

# RELATÓRIO TÉCNICO

*Impacto do mercúrio  
em áreas protegidas e povos  
da floresta na Amazônia:  
uma abordagem integrada  
saúde-ambiente*

*Org. Paulo Cesar Basta*

Catálogo na fonte  
Fundação Oswaldo Cruz  
Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde  
Biblioteca de Saúde Pública

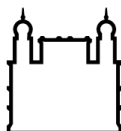
I34i      Impacto do mercúrio em áreas protegidas e povos da floresta na  
                 Amazônia: uma abordagem integrada saúde-ambiente.  
                 Relatório Técnico / coordenado por Paulo Cesar Basta. —  
                 Rio de Janeiro: Fiocruz, ENSP, 2024.  
                 172 p.: il. color.; graf.; mapas; tab.; PDF

ISBN: 978-65-00-93578-3

Inclui Bibliografia.

1. Ecossistema Amazônico. 2. Vigilância em Saúde Pública.  
3. Mercúrio. 4. Exposição Ambiental. 5. Avaliação em Saúde.  
6. Contaminação de Alimentos. 7. Efeitos da Contaminação da  
Água. 8. Saúde de Populações Indígenas. I. Basta, Paulo Cesar  
(Coord.). II. Título.

CDD - 23.ed. – 980.41



Ministério da Saúde

**FIUCRUZ**  
**Fundação Oswaldo Cruz**

## **Organização**

Paulo Cesar Basta\* (Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz)

## **Autoria**

Ana Claudia Santiago de Vasconcellos (Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz)

Adriana Durringer Jacques (Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz)

Amanda Cavalcante Frota (Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz)

Andreiva Araujo de Souza (Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA)

Bruno Hojo Rebouças (Universidade de São Paulo – USP)

Cleidinaldo dos Santos Soares (Instituto Socioambiental – ISA)

Cristina Barroso Hofer (Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ)

Daniel de Oliveira d’El Rei Pinto (Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz)

Jamila Alessandra Perini (Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ)

Jaqueline Gato Bezerra (Universidade Federal do Pará – UFPA)

Joseph William Kempton (Imperial College London)

Lucas Infanzozzi Albertoni (Secretaria de Saúde Indígena – SESAI)

Marcelo Urbano Ferreira (Universidade de São Paulo – USP)

Mayara Calixto da Silva (Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz)

Mirian Akiko Furutani de Oliveira (Hospital das Clínicas – USP)

Patricia Durringer Jacques (Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM)

Paulo Cesar Basta (Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz)

Pedro Paulo Basta (Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz)

Rafaela Waddington Achatz (Universidade de São Paulo – USP)

Raiane Fontes de Oliveira (Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz)

Roberta Murasaki Cardoso (Expedicionários da Saúde - EDS)

Rogério Adas Ayres de Oliveira (Universidade de São Paulo – USP)

Simone Ladeia-Andrade (Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz)

## **Projeto Gráfico, diagramação e capa**

Débora Borba Prazim Franco

\* Grupo de Pesquisa “*Ambiente, Diversidade e Saúde*”, Departamento de Endemias Samuel Pessoa, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz. Rua Leopoldo Bulhões, 1480, Manguinhos, Rio de Janeiro-RJ, CEP: 21.041-210. E-mail: paulo.basta@fiocruz.br; Tel.: + 55 21 2598-2683 / + 55 21 2598-2654

## RESUMO EXECUTIVO

**Introdução:** Nos últimos anos houve uma explosão da atividade garimpeira na Terra Indígena Yanomami, sendo que a área ocupada saltou de 920 para 1.556 hectares de 2020 para 2021. Esta expansão desenfreada promoveu devastação ambiental expressiva e desorganização social profunda, resultando na crise sanitária atualmente em curso. Diante deste contexto, foi concebido o projeto “*Impacto do mercúrio em áreas protegidas e povos da floresta na Amazônia: Uma abordagem integrada saúde-ambiente*” com a missão de investigar o impacto da atividade garimpeira na TI-Yanomami, tendo como foco principal de interesse a exposição ao mercúrio e os efeitos negativos à saúde.

**Objetivo:** Avaliar a situação geral de saúde das comunidades afetadas pela presença ostensiva de garimpos ilegais de ouro na TI-Yanomami.

**Materiais e Métodos:** Para atender a um pedido da Texoli (Associação Ninam do Estado de Roraima), realizou-se um estudo transversal junto ao povo indígena Yanomami, subgrupo Ninam, que vive na região do alto rio Mucajaí, no estado de Roraima. No território, a primeira tarefa foi apresentar os objetivos do projeto à comunidade, além de esclarecer dúvidas e obter anuências formais, registradas no termo de consentimento livre e esclarecido. A fim de estimar a prevalência de doenças crônicas não transmissíveis, incluindo transtornos nutricionais, anemia, diabetes e hipertensão arterial sistêmica; bem como estimar a prevalência de doenças infecciosas e parasitárias, incluindo malária e infecções sexualmente transmissíveis (IST) como HIV/AIDS, Sífilis, e Hepatites B e C; e estimar ainda os níveis de contaminação por mercúrio nas pessoas, realizou-se entrevistas e exames clínicos com as famílias que estavam presentes em nove aldeias selecionadas, durante a visita de nossa equipe. Após as entrevistas com auxílio de intérpretes locais, as famílias foram encaminhadas para avaliações clínicas com os médicos do grupo. Além da aferição da pressão arterial, do peso, da estatura, dos níveis de glicemia e hemoglobina, e da aplicação de testes rápidos para malária e ISTs, os adultos passaram por avaliação clínica neurológica a fim de identificar sinais e sintomas sugestivos de exposição crônica ao mercúrio. Após aferição do peso, da estatura e dos níveis de hemoglobina, as crianças foram avaliadas pelas pediatras do grupo e realizaram testes padronizados para avaliação do neurodesenvolvimento infantil com a neuropsicóloga. De todos os participantes foram coletadas amostras de cabelo para análise dos níveis de mercúrio, bem como amostras de células da mucosa oral para

análise de polimorfismos genéticos em enzimas responsáveis pela metabolização do mercúrio e de outros metais no corpo humano. Paralelamente às avaliações clínicas, biólogos, geógrafos e geólogos visitaram pontos tradicionais de pesca no rio Mucajaí, e em seus principais afluentes, para coleta de amostras de peixes, regularmente consumidos pela população local, bem como de amostras de água e sedimentos para análise dos níveis de mercúrio.

**Resultados:** Ao final do trabalho foram incluídos no estudo 293 indígenas provenientes das aldeias Caju, Castanha, Ilha, Ilimakok, Lasasi, Milikowaxi, Porapi, Pewaú e Uxiú. Foram coletadas 287 amostras de cabelo e de células de mucosa oral dos participantes. Além disso, foram coletadas 47 amostras de peixes e 14 amostras de água e sedimentos do rio Mucajaí e afluentes. Em todas as amostras de cabelo estudadas foram detectadas concentrações de mercúrio: em homens, mulheres, crianças, adultos e idosos, sem exceção. Os níveis de mercúrio variaram de 0,1616 a 10,2017 $\mu\text{g/g}$  (média: 3,7823 $\mu\text{g/g}$ ; mediana: 3,4890 $\mu\text{g/g}$ ; desvio padrão: 1,7737), e não houve diferença estatisticamente significativa entre homens e mulheres (teste de Kruskal Wallis:3,137; p-valor:0,077), tampouco entre adultos e crianças (teste de Kruskal Wallis:3,761; p-valor:0,055). Em média, a prevalência de exposição  $\geq 2,0\mu\text{g/g}$  atingiu 84,0% dos participantes (n=241), enquanto a prevalência média de exposição  $\geq 6,0\mu\text{g/g}$  afetou 10,8% (n=31). As maiores prevalências ( $\geq 2,0\mu\text{g/g}$ ) foram observadas nas aldeias Ilimakok (n=15; 100%), Ilha (n=11; 100%); Milikowaxi (n=3; 100%); Uxiú (n=3; 100%); Caju (33/34; 97,1%); Porapi (34/35; 97,1%); Lasasi (70/82; 85,4%); Pewaú (46/63; 73,0%); e Castanha (26/41; 63,4%) (p-valor<0,001). Tomando como referência a aldeia Pewaú, local onde foram registradas as menores médias de exposição ao mercúrio (2,5901  $\mu\text{g/g}$ ), percebe-se que os indígenas que vivem em Milikowaxi, em Porapi, em Ilimakok, no Caju, na Ilha e em Uxiú apresentam prevalências de exposição ao mercúrio  $\geq 2,0\mu\text{g/g}$ , 42,6%; 40,6%; 37,2%; 35,5%; 39,9% e 27,6% maiores que a reportada em Pewaú, respectivamente. Famílias com rendimento mensal  $\leq \text{R}\$600,00$  apresentam prevalências de exposição ao mercúrio 11,8% maiores que as famílias com rendimento mensal  $> \text{R}\$600,00$ . Nos indígenas com diagnóstico de hipertensão arterial sistêmica, prevalências de exposição ao mercúrio  $\geq 2,0\mu\text{g/g}$  são 14,3% mais frequentes do que nos indígenas com níveis de pressão arterial normal. Os 47 exemplares de peixes capturados representam 14 diferentes espécies, de três níveis tróficos distintos: 27 peixes carnívoros, 9 onívoros e 11 detritívoros. Todas as amostras de peixes apresentaram algum grau de contaminação por mercúrio, com níveis variando de 0,021 a 0,535 $\mu\text{g/g}$ , com média de 0,147 $\mu\text{g/g}$  (mediana: 0,108; desvio padrão: 0,135). A concentração média de mercúrio nos pescados apresentou diferenças estatisticamente significativas, de acordo com o nível trófico: detritívoros (n=11; 0,046 $\mu\text{g/g}$ ); onívoros (n=9; 0,170 $\mu\text{g/g}$ ), e carnívoros (n=27; 0,181 $\mu\text{g/g}$ ) (Teste de Kruskal Wallis:17,117; p-va-

