	1,40	2,00	8,58	3,00	Hg-Médio
-	-	-	-	-	45,59	-	Hg_Máx.
-	-	-	-	-	-	-	Hg_Mediana
NA	NA	NA	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	Unidade

Referência	Região Hidrográfica ¹	Estado	Localização	Período coleta	Comunidade ²	Gênero ³	Amostra/Biomarcador ⁴	População ⁵	Faixa etária (anos)	N Amostral	Hg-Min	Hg-Médio	Hg_Máx.	Hg_Mediana	Unidade
PASSOS; MERGLER, 2008	A	Geral	Geral	NA	Geral	NA	NA	NA	NA	NA	-	-	-	-	NA
CASTRO e LIMA, 2018	A	Geral	Rios Negro, Tapajós e	1996 a 2016	Geral	NA	NA	NA	NA	NA	-	-	-	-	NA

Notas:

¹ Região Hidrográfica (RH)

A: Amazônica; M: Madeira (RH Amazônica); N: Negro (RH Amazônica); T: Tapajós (RH Amazônica); S: Solimões (RH Amazônica); P: Purus (RH Amazônica); TA: RH Tocantins-Araguaia; ANO: RH Atlântico Nordeste Ocidental; P: RH Paraguai.

² Comunidade

Gar.: garimpeira; Ind.: indígena; Quil.: quilombola; Rib.: ribeirinha; Rur.: rurais; Urb.: urbana;

³ Gênero amostrado amostrado

M: Masculino; F: feminino

⁴ Amostras/biomarcador

Cab.: Cabelo; San.: Sangue; Uri.: urina; L.: leite; Umb.: Cordão Umbilical; HgT: Mercúrio Total; MeHg: Metilmercúrio. NA: Não Aplicável

⁵ População

Ad.: Adulta; In.: Infantil.

NA: Não Aplicável

- : Sem informação/identificação

Fonte: Elaborado pela Autora.



ANEXO 1. Aprovação pelo Comitê de Ética da Universidade de São Paulo

INSTITUTO DE PSICOLOGIA
DA UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO - USP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Plano de Ação Nacional para Extração de Ouro sem Mercúrio
Pesquisador: GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI
Área Temática:
Versão: 2
CAAE: 78529124.1.0000.5561
Instituição Proponente: Núcleo de Apoio a Pesquisa para Mineração Responsável da USP
Patrocinador Principal: FUNDAÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DA ENGENHARIA

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.882.225

Apresentação do Projeto:

O presente projeto de pesquisa busca desenvolver o Plano Ação Nacional para Extração de Ouro sem Mercúrio (PAN) para o Brasil, através de uma pesquisa de abordagem multimétodos que incluirá entrevistas semiestruturadas com trabalhadores/as em ambiente de mineração de ouro e testes técnicos específicos com a estratégia de extração a ser proposta. Apresenta carta de anuência, apresenta o roteiro de entrevista e TCLE e o método de recrutamento dos/as participantes: metodologia Snowball sampling, com contatos diretos via e-mail, telefones e WhatsApp. Não apresenta critérios de inclusão e de exclusão. As informações elencadas no campo apresentação do projeto foram retiradas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2296471.pdf, de 13/05/2024): OBJETIVO PRIMÁRIO; METODOLOGIA PROPOSTA.

Objetivo da Pesquisa:

O presente projeto de pesquisa busca desenvolver o Plano Ação Nacional para Extração de Ouro sem Mercúrio (PAN) para o Brasil. As informações elencadas no campo objetivos da pesquisa foram retiradas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2296471.pdf, de 13/05/2024): OBJETIVO PRIMÁRIO.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Risco de desconforto, cansaço ou aborrecimento dos entrevistados. Risco a privacidade e confidencialidade dos dados. Risco de desconforto no local de aplicação das

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, n° 1721 - Bloco G - Sala 27
Bairro: Cidade Universitária CEP: 05.508-030
UF: SP Município: SAO PAULO
Telefone: (11)3091-4182 E-mail: cep.ip@usp.br