lor<0,001), confirmando o fenômeno da biomagnificação do mercúrio na cadeia trófica alimentar. A análise do risco atribuível ao consumo de pescado revelou que a ingestão diária de mercúrio excedeu em 3 vezes a dose de referência preconizada pela U.S.EPA. A análise das amostras de água não revelou contaminação por mercúrio. Por outro lado, duas amostras de sedimentos apresentaram níveis de mercúrio acima do nível 1 da Resolução Conama 454 (teores de Hg de 0,344 mg/kg na amostra de sedimento coletada a montante no rio Mucajaí; e 1,386 mg/kg na amostra coletada na região antes da Cachoeira da Fumaça). Em relação a outros indicadores de saúde, mais de 80% dos participantes relataram ter tido malária ao menos uma vez na vida, com uma média de três episódios da doença por indivíduo. O diagnóstico molecular para malária revelou 32 casos positivos (11,7% do total de 283 testes realizados), incluindo 24 malárias vivax, sete malárias falciparum, e um caso de malária mista. Indígenas com níveis mais elevados de mercúrio nas amostras de cabelo apresentaram déficits cognitivos e polineuropatia periférica com mais frequência. Mais de 1/4 das crianças ≤11anos encontravam-se com anemia, quase metade (43,8%) apresentavam déficits de peso para idade (desnutrição aguda), e quase 80% apresentam déficits de estatura para idade (desnutrição crônica). A cobertura vacinal estimada foi baixíssima, sendo que apenas 15,5% das crianças estavam com as vacinas do calendário nacional de imunização em dia. Esse cenário de vulnerabilidade aumenta exponencialmente o risco de adoecimento das crianças que vivem na região, e potencialmente pode favorecer o surgimento de manifestações clínicas mais severas relacionadas à exposição crônica ao mercúrio, principalmente nos menores de 5 anos.

**Discussão:** Por meio desta investigação foi possível avaliar a situação geral de saúde, bem como os níveis de mercúrio em amostras de cabelo, de aproximadamente 300 indígenas do povo Ninam. Como resultado, ampliou-se o entendimento sobre os efeitos negativos (diretos e indiretos) provocados pela presença de garimpos ilegais de ouro e o conseqüente uso do mercúrio à saúde da população local. Infelizmente, nossos achados não deixam dúvidas que o garimpo ilegal de ouro na região do alto rio Mucajaí tem afetado a população local, uma vez que foram detectados níveis de mercúrio em todas as amostras de cabelo analisadas, incluindo adultos, idosos, homens, mulheres e crianças, sem exceção.

**Recomendações:** Diante dos aprendizados obtidos nesta investigação, propomos ações emergenciais e estruturais de ordem geral para o manejo da crise sanitária atual, e ações específicas visando a vigilância e o monitoramento das populações expostas e potencialmente expostas ao mercúrio.

**Ações emergenciais:** i) interrupção imediata do garimpo e do uso do mercúrio, assim como a desintrusão de invasores, visando a garantia da segurança e da soberania ao povo dentro de seu próprio território; ii) construção de unidades de saúde, em pontos estratégicos da TI Yanomami, visando ofertar atendimento às pessoas em estado crítico, com quadros graves de desnutrição, diarreia, verminose, pneumonia, malária, entre outros agravos, e assim prevenir óbitos por causas evitáveis; iii) garantir o abastecimento regular de medicamentos, de água potável e de alimentos; iv) acolher vítimas de violência sexual e casos de alcoolismo e drogadicção.

**Ações estruturais:** i) atualizar a Política Nacional de Atenção à Saúde dos Povos Indígenas (PNASPI) a fim de garantir ações em saúde nas aldeias que deem conta de atender às demandas da população em todos os níveis de complexidade do SUS; ii) garantir comunicação eficaz entre os postos de saúde presentes no território e os centros urbanos, considerando a possibilidade de se criar centros de telemedicina, a fim de evitar a remoção de indígenas do território; iii) assegurar a presença regular de profissionais de saúde, sobretudo de nível superior, bem como realizar concursos públicos para fixação desses profissionais nas equipes dos DSEIs; iv) investir na formação continuada de agentes indígenas de saúde (AIS), agentes indígenas de saneamento (AISAN) e outros profissionais indígenas para ampliar a resolutividade das ações em saúde na comunidade; v) criar programas intersetoriais específicos para o combate a desnutrição, a fome e a insegurança alimentar.

**Ações específicas para as populações expostas e potencialmente expostas ao mercúrio:** i) rastreamento de comunidades cronicamente expostas ao mercúrio para a realização de diagnósticos laboratoriais tempestivos a fim de avaliar pessoas com quadros sugestivos de intoxicação por mercúrio já instalados; ii) elaboração de protocolos e rotinas apropriadas para diagnóstico e tratamento de pacientes com quadro de intoxicação por mercúrio estabelecido; iii) criação de um centro de referência para acompanhamento de casos crônicos e/ou com sequelas reconhecidas; iv) busca ativa de casos suspeitos de intoxicação em localidades onde existam registros e/ou indícios de exposição crônica ao mercúrio, com ênfase em gestantes, mulheres em idade fértil e crianças menores de 5 anos; v) notificação compulsória dos casos de contaminação identificados; vi) garantia de assistência médica em todos os níveis de complexidade na rede SUS, incluindo prevenção, atenção básica, assistência especializada com acesso a exames laboratoriais e de imagens e hospitalização para as pessoas afetadas pela contaminação por mercúrio; vii) treinamento de profissionais de saúde que atuam em regiões afetadas a fim de garantir assistência à saúde qualificada; viii) inclusão da dosagem dos níveis de mercúrio em amostras de cabelo, em mulheres gestantes e crianças menores de cinco anos, no âmbito dos programas de atenção pré-natal e de

acompanhamento do crescimento e desenvolvimento infantil; ix) monitoramento dos níveis de mercúrio em pescados oriundos de áreas contaminadas.

Por fim, é essencial que o Governo Federal elabore um plano para remediação/regeneração das áreas que foram devastadas pelo garimpo e contaminadas pelo mercúrio; e defina estratégias de comando e controle que busquem o aprimoramento, o fortalecimento e o apoio às ações intersetoriais destinadas ao combate à ilegalidade em toda cadeia econômica do ouro.

**Palavras-chave:** *Amazônia; Terra Indígena Yanomami; Emergência Sanitária de Importância Nacional; Exposição Crônica ao Mercúrio; Vigilância em Saúde*



# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	11
2. OBJETIVOS .....	14
2.1. OBJETIVO GERAL .....	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3. MATERIAIS & MÉTODOS .....	15
3.1. ÁREA DE ESTUDO .....	15
3.2. POPULAÇÃO DE ESTUDO .....	16
3.3. TRABALHO DE CAMPO.....	18
3.4. CARACTERIZAÇÃO SOCIODEMOGRÁFICA.....	19
3.5. AVALIAÇÃO DE SAÚDE .....	22
(A) MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS .....	22
(B) DOSAGEM DE HEMOGLOBINA.....	22
(C) DOSAGEM DE GLICEMIA.....	22
(D) MEDIDAS DA PRESSÃO ARTERIAL.....	23
(E) DOENÇAS TRANSMISSÍVEIS .....	23
(F) AVALIAÇÃO NEUROLÓGICA.....	24
(G) AVALIAÇÃO PEDIÁTRICA.....	26
3.6. ANÁLISE DE POLIMORFISMOS GENÉTICOS .....	27
3.7. ....	
AMOSTRAS AMBIENTAIS .....	29
3.7.1. ....	
Amostras de pescado .....	29
3.7.2. Avaliação de Risco à Saúde atribuída ao consumo de pescado contaminado.....	31
(a) Caracterização da população de estudo .....	31
(b) Estimativa da dose diária de ingestão de mercúrio .....	31
(c) Cálculo da razão de risco .....	31
3.7.3. ....	
Amostras de água e sedimento .....	32
3.8. DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE MERCÚRIO.....	33
(A) AMOSTRAS DE CABELO .....	33
(B) AMOSTRAS DE PEIXES .....	34
(C) AMOSTRAS DE ÁGUA E SEDIMENTOS .....	35
3.9. ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	35
3.10. ASPECTOS ÉTICOS .....	36
4. RESULTADOS .....	38
4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS DOMICÍLIOS E ASPECTOS SOCIODEMOGRÁFICOS DA POPULAÇÃO DE ESTUDO .....	38
.....	4.2.
AVALIAÇÃO DE SAÚDE .....	48
4.2.1. Infecções sexualmente transmissíveis.....	50
4.2.2. Malária .....	51
4.2.3. Avaliação Neurológica.....	53
4.2.4. Avaliação Pediátrica.....	56
4.2.5. Polimorfismos genéticos .....	61
4.2.6. Níveis de exposição ao mercúrio em amostras de cabelo.....	63
4.2.7. Níveis de exposição ao mercúrio em amostras de pescado.....	73
4.2.8. Níveis de exposição ao mercúrio em águas e sedimentos.....	79
5. DISCUSSÃO .....	81
6. RECOMENDAÇÕES .....	92
AGRADECIMENTOS.....	97
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
ANEXO 1 .....	107
ANEXO 2 .....	109
ANEXO 3 .....	125

ANEXO 4 ..... 129  
ANEXO 5 ..... 132  
ANEXO 6 ..... 137  
ANEXO 7 ..... 140  
ANEXO 8 ..... 144  
ANEXO 9 ..... 146  
ANEXO 10 ..... 162

## 1. INTRODUÇÃO

O mercúrio (Hg) é um metal pesado amplamente distribuído no meio ambiente (MOREL; KRAEPIEL; AMYOT, 1998). Embora a humanidade utilize esse metal desde a antiguidade (MALM, 1998) o uso crescente, e em escala industrial nas últimas décadas, tem causado mudanças importantes em seu ciclo biogeoquímico na natureza. Em consequência, o aumento do risco de adoecimento devido à exposição crônica a esse contaminante tem ganhado destaque na agenda da saúde pública internacional (BOSE-O'REILLY *et al.*, 2010; CLIFTON II, 2007; MASON; FITZGERALD; MOREL, 1994; PASSOS; MERGLER, 2008).

No Brasil, estudos desenvolvidos a partir da década de 1980 apontam que as atividades de mineração de ouro na Amazônia são a principal causa de contaminação por mercúrio na região (AKAGI; NAGANUMA, 2000; CLEARY, 1989; LACERDA; PFEIFFER, 1992; MARTINELLI *et al.*, 1988; PFEIFFER; DE LACERDA, 1988; PFEIFFER *et al.*, 1993). Em documento lançado recentemente, a Organização do Tratado de Cooperação Amazônia (OTCA)[ <https://www.wwf.org.br/?86661/Amazonia-possui-mais-de-4-mil-garimpos-ilegais-mostra-estudo-da-OTCA-com-WWF-Brasil>], denuncia que há 4.114 pontos de mineração ilegal em todo o bioma, que juntos despejam mais de 150 toneladas de mercúrio por ano na região.

Durante seu ciclo na natureza, o mercúrio pode sofrer modificações físico-químicas, e apresentar-se em diferentes formas, notadamente: i) mercúrio metálico, que é utilizado no garimpo por formar ligas metálicas com o ouro, constituindo o amálgama; ii) mercúrio iônico que pode estar presente em diferentes compartimentos ambientais como água, solo, ar, nuvens; e iii) mercúrio orgânico também conhecido como metilmercúrio (MeHg), que é considerado a forma mais tóxica, uma vez que ingressa na cadeia alimentar, contaminando diversas fontes de alimento para os povos tradicionais, especialmente os pescados (BASTA *et al.*, 2023; DE VASCONCELLOS *et al.*, 2022; PASSOS; MERGLER, 2008).

A queima do amálgama para separar o mercúrio do ouro produz vapores que são inalados e absorvidos na corrente sanguínea, podendo provocar lesões pulmonares, cerebrais, nos rins e nas glândulas endócrinas (CLARKSON; MAGOS, 2006). Estima-se que, no garimpo de ouro, haja uma perda média de 80% de mercúrio para o ambiente. Em outras palavras, para cada quilograma (kg) de ouro extraído do ambiente, podem ser

utilizados entre dois e oito quilogramas de mercúrio<sup>1</sup> (KUTTER; CASTILHOS, 2017). O mercúrio metálico excedente, que não forma amálgama com ouro, é lançado nos rios.

No fundo do rio, o mercúrio mistura-se com o sedimento convertendo-se em mercúrio orgânico, o metilmercúrio. Este ingressa na cadeia trófica alimentar, fixa-se no tecido muscular dos pescados e outros animais aquáticos, sendo ingerido pelo ser humano na alimentação. O metilmercúrio absorvido no trato-gastrointestinal se espalha no corpo e se acumula em diferentes órgãos e sistemas, podendo provocar lesões, expressas por sinais e sintomas diversos, dependendo do órgão afetado (PASSOS; MERGLER, 2008).

No Sistema Nervoso Central, o metilmercúrio pode provocar alterações sensoriais, motoras e cognitivas irreversíveis, resultando em diversos prejuízos às pessoas afetadas. Em adultos, os sintomas incluem perda de sensibilidade, tremores, alterações na marcha, fraqueza, tontura, convulsões, déficits na visão e na audição, cefaleia, zumbido, gosto metálico na boca, distúrbios do sono, ansiedade, depressão, entre outros (ACHATZ *et al.*, 2021; BASTA *et al.*, 2021; EKINO *et al.*, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2021). Podem surgir ainda taquicardia, hipertensão e aumento do risco de infarto agudo do miocárdio (HOUSTON, 2011; HU; SINGH; CHAN, 2018).

Na gestante, a exposição ao metilmercúrio é particularmente grave, uma vez que o metal pode ultrapassar a barreira placentária e atingir o feto em formação no útero. A depender do nível de exposição, pode haver abortamento ou óbito fetal. Ao nascimento, a criança pode apresentar paralisia cerebral, deformidades e/ou anomalias congênitas (CACE *et al.*, 2011; DACK *et al.*, 2022; KOOS; LONGO, 1976; SANTOS *et al.*, 2007; VALENT *et al.*, 2013). Ainda bebê, a criança pode apresentar retardo nos marcadores de neurodesenvolvimento, demorando a sentar, engatinhar, dar os primeiros passos e emitir as primeiras palavras. À medida que a criança cresce, podem surgir dificuldades para brincar com outras crianças e problemas no aprendizado, como resultado de perdas cognitivas, que terão repercussões negativas na vida adulta (VAN WIJNGAARDEN *et al.*, 2013).

Nos últimos anos, notadamente na gestão do ex-presidente Jair Bolsonaro (2019-2022), houve uma explosão da atividade garimpeira na Terra Indígena (TI) Yanomami, sendo que a área ocupada saltou de 920 para 1556 hectares de 2020 para 2021 (CONCEIÇÃO *et al.*, 2021; MATAVELI *et al.*, 2022). Esta expansão desenfreada promoveu devastação expressiva na TI Yanomami, resultando na crise sanitária atualmente em curso (BASTA, 2023).

---

<sup>1</sup> <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/2068/1/Vinicius%20Tavares%20K%C3%BCtte.pdf>

Diante deste contexto, foi concebido o projeto “*Impacto do mercúrio em áreas protegidas e povos da floresta na Amazônia: Uma abordagem integrada saúde-ambiente*” com a missão de investigar o impacto da atividade garimpeira na TI Yanomami, tendo como foco principal de interesse a exposição ao mercúrio e os efeitos negativos à saúde. Nosso objetivo foi avaliar a situação geral de saúde das comunidades afetadas pela presença ostensiva de garimpos ilegais de ouro em seu território, de acordo com o pedido feito pela *TEXOLI* (Associação Ninam do Estado de Roraima).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

Investigar o impacto da atividade garimpeira na saúde do povo indígena Ninam, um dos subgrupos do povo Yanomami, que vivem às margens do rio Mucajaí, no estado de Roraima, com foco na exposição ao mercúrio.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Estimar a prevalência de doenças crônicas não transmissíveis nas comunidades investigadas, incluindo desvios nutricionais (desnutrição, sobrepeso, obesidade), anemia, diabetes e hipertensão arterial sistêmica;
- Estimar a prevalência de doenças infecciosas nas comunidades investigadas, incluindo doenças transmitidas por via sexual (HIV/AIDS, Sífilis, Hepatites B e C) e por vetores (malária);
- Determinar a frequência alélica, genotípica e haplotípica de polimorfismos genéticos envolvidos com metabolização do mercúrio na população de estudo;
- Determinar as concentrações de mercúrio em participantes das comunidades investigadas, por meio do uso de biomarcadores de exposição (amostras de cabelo);
- Determinar as concentrações de mercúrio em compartimentos ambientais bióticos (peixes utilizados como fonte alimentar) e abióticos (água de superfície e de sedimento de fundo em drenagens com área superior a 100 km).

## 3. MATERIAIS & MÉTODOS

### 3.1. Área de Estudo

O território tradicional Yanomami abrange aproximadamente 23 milhões de hectares contínuos de floresta tropical, localizada entre Brasil (alto rio Branco, margem esquerda do rio Negro) e Venezuela (alto Orinoco e Cassiquiare), no interflúvio Orinoco-Amazonas (ALBERT, 1991). Tem como centro de dispersão histórica a Serra Parima, com processo de diferenciação interna iniciado há pelo menos 700 anos, para resultar nos atuais seis subgrupos que hoje vivem na região.