**INSTITUTO DE PSICOLOGIA
DA UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO - USP**



Continuação do Parecer: 6.662.225

entrevistas. Risco de exposição a condições climática extremas. Risco de resistência ou desinteresse das comunidades locais. Risco de não cumprimento dos benefícios prometidos. Benefícios: Situação legal e regulatória da MAPE de ouro. Políticas em torno da MAPE de ouro a nível local, nacional. Estimativas de base das emissões e libertações de mercúrio do setor. Estrutura do setor desagregado por sexo e idade (ou seja, garimpeiros unifamiliares, minas comunitárias). Distribuição geográfica da MAPE de ouro, incluindo potenciais áreas futuras de exploração. Estimativas como ganhos per capita, oferta, utilização e procura de mercúrio. Informações sobre o comércio e exportação de ouro, custo de vida, acesso ao financiamento para os garimpeiros, opções de bem-estar social para os mineiros e suas comunidades. Dimensão da economia da MAPE de ouro formal e informal, incluindo informações relevantes de outros países que partilham a Bacia Amazônica com o Brasil. Informações sobre práticas de mineração, incluindo informações sobre jazidas exploradas, processos utilizados, quantidade de mercúrio utilizada, número de pessoas diretamente envolvidas na atividade indiretamente. Avaliação das técnicas de mineração de ouro adotadas pelos mineradores da MAPE de ouro. Informações sobre práticas de processamento de ouro/queima de mercúrio. Informações conhecidas sobre o nível de mercúrio nos meios ambientais (como dados de base), impactos ambientais globais, locais contaminados, libertações de mercúrio no solo, ar e água, incluindo distribuição relativa aos centros populacionais. Informações sobre acesso à assistência técnica para mineradores. Mecanismos econômicos para incentivar a formalização na ASGM; reduzir o comércio ilegal de mercúrio e a adoção da certificação de ouro sem mercúrio. Avaliar a viabilidade de alternativas para substituir ou pelo menos reduzir o uso, emissões e libertações de mercúrio na MAPE de ouro. As informações elencadas no campo Avaliação dos riscos e benefícios- foram retiradas do arquivo ProjetoPlanodeAcaoNacionalparaExtracaodeOurosemMercurio.pdf de 13/05/2024: RISCOS, BENEFÍCIOS.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Estudo nacional e unicêntrico, prospectivo, não randomizado. Caráter acadêmico, realizado como projeto de pesquisa em engenharia. Número de participantes incluídos no Brasil: 1000. Previsão de início do estudo de campo (13/05/2024) e previsão de encerramento do estudo de campo (13/12/2024).

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide campo Conclusões ou pendência e Lista de Inadequações

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, n° 1721 - Bloco G - Sala 27
Bairro: Cidade Universitária CEP: 05.508-030
UF: SP Município: SAO PAULO
Telefone: (11)3091-4182 E-mail: cep.ip@usp.br



**INSTITUTO DE PSICOLOGIA
DA UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO - USP**



Continuação do Parecer: 6.882.225

Recomendações:

Vide campo Conclusões ou pendência e Lista de Inadequações

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Com base RESOLUÇÃO Nº 466, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2012 e na RESOLUÇÃO Nº 510, DE 07 DE ABRIL DE 2016 do Conselho Nacional de Saúde, o projeto deve ser considerado APROVADO.

Trata-se de resposta ao parecer pendente nº: 6.752.006 emitido pelo CEP em 08/04/2024:

1) Segundo a NORMA OPERACIONAL Nº 001/2013, todo projeto de pesquisa deve apresentar §3.3. f) Cronograma que descreva a duração total e as diferentes etapas da pesquisa, com compromisso explícito do pesquisador de que a pesquisa somente será iniciada a partir da aprovação pelo Sistema CEP-CONEP e o presente projeto de pesquisa apresenta um cronograma de coleta de dados que já foi iniciado. Neste sentido, solicitamos uma declaração por parte do pesquisador de que a coleta de dados ainda não foi iniciada.

RESPOSTA: Apresentado o documento Declaraçãodecompromissoeticodenaoiniciodapesquisa.pdf de 08/05/2024 no qual o pesquisador se comprometeu a iniciar a pesquisa somente após a aprovação do CEP.
ANÁLISE: Totalmente atendido.