Tradicionalmente, os Yanomami formam uma sociedade de caçadores-agricultores cujo contato com as sociedades nacionais é, na maior parte do território, relativamente recente. Constituem um conjunto cultural e linguístico composto de, pelo menos, seis subgrupos de línguas da mesma família, designados como: Yanomam, Yanomami, Sanöma, Ninam, Ỹaroamë e Yãnoma (FERREIRA; MACHADO; SENRA, 2019).

Segundo dados do Distrito Sanitário Especial Indígena Yanomami e Ye'kuana (DSEI-YY), no território brasileiro, o povo Yanomami soma aproximadamente 29,6 mil pessoas, distribuídas em aproximadamente 370 aldeias, ocupando uma área com a extensão de 9.664.975 hectares de floresta contínua, reconhecida como de ocupação tradicional, demarcada e homologada pelo governo brasileiro através de um decreto presidencial, em 25 de maio de 1992.

Para o povo Yanomami a autonomia do território é fundamental não somente para a proteção dos recursos naturais, como também para a manutenção do equilíbrio do mundo e das forças que garantem a ordem cosmológica (ALBERT, 1991). Entretanto, seu território tradicional tem sido palco de diversos ataques que comprometem tanto os recursos naturais como a ordem cosmológica, com reflexos negativos para a saúde do ambiente e da população local.

Ainda que tenha experimentado a invasão de dezenas de milhares de garimpeiros ilegais nas décadas de 1980 e 1990 com uma ocupação de aproximadamente 400 hectares à época, é nos dias atuais, sobretudo a partir da segunda metade da década de 2010, que a situação ficou mais grave. Segundo dados do projeto Mapbiomas (MATAVELI *et al.*, 2022), a área dedicada a atividade garimpeira rompeu a barreira dos 650 hectares em 2019, atingindo 920 e 1556 hectares, em 2020 e 2021, respectivamente.

### 3.2. População de Estudo

Para atender a um pedido da Texoli – Associação Ninam do Estado de Roraima (Anexo 1), neste estudo foi avaliado o povo Ninam, também conhecido como Xiriana, Xirixana ou Yanam. O grupo pertence à família linguística Yanomami (LEITE, 2018).

O povo Ninam é considerado o subgrupo menos numeroso dentre os Yanomami. Habitam a fronteira oriental do território tradicionalmente ocupado pelos povos Yanomami, o que em certa medida favoreceu a incorporação de elementos da cultura material de povos vizinhos como os Maiongong, Ye’Kuana e Maku. Elementos estes que se tornaram traços distintivos dos Ninam em relação aos outros grupos Yanomami (LEITE, 2018)<sup>2</sup>.

No Brasil, a língua Ninam é falada nas regiões do Baixo Mucajaí, Alto Mucajaí, Uraricoera, Saúba e Ericó. Há três divisões dialetais na língua Ninam: o Ninam do Norte, falado por grupos que habitam a região do rio Uraricáa; o Ninam Central, falado por grupos que vivem na região do rio Uraricoera; e o Ninam do Sul, falado por grupos que vivem nas regiões do Baixo Mucajaí e Alto Mucajaí (FERREIRA; MACHADO; SENRA, 2019).

Os Ninam do Sul vivem na região do rio Mucajaí desde os anos 1920, quando migraram da região do rio Uraricoera devido a conflitos com outros povos que ali habitavam. Os Ninam do Sul permaneceram em relativo isolamento até 1958, quando foram contatados por missionários protestantes da *Unenvangelized Field Mission*, atual Missão Evangélica da Amazônia (MEVA) (FERREIRA; MACHADO; SENRA, 2019). Segundo LEITE (2018), os Ninam consideram que o contato não resultou apenas do movimento expansionista dos missionários, mas também foi fruto da iniciativa dos próprios Ninam, que desceram o rio em busca de novas alianças e ferramentas de metal.

Naquela época, os missionários fundaram a Missão Mucajaí, na aldeia Lasasi, onde foi construída uma pista de pouso, alojamentos, uma escola e um pequeno entreposto comercial onde produtos industrializados eram vendidos aos indígenas (como sal, sabão, munição, itens para pesca etc.) (FERREIRA; MACHADO; SENRA,

---

<sup>2</sup> A antropóloga Tainah Leite elenca alguns elementos culturais incorporados de outros povos que distinguem os Ninam do restante dos Yanomami: “saiotes de palha najá e alguns instrumentos de sopro utilizados nas cerimônias funerárias; a mandioca como principal cultivo e suas técnicas de processamento (enquanto em outras regiões Yanomami o cultivo principal é a banana); a fabricação e o manejo de canoas; além de uma cestaria particular.” (2018, p. 2) Além destes elementos, Leite observa que há elementos de incorporação mais recente que hoje são centrais na socialidade Ninam, como o cristianismo evangélico e as bebedeiras de caxiri (bebida alcóolica fermentada à base de mandioca, chamada de *haklauko* em Ninam) (*Ibidem*, p. 3, 5).

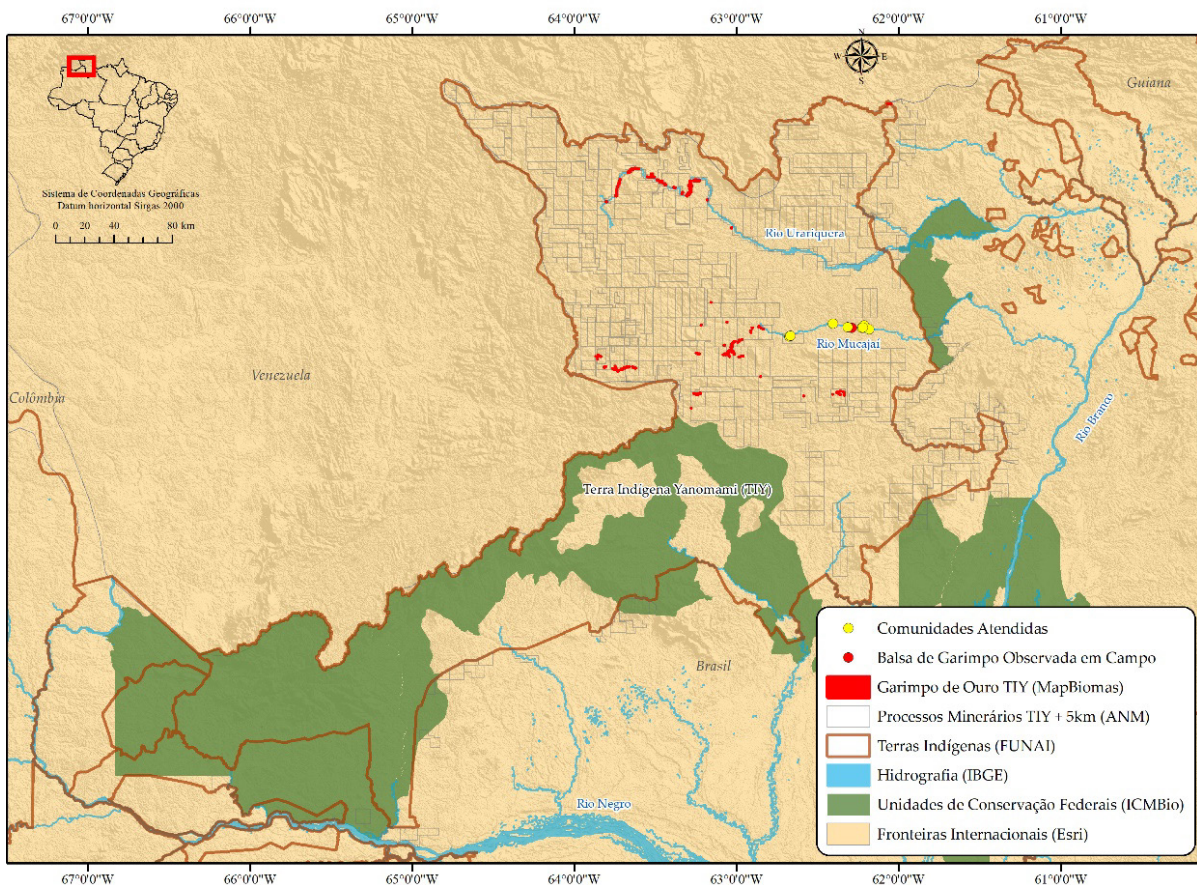


2019). Desde então, os Ninam mantiveram intensa relação com missionários e outros não-indígenas, chamados por eles de *k'aiwá* (LEITE, 2018). Segundo FERREIRA; MACHADO; SENRA (ISA p. 41):

Entre 1970 e 2000, era comum que os homens trabalhassem nas pequenas propriedades rurais ao longo do Mucajá e nos projetos de assentamento agrícola vizinhos à TIY. Alguns jovens foram enviados para serem criados por essas famílias e, em troca de sua força de trabalho, recebiam alimentação e “instrução no mundo dos brancos”, em uma relação que os Ninam definem como semelhante à de compadrio. A partir dos anos 2000, intensifica-se também o trânsito dos Ninam do Alto Mucajá às cidades de Boa Vista e Alto Alegre, com o objetivo de cadastramento e recebimento de diferentes benefícios sociais, com a consequente compras de itens industrializados.

### 3.3. Trabalho de campo

O trabalho de campo ocorreu no período de 4 a 14 de outubro de 2022, na região do Alto Rio Mucajaí, incluindo os indígenas residentes nas aldeias Caju, Castanha, Ilha, Ilihimakok, Lasasi, Milikowaxi, Pewaú, Porapi e Uxiú, localizadas às margens do curso superior do rio Mucajaí, no município de Mucajaí, no estado de Roraima, Brasil (Figura 1).



**Figura 1:** Mapa da Área de Estudo, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, outubro de 2022.

A equipe de pesquisa utilizou como ponto de apoio tanto para alojamento como para o atendimento aos participantes a aldeia Lasasi. Os moradores das demais comunidades realizaram deslocamentos fluviais para serem avaliados no posto de atendimento montado na aldeia Lasasi. As coordenadas das aldeias foram gentilmente cedidas pelo Instituto Socioambiental (ISA) e, posteriormente, foram atualizadas em campo com a utilização de dispositivos móveis dotados de sistema GNSS (*datum* horizontal Sirgas 2000), já que não raro os grupos populacionais se deslocam e se estabelecem em diferentes localidades (Tabela 1).

**Tabela 1:** Coordenadas geográficas das aldeias atendidas região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, outubro de 2022.

<b>Aldeia</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>
Caju	-62,18302712	2,75082987
Castanha	-62,22335194	2,7617407
Ilihimakoki	-62,22765501	2,75817226
Lasasi	-62,22268369	2,75805444
Milikowaxi	-62,67530429	2,70496623
Pewau	-62,40660646	2,78453231
Porapi	-62,21344818	2,77453029
Ilha	-62,31446459	2,76420134
Uxiú	-62,66805489	2,70958048

A primeira etapa de investigação foi a realização de entrevistas com a população em estudo, e teve como objetivo investigar aspectos sociodemográficos, bem como evidenciar a situação de saúde dos indígenas.

A investigação incluiu: (i) caracterização sociodemográfica dos domicílios (incluindo renda familiar, escolaridade, composição familiar, entre outros); (ii) avaliação da situação de saúde (incluindo coleta de dados antropométricos, estimativas da prevalência de doenças crônicas transmissíveis e não transmissíveis, bem como avaliações neurológicas e do desenvolvimento infantil); (iii) análise de polimorfismos em genes responsáveis pelo metabolismo do mercúrio no corpo humano; (iv) determinação dos níveis de mercúrio em amostras de cabelo; (v) determinação dos níveis de mercúrio em amostras de peixes; (vi) determinação dos níveis de mercúrio em amostras de água de superfície e de sedimento de fundo.

### **3.4. Caracterização Sociodemográfica**

As entrevistas foram realizadas com base em um instrumento de coleta de dados especialmente preparado para este estudo, com base em experiências anteriores de nosso grupo de pesquisa (BASTA *et al.*, 2021; VEGA *et al.*, 2018). O questionário foi aplicado com o apoio de Agentes Indígenas de Saúde (AIS) que atuam nas comunidades e/ou com o apoio de lideranças indígenas locais, como caciques e professores.

As respostas foram registradas em formulários padronizados com o auxílio de aparelhos eletrônicos portáteis (tablets). Além dos tablets, foram utilizadas fichas de caracterização dos domicílios em papel para auxiliar no processo de identificação dos participantes, antes e durante a entrevista (Figura 2).

Ministério da Saúde  
FIOCRUZ  
Fundação Oswaldo Cruz

ENSP  
EScola Nacional de Saúde Pública  
SERGIO AROUCA  
ENSP

NOME DO ENTREVISTADOR: \_\_\_\_\_ ALDEIA: xxxxxxxxxxxx Nº DO DOMICÍLIO: \_\_\_\_\_

DATA DA ENTREVISTA: \_\_\_/\_\_\_/2022

Código do Participante	Domicílio	Família	Nome do Participante	Sexo (F/M)	Data de Nascimento	Idade	Nome da Mãe	Nome do Pai

**Figura 2:** Modelo da ficha de domicílio, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, outubro de 2022.

O documento continha informações sobre o número de moradores, bem como o número de famílias por domicílio, a data de nascimento e a idade dos participantes, o número de crianças e as respectivas filiações. Tais informações permitiram que os entrevistadores identificassem previamente o responsável pelo domicílio, pai e mãe, marido e esposa, crianças e idosos, o que facilitou a realização das entrevistas. Os dados apresentados nas fichas de domicílio foram disponibilizados pelo Distrito Sanitário Especial Indígena (DSEI) Yanomami e Ye'kuana, a partir da solicitação realizada pela coordenação deste projeto.

O preenchimento dos dados de identificação nos Tablets foi subsidiado por consultas prévias à documentos de identificação, tais como certidão de nascimento, identidade, cartão de vacinação, cartão de gestante, dentre outros. A verificação dos documentos de identificação foi imprescindível na seleção e na confirmação dos núcleos familiares, assim como para estabelecer a ordem alfanumérica dos códigos de identificação.

Os questionários aplicados às famílias indígenas foram divididos em 4 blocos temáticos: i) Questionário do Responsável pelo Domicílio; ii) Questionário do Adulto; iii) Questionário da Mulher em idade fértil e; iv) Questionário da Criança. As entrevistas foram realizadas por uma bióloga (ACSV), uma psicóloga (RWA), uma enfermeira (ACF), e teve a colaboração de dois geógrafos (ROF e DODRP).

(a) O primeiro bloco do questionário foi direcionado ao **responsável pelo domicílio**, e visou caracterizar a estrutura demográfica das residências visitadas, incluindo fontes de água potável e presença de banheiro, tempo de residência na aldeia, atividades ocupacionais, renda e escolaridade do chefe do domicílio, número de pessoas adultas e crianças que vivem na casa, número de famílias por domicílio, além do recebimento de benefícios sociais.

(b) Em seguida, o responsável pelo domicílio e todos os indígenas ali residentes, maiores de 12 anos, foram convidados a responder ao **questionário do adulto**, segundo bloco de entrevistas. Neste momento, foram coletadas informações relativas à: escolaridade; atividades laborais; estado civil; condições de saúde (incluindo história de internações anteriores, tratamento prévio da malária) e história de contato com garimpos; além da caracterização do padrão alimentar das famílias, com ênfase no consumo de pescado e outras proteínas.

(c) O terceiro bloco referente ao **questionário da mulher em idade fértil** explorou dados sobre a saúde reprodutiva, incluindo: número de gestações e de filhos vivos, número de abortos, período de gestação em que ocorreu o aborto, número de consultas de pré-natal, além de outras informações de saúde da mulher no período gestacional

(d) No quarto e último bloco, **questionário da criança**, as perguntas exploraram condições de nascimento, acesso a cuidados de saúde pediátricos, internações anteriores, história recente de diarreia e infecção respiratória aguda, além da cobertura vacinal. Além disso, buscou-se compreender se a criança teve dificuldades para andar, para se comunicar, brincar, comer, se já havia sido detectado algum diagnóstico médico referente à saúde mental, incluindo problemas de audição, de visão, e se a mesma já havia sido hospitalizada e/ou passado por alguma cirurgia. Para as crianças de 6 anos até 11 anos e 11 meses as perguntas buscaram elucidar atividades relacionadas ao contexto escolar, por exemplo: interesse da criança na escola; pontos envolvidos no processo de aprendizado e nas relações com outras pessoas.

Concluídas as entrevistas, todos os membros das famílias foram convidados a participar de uma avaliação de saúde padronizada, na qual foram realizados exames clínicos e laboratoriais, incluindo coleta de amostras de cabelo para análise dos níveis de mercúrio e de células epiteliais da mucosa oral para análise de polimorfismos genéticos em genes relacionados ao metabolismo do mercúrio no corpo humano.

### **3.5. Avaliação de saúde**

A fim de estimar a prevalência de doenças crônicas não transmissíveis, incluindo transtornos nutricionais, anemia, diabetes e hipertensão arterial sistêmica foram realizadas aferições de peso e estatura, dos níveis de hemoglobina capilar e glicemia casual e dos níveis de pressão arterial sistólica e diastólica dos participantes pelos médicos do grupo de pesquisa (JWK, LIA, MUF, SAL).

#### **(a) Medidas antropométricas**

Todos os participantes tiveram seu peso e altura registrados. Para aferição do peso, foi utilizada balança eletrônica (SECA®, modelo 770, Vogel & Halke, Hamburgo, Alemanha), com capacidade máxima de 150 kg e precisão de 0,1 kg. Os bebês tiveram seu peso medido no colo da mãe, por meio da função mãe-bebê da balança eletrônica. Para a mensuração da estatura, foi utilizado um antropômetro vertical ou estadiômetro da marca Altorexata® (com adaptador dorsal para infantômetro e precisão de 0,1 cm para crianças menores). Crianças com necessidades físicas especiais ou com problemas de desenvolvimento neuropsicomotor foram excluídas das análises antropométricas. Finalmente, o índice de massa corporal (IMC), expresso em kg/m<sup>2</sup>, para maiores de 12 anos, e os escores Z (ajustados para sexo e idade), para crianças de 0 a 5 anos, foram calculados de acordo com a população de referência da Organização Mundial de Saúde (WHO, 2006).

#### **(b) Dosagem de hemoglobina**

A dosagem da hemoglobina capilar foi avaliada por meio do aparelho HemoCue® (HemoCue®, modelo HB 301-System, Angelholm, Suécia), sem a necessidade de coleta e armazenamento de sangue venoso. Os níveis de hemoglobina foram classificados de acordo com a faixa etária e o sexo dos participantes: (a) crianças de 2 a 5 anos: entre 11,5 a 13,5 g/dL; (b) crianças de 6 a 12 anos: entre 11,5 a 15,5 g/dL; (c) homens > 12 anos: entre 14 a 18 g/dL; (d) mulheres > 12 anos: entre 12 a 16 g/dL; (e) mulheres grávidas > 11,0 g/dL. Valores abaixo dos níveis indicados acima foram considerados indicadores de anemia (ROSENFELD *et al.*, 2019).

#### **(c) Dosagem de glicemia**

Os níveis plasmáticos de glicemia casual (medidos durante a entrevista, sem considerar o intervalo desde a última refeição e sem necessidade de jejum) foram obtidos dos participantes com mais de 12 anos de idade. Foi utilizado o monitor de glicemia Accu- Chek Active® (Roche, Indianapolis, IN, EUA), autodecodificado, com

tecnologia de biossensor fotométrico (refletância), e faixa de medição entre 10 e 600 mg/dL, conforme especificações do fabricante.

#### **(d) Medidas da pressão arterial**

A pressão arterial foi medida usando um monitor de pressão arterial de pulso automático, Omron Model Hem-631INT (Omron Healthcare INC, Lake Forest, IL, EUA). A pressão arterial foi medida duas vezes, com o aparelho colocado no punho esquerdo dos participantes com mais de 12 anos, durante a avaliação clínica. Os participantes permaneceram sentados com os dois pés apoiados no chão, com o antebraço esquerdo apoiado na parte anterior do tórax, durante as medições. As médias das duas medidas de pressão arterial sistólica (PAS) e pressão arterial diastólica (PAD) foram utilizadas para classificar os participantes.

De acordo com a Diretriz Brasileira de Hipertensão da Sociedade Brasileira de Cardiologia (BARROSO *et al.*, 2021), hipertensão é considerada quando os valores de PAS são  $\geq 140$  mmHg e / ou PAD  $\geq 90$  mmHg. Indivíduos com PAS entre 130 e 139 e PAD entre 85 e 89 mmHg são considerados como casos de pré-hipertensão, pois esta população tem um risco consistentemente maior de desenvolver doença cardiovascular, doença arterial coronariana e acidente vascular cerebral do que a população com níveis entre 120 e 129 ou 80 e 84 mmHg. Por esse motivo, incluímos neste estudo todos os indivíduos que apresentavam PAS  $\geq 130$  e PAD  $\geq 85$  mmHg no grupo de hipertensos (BARROSO *et al.*, 2021).

A fim de estimar a prevalência de doenças infecciosas e parasitárias, incluindo infecções sexualmente transmissíveis como HIV/AIDS, Sífilis, e Hepatites B e C, e malária foram realizados testes rápidos.

#### **(e) Doenças transmissíveis**

Testes rápidos para HIV, hepatite B e C e sífilis foram realizados em indígenas maiores de 12 anos de ambos os sexos. Seguindo o protocolo de testagem do Ministério da Saúde, os testes de HIV usados foram ABON HIV® (Abon Biopharm, Hangzhou, China). Nos casos com diferenças nos resultados, o kit MEDTESTE HIV® (Hangzhou Biotest Biotech Co., Hangzhou, China) foi utilizado para resolver as divergências. Foi utilizado o teste BIOCLIN® (Bioclin, Belo Horizonte, MG, Brasil) para detecção de casos de hepatite B. Para hepatite C foi utilizado o teste rápido da empresa ALERE® (BioMérieux, Durham, NC, EUA).

Por fim, para a sífilis, foi utilizado o kit Bio Syphilis da marca BIOCLIN® (Bioclin, Belo Horizonte, MG, Brasil).

Conforme recomendado pelo Ministério da Saúde, os participantes foram orientados sobre o teste e as infecções sexualmente transmissíveis investigadas antes da testagem. Quando necessário, o aconselhamento foi realizado com os resultados, assim como houve encaminhamento para serviços especializados.

Para o diagnóstico de malária, utilizou-se o SD-BIOLINE MALARIAAG Pf/Pf/Pv (Abbott Diagnostics, Korea Inc), que é um teste combinado que trabalha com aHRP-II e pLDH de *P. falciparum* e pLDH de *P. vivax*, atualmente recomendado pelo Programa Nacional de Controle da Malária. O teste oferece sensibilidade para *P. falciparum* HRP-II de 100%, *P. falciparum* pLDH de 99,7% e *P. vivax* de 98,2% e especificidade de 99,3%.

Além disso, todos os cassetes de testes rápidos para malária foram encaminhados para o laboratório na Universidade de São Paulo, aos cuidados do Dr. Marcelo Urbano Ferreira, e foram utilizados no diagnóstico molecular de malária, tendo como alvo o gene mitocondrial *cytb* de *P. falciparum* e *P. vivax*, segundo o protocolo descrito por BARROS *et al.* (2022).

### **(f) Avaliação Neurológica**

Além da aferição da pressão arterial, do peso, da estatura, dos níveis de glicemia e hemoglobina, e da aplicação de testes rápidos para malária e infecções sexualmente transmissíveis, os indígenas maiores de 11 anos passaram por exame clínico neurológico, que incluiu avaliação cognitiva, avaliação motora e avaliação somatosensorial. O exame neurológico foi conduzido a fim de detectar alterações clínicas sugestivas da contaminação por mercúrio.

Todos os participantes foram submetidos a um protocolo de exame neurológico sistematizado, especialmente desenvolvido pelo nosso grupo de pesquisa (OLIVEIRA *et al.*, 2021), para viabilizar a avaliação clínica em condições adversas de trabalho de campo nas aldeias. As avaliações foram conduzidas por dois neurologistas familiarizados com a semiologia neurológica clínica (RAAO e BHR), e contaram ainda com apoio de uma cirurgiã vascular (RMC) devidamente treinada para aplicar o protocolo de pesquisa e utilizar os instrumentos padronizados.



As explicações sobre os procedimentos para o exame neurológico foram apresentadas verbalmente aos participantes em português. Quando necessário, para indígenas com dificuldades com o a língua portuguesa, um tradutor indígena (agente indígena de saúde, professores ou chefes) auxiliou os médicos nas avaliações.

Para as avaliações cognitivas empregou-se o teste de fluência verbal e o teste do palito. Para o teste de fluência verbal os participantes foram convidados a nomear quantos animais conseguissem no intervalo de tempo de um minuto. Os indivíduos receberam as seguintes instruções: “você deve dizer os nomes dos animais que lembra, o mais rápido possível. Qualquer animal serve, quadrúpede, peixes, pássaros, quanto mais você falar melhor”. O ponto de corte para normalidade do teste de fluência verbal foi nove. Ou seja, valores acima de nove são classificados como normal e abaixo de nove como alterados.

A fim de avaliar o pensamento lógico, os participantes foram solicitados a reproduzir formas geométricas, apresentadas em uma folha de papel uma após a outra, com correspondências (teste do palito). O número de faces, a imagem e a orientação do bastão em cada uma das quatro imagens foram critérios considerados para o teste, com pontuação, que varia de zero a 12. A pontuação 10 foi considerada ponto de corte para normalidade e classificada como normal ou alterada.

No componente de avaliação motora, a força muscular foi aferida por meio de manobras contra resistência nos quatro membros, nos segmentos proximal e distal. A hipertonía muscular e a bradicinesia foram avaliadas por meio da mobilização passiva dos quatro membros, por meio de manobras de toque digital, imitação de expressão facial e mobilização espontânea.

A coordenação foi avaliada por meio de testes dedo-nariz, calcanhar Joelho e diadococinesia (capacidade de realizar movimentos rápidos e alternados). O reflexo osteotendíneo profundo do tornozelo foi testado com o martelo de Babinski, de acordo com o escore do reflexo miotático (HALLETT, 1993). A amiotrofia do dedo do pé foi investigada através de inspeção.

Para avaliação somatossensorial foram utilizados os seguintes instrumentos:

- (a) Alfinete niquelado (Bacchi® número 29) para avaliar a percepção nociceptiva mecânica;
- (b) Estesiômetro Sorri Bauru/monofilamento Von Frey 10g para avaliar a sensibilidade tátil;
- (c) Algodão seco para avaliar a sensibilidade tátil dinâmica;

(d) Diapasão de 128 Hz para avaliar a sensibilidade tátil à vibração e sensibilidade térmica ao frio (CAMPBELL; DEJONG, 2005).

A sensibilidade foi testada em membros superiores e inferiores em três pontos distintos para cada modalidade sensorial, nos segmentos proximal e distal. A sensibilidade foi classificada como normal (0) ou anormal (1) dependendo da ocorrência de anormalidade em pelo menos um parâmetro.

Para o diagnóstico clínico de polineuropatia simétrica distal foram utilizados critérios da Academia Americana de Neurologia (ENGLAND *et al.*, 2005), que consideram a ocorrência de déficits sensoriais distais, além dos sinais clínicos de neuropatia, definida como a presença de alterações em pelo menos um domínio sensorial somático e/ou alterações no reflexo do tornozelo reflexo. Além disso, foram avaliadas a campimetria visual e a presença de distúrbios na fala.

### **(g) Avaliação Pediátrica**

Após aferição do peso, da estatura/comprimento e dos níveis de hemoglobina, coleta de amostras de cabelo para análise dos níveis de mercúrio e coleta de amostras de células da mucosa oral para análise de polimorfismos genéticos, as crianças de 0 a 12 anos incompletos foram encaminhadas para avaliação clínica pediátrica.

Com auxílio de intérpretes e com uso de tablets contendo um questionário semiestruturado para esta pesquisa foram coletados dados sobre local de moradia, consumo de pescados regularmente e nas últimas 24 horas, consumo de castanha pela família, frequência da criança à escola, dificuldade de aprendizado e renda familiar. Em seguida, foram consultadas as cadernetas de saúde da criança (quando disponível) para avaliação da cobertura vacinal e das curvas de crescimento. Por fim, foi realizado exame físico das crianças pelas pediatras do grupo (CBH e ADJ).

Quando as condições de campo permitiam e as famílias estavam dispostas a colaborar foram aplicados testes padronizados para avaliação do neurodesenvolvimento infantil (Snijders-Oomen Non-verbal Intelligence Test (SON-R 2 ½ - 7 y.o.) Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence (WASI - 8 to 11 y.o.) a fim de se conhecer o Quociente de Inteligência Total (QIT). Os testes de neurodesenvolvimento infantil foram realizados pela neuropsicóloga da equipe (MAFO).

Dois indígenas Yanomamis, fluentes em português e no idioma Ninam, que atuavam como professores do ensino infantil foram selecionados para auxiliar no processo de tradução e aplicação dos testes padronizados para avaliação do neurodesenvolvimento

infantil. Previamente à avaliação, os instrumentos foram apresentados aos professores e sofreram adaptações ao contexto da população local, quando necessário.

Em virtude de se tratar de um teste não-verbal, o teste SON-R 2½-7 (utilizado para avaliação das crianças de 2 anos e meio até 7 anos e 11 meses) não precisou sofrer alterações e/ou adaptações. Por sua vez, a Escala Abreviada Wechsler de Inteligência (WASI), utilizada para crianças de 8 anos completos a 11 anos e 11 meses, que possui componentes verbais, precisou sofrer adaptações a partir das orientações dos professores.

Adicionalmente, foi realizada uma análise do estado nutricional por meio das medidas de peso e estatura/comprimento, de acordo com os escores-Z de peso para idade (P/I), estatura para idade (E/I), e índices de massa corporal para idade (IMC/I) com base nas curvas de referência da Organização Mundial de Saúde (WHO, 2006). Para as crianças com até 10 anos, foram realizados os cálculos de escores-Z de peso/idade, IMC/idade e estatura/idade. Para os maiores de 10 anos, foram calculados os escores-Z de IMC/idade e estatura/idade.

Para classificar os casos com baixo peso (peso e IMC) para idade e baixa estatura (estatura) para a idade, foram considerados os escores-Z  $\leq -2,0$ . Os cálculos foram realizados nas plataformas WHO Anthro e o WHO Anthro Plus, desenvolvidas e disponibilizadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS) gratuitamente (disponível em: <https://www.who.int/tools/child-growth-standards/software>, acessado em 10/01/2024).

### **3.6. Análise de polimorfismos genéticos**

Amostras de células epiteliais da mucosa oral de todos os participantes foram coletadas para análise de polimorfismos genéticos em genes relacionados ao metabolismo do mercúrio no corpo humano. As células foram coletadas por duas farmacêuticas/bioquímicas (JAP e MCS) usando um *swab* (cotonete) estéril descartável e foram armazenadas em uma solução tamponada (solução usada para prevenir mudanças no pH e o rompimento das células da mucosa oral). Em seguida, foram mantidas em caixas organizadoras e sob refrigeração até a chegada no laboratório.

O DNA genômico presente nas amostras foi extraído utilizando um kit de purificação de DNA (QIAamp DNA mini – Qiagen, código 51304, Qiagen Sciences, Germantown, MD, EUA), conforme procedimentos recomendados pelo fabricante. O kit QIAamp DNA é um método fácil e rápido para isolamento e purificação de DNA de amostras biológicas, já tendo sido validado pelo nosso grupo para extração DNA de amostras

de células da mucosa oral, com qualidade e pureza, para posterior análise molecular (BASTA *et al.*, 2021; PERINI *et al.*, 2008, 2021; SILVA *et al.*, 2023).

Em resumo, foram realizadas as etapas: lise, ligação DNA, lavagem e eluição. Foi utilizado centrífuga, vórtex, banho-maria, pipetas automáticas, ponteiras com filtro, microtubos, etanol 100%, tampão de lise, de lavagem e eluição do DNA, além das colunas com sílica. O DNA extraído e purificado de cada participante (volume final de 200 µL) foi colocado em microtubos de 1500 µl, devidamente etiquetados, com códigos individuais dos participantes, e em seguida, foram armazenados em freezer (-20°C) para posterior análise de genotipagem para identificação de polimorfismos genéticos.

A concentração do DNA foi determinada por espectrofotometria utilizando o aparelho Nanodrop® na absorvância de 260nm. Para verificar a qualidade e pureza do DNA foi também avaliada a absorvância em 280nm, que corresponde ao pico de absorção de proteínas, e a 230nm, que corresponde ao pico de absorção de contaminantes orgânicos. A razão das absorvâncias em 260nm e 280nm resultam em um valor próximo a 1,8 que indica a pureza do DNA. Já a razão 260nm e 230nm que resultam em valores entre 1,8 a 2,2 indicam se houve resto de reagentes utilizados no processo de extração do DNA. Todas as amostras coletas apresentaram pureza e concentração adequada, com concentrações de DNA variando entre 10 e 30 ng/µL.

Foi analisado o polimorfismo GSTP1 rs1695 (troca de adenina por guanina na posição 313 A>G), que está localizado no gene glutathione S-transferase P1 (GSTP1), envolvido na toxicocinética do mercúrio (BASTA *et al.*, 2021; SILVA *et al.*, 2023). O polimorfismo foi identificado pela técnica de PCR em tempo real, utilizando o sistema TaqMan, com um ensaio validado de discriminação alélica (C\_3237198\_20), adquirido da empresa Thermo Fisher (Waltham, Massachusetts, USA). O sistema TaqMan para discriminação alélica consiste em um conjunto de iniciadores e sondas de oligonucleotídeos desenhados especificamente para cada polimorfismo alvo. As duas sondas são marcadas com fluorescência diferente, possibilitando a identificação dos dois possíveis alelos presentes na amostra do indivíduo. A intensidade de fluorescência é captada pelo equipamento (7500 Real-Time System da Applied Biosystems, Foster City, CA, USA), discriminando o genótipo de cada indivíduo. Para garantir o controle de qualidade da análise, para cada polimorfismo foram utilizados dois controles positivos padronizados de cada genótipo, além de dois controles negativos, conforme metodologia já validada pelo LAPESF da UERJ (BASTA *et al.*, 2021; PERINI *et al.*, 2008, 2021; SILVA *et al.*, 2023).

Todas as análises individuais de PCR para identificação dos polimorfismos foram realizadas em um volume final de 8 µl, com 30 ng de DNA, 1x Taqman Universal Master

Mix (Applied Biosystems), 1x de cada ensaio específico de oligonucleotídeo e sonda, e H<sub>2</sub>O q.s.p. As condições da PCR serão: 95°C por 10 minutos, acompanhados de 40 ciclos de desnaturação a 92°C por 15 segundos e anelamento a 60°C por 1 minuto.

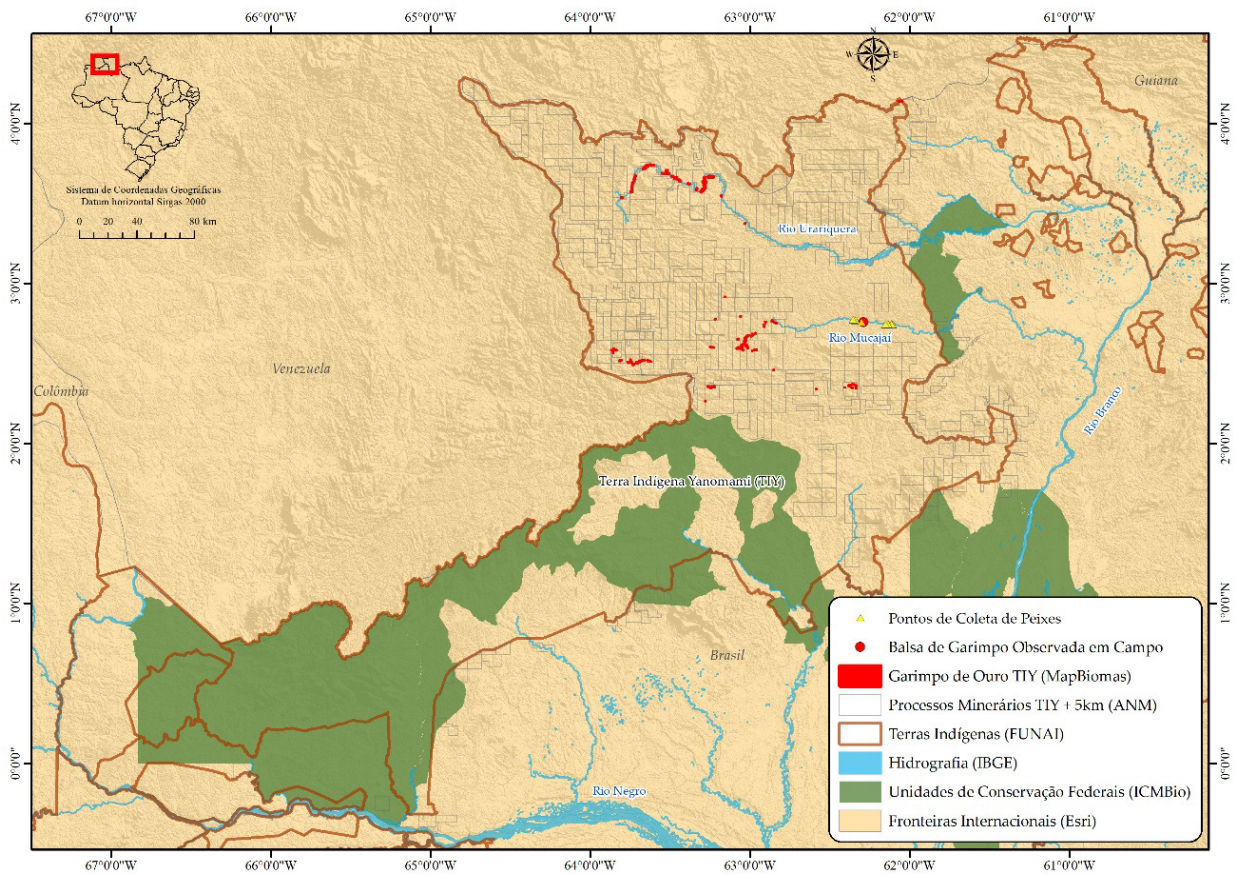
Foram utilizados dois controles padronizados negativos (branco) e dois positivos de cada genótipo para garantir a qualidade da genotipagem. A frequência do alelo e a distribuição do genótipo foram derivadas da contagem de genes e os desvios do equilíbrio de Hardy-Weinberg (HWE) foram avaliados pelo teste qui-quadrado ( $\chi^2$ ) de adequação. As frequências entre os grupos foram comparadas pelo teste do  $\chi^2$  ou, quando apropriado, pelo teste exato de Fisher.

### **3.7. Amostras ambientais**

Paralelamente às avaliações clínicas, duas biólogas (JGB, AAS), um geógrafo (DODRP) e uma geóloga (PDJ) visitaram pontos tradicionais de pesca no rio Mucajaí, e em seus principais afluentes, para coleta de amostras de peixes, regularmente consumidos pela população local, assim como de amostras de água e sedimentos para análise dos níveis de mercúrio.

#### **3.7.1. Amostras de pescado**

A coleta de pescados foi realizada de acordo com o modo tradicional de pesca dos indígenas. Logo, as espécies coletadas foram as que costumam ser capturadas para o consumo das famílias indígenas estudadas. As coletas foram realizadas de 6 a 10/10/2022, no período das 07:00 às 11:00 horas, com a participação de dois indígenas. As áreas de coleta foram determinadas pelas lideranças indígenas locais que acompanharam a expedição, buscando retratar o dia a dia das pescarias das comunidades (Figura 3).



**Figura 3:** Mapa dos pontos de coleta de peixes, região do alto rio Mucajá, Terra Indígena Yanomami, Roraima, outubro de 2022.

As coletas foram realizadas com redes de malha com 30mm e 60mm, e com linha e anzol. De volta à aldeia Lasasi, após a coleta do pescado, os peixes foram identificados com nomes populares da região e foi realizada biometria, ou seja, foram aferidas as medidas de comprimento padrão (cm) e de peso (g). Em seguida, o nível trófico (piscívoro, onívoro e detritívoro) dos espécimes capturados foram definidos de acordo com literatura consultada no local, seguindo a pré-identificação das espécies (SANTOS *et al.*, 2004; SANTOS; FERREIRA; ZUANON, 2006).

Para cada indivíduo/peixe coletado foram retiradas cinco amostras de tecido muscular da região dorsal quando possível. Para os peixes menores só foi possível coletar três amostras. As amostras de tecido muscular, livres de pele e/ou escamas, foram armazenadas de forma independente em tubos eppendorf de 1,5ml e/ou em pequenos sacos plásticos. Em seguida, foram devidamente identificados e armazenados em um freezer para conservação das amostras em refrigeração. Para cada peixe foi atribuído um código com o número do exemplar e as iniciais do rio onde foi coletado, sendo que o código foi registrado no eppendorf e nos sacos plásticos, bem como em planilha de Excel com os dados de nível trófico, local de coleta, peso e comprimento.

### **3.7.2. Avaliação de Risco à Saúde atribuída ao consumo de pescado contaminado**

O estudo de avaliação do risco à saúde atribuído ao consumo de pescado contaminado por mercúrio foi realizado conforme a metodologia proposta pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2008), considerando as seguintes etapas:

#### **(a) Caracterização da população de estudo**

Esta etapa consiste em definir os estratos populacionais sob investigação (i.e.: sexo e faixa etária), estimar seus respectivos pesos médios (em quilogramas) e a quantidade média de pescado ingerida diariamente (em gramas).

Consideraram-se os seguintes estratos populacionais: i) mulheres em idade fértil (10 a 49 anos); ii) homens adultos ( $\geq 18$  anos); iii) crianças de 5 a 12 anos; e iv) crianças de 2 a 4 anos.

As médias de peso corporal para cada um dos estratos populacionais foram obtidas por intermédio das aferições realizadas com os participantes durante as avaliações clínicas. Utilizou-se as seguintes médias de peso corporal: i) 45,13 kg para mulheres em idade fértil; ii) 55,35 kg para homens adultos  $> 18$  anos; iii) 20,93 kg para crianças de 5 a 12 anos; e iv) 12,33 kg para crianças de 2 a 4 anos.

#### **(b) Estimativa da dose diária de ingestão de mercúrio**

Para a segunda etapa, assumimos o pressuposto que 100% do mercúrio detectado nas amostras dos pescados encontra-se na forma química de metilmercúrio (MeHg). A estimativa de consumo peixes pela população local baseou-se nas visitas domiciliares realizadas por uma bióloga da equipe (AAS), e nos dados obtidos por intermédio das entrevistas com as famílias, durante o trabalho de campo. Após as entrevistas, assumiu-se que, em média i) mulheres em idade fértil ingerem 78,5g de pescado ao dia; ii) homens adultos  $> 18$  anos ingerem 112g de pescado ao dia; iii) crianças de 5 a 12 anos ingerem 39,3g de pescado ao dia; e iv) crianças de 2 a 4 anos ingerem 12,3g de pescado ao dia.

#### **(c) Cálculo da razão de risco**

A razão de risco (RR) indica o potencial de dano à saúde provocado pelo consumo do pescado contaminado. O cálculo foi realizado a partir da divisão da quantidade média absorvida pelo organismo humano pela dose de referência. Para este estudo

considerou-se como referência a dose de ingestão diária segura de 0,1 µg MeHg/kg peso corporal/dia proposta pela *Environmental Protection Agency* (U.S.EPA) (RICE, 2004).

Quando a  $RR < 1$ , a dose de mercúrio absorvida é inferior à dose de referência considerada, conseqüentemente, o risco de adoecer é baixo. Por outro lado, quando a  $RR \geq 1$  a dose de mercúrio absorvida ultrapassa a dose de referência considerada, e o risco de adoecer devido à exposição ao mercúrio deve ser considerado. Quanto maior for a  $RR$ , maior o risco potencial de dano à saúde da população.

### **3.7.3. Amostras de água e sedimento**

Os materiais de campo e equipamentos utilizados para a coleta de amostras de água e sedimento incluíram: (i) Tablet com aplicativo para registro dos dados amostrais no banco de dados de geoquímica do SGB/CPRM (coordenadas dos pontos, parâmetros físico-químicos obtidos pela sonda e registros feitos in loco pelo investigador); (ii) sonda (medidor multiparâmetro AquaRead) para registro de pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e turbidez; (iii) balde, béqueres plásticos, seringas descartáveis sem pontas, filtros millipore de 0,45 µm, tubos de polietileno esterilizados de 50 ml, 20 ml de ácido nítrico, caixa térmica para manter as amostras sob refrigeração após a coleta; (iv) sacos plásticos listrados, fita isolante e marcadores permanentes para identificação e armazenamento de amostras; (v) as amostras de água foram colocadas em caixas térmicas a uma temperatura média de 10°C.

Os pontos amostrais foram previamente carregados no tablet e no aparelho GPS (modelo Garmin GPSmap 62sc) e foi promovida a navegação ao longo do rio Mucajaí até os afluentes que foram amostrados. Ao atingir o ponto previamente programado, o medidor multiparamétrico foi ligado e a sonda foi colocada dentro do balde com amostra de água onde foram medidos dados de temperatura, turbidez, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e salinidade. Para maiores detalhes, ver JACQUES; VIGLIO; DE OLIVEIRA D'EL REI PINTO (2023).

A água foi coletada usando uma seringa