2) A apresentação dos riscos precisa ser reformulada, pois, segundo o Artigo II.22 da RESOLUÇÃO Nº 466, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2012 do Conselho Nacional de Saúde, o risco da pesquisa é definido como §possibilidade de danos a dimensão física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural ou espiritual do ser humano, em qualquer pesquisa e dela decorrente, ou seja, o risco a ser previsto não é em relação a pesquisa ser efetivada ou não e sim uma previsão dos impactos que a entrevista poderá causar nos entrevistados, como colocado no TCLE, que ser ampliada e aprofundada, buscando avaliar todas as potenciais consequências, mesmo que mínimas, decorrentes de responder aos questionários.

RESPOSTA: Apresentado o documento 1 ProjetoPlanodeAcaoNacionalparaExtracaodeOurosemMercurio.pdf de 13/05/2024 com a descrição dos riscos e benefícios. Recomenda-se incluir os riscos e benefícios descritos no presente documento no TCLE.

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, nº 1721 - Bloco G - Sala 27
Bairro: Cidade Universitária CEP: 05.508-030
UF: SP Município: SAO PAULO
Telefone: (11)3091-4182 E-mail: cep.ip@usp.br



**INSTITUTO DE PSICOLOGIA
DA UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO - USP**



Contribuição do Parecer: 8.882.225

ANÁLISE: Totalmente atendido.

3) Para avaliação dos riscos, faz-se necessária a apresentação do roteiro da entrevista estruturada.

RESPOSTA: Apresentado o documento 1_Entrevista_com_mineradores.pdf de 08/05/2024 com a descrição do roteiro de entrevista que está dentro das normas éticas de pesquisa com seres humanos.

ANÁLISE: Totalmente atendido.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2296471.pdf	13/05/2024 13:54:58		Acelto
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoPlanoDeAcaoNacionalparaExtracaoDeOurosemMercurio.pdf	13/05/2024 13:51:25	GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI	Acelto
Outros	1_Entrevista_com_mineradores.pdf	08/05/2024 10:43:08	GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI	Acelto
Outros	Declaracaodecompromissoeticodenaoiniciodapesquisa.pdf	08/05/2024 10:24:21	GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI	Acelto
Solicitação registrada pelo CEP	Arquivo_duplicado.pdf	28/03/2024 11:47:20	CRISTIANE OLIVEIRA POLATO	Acelto
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Ourosemmercurio2024.pdf	27/03/2024 11:18:39	GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI	Acelto
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Ourosemmercurio2024.docx	26/03/2024 12:11:40	GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI	Acelto
Outros	CARTA_DE_ANUENCIA.pdf	22/03/2024 12:25:37	GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI	Acelto
Declaração de Instituição e	DEMONSTRATIVO_DE_INFRAESTRUTURA_NAP.pdf	22/03/2024 12:24:22	GIORGIO FRANCESCO	Acelto

Endereço: Av. Prof. Melo Moraes, n° 1721 - Bloco G - Sala 27

Bairro: Cidade Universitária CEP: 05.508-030

UF: SP Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-4182

E-mail: cep.ip@usp.br



**INSTITUTO DE PSICOLOGIA
DA UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO - USP**



Contribuição do Parecer: 5.882.225

Infraestrutura	DEMONSTRATIVO_DE_INFRAESTRUTURA_NAP.pdf	22/03/2024 12:24:22	CESARE DE TOMI	Acelto
Declaração de Pesquisadores	DECLARACAO_DE_COMPROMISSODO_PESQUISADOR_RESPONSAVEL_GDT.pdf	22/03/2024 12:23:24	GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI	Acelto
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_PLANOOUROSEMERCURIO.pdf	22/03/2024 12:17:46	GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI	Acelto
Folha de Rosto	folhaderosto.pdf	22/03/2024 12:13:51	GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI	Acelto
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_Consentimento.pdf	07/03/2024 14:51:36	GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI	Acelto
Folha de Rosto	FolhadoRosto_Ouro_sem_Mercurio.pdf	07/03/2024 14:48:56	GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI	Acelto

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 11 de Junho de 2024

Assinado por:

Lella Salomão de La Plata Cury Tardivo
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Prof. Mello Moraes, n° 1721 - Bloco G - Sala 27

Bairro: Cidade Universitária CEP: 05.508-030

UF: SP Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-4182

E-mail: cep.ip@usp.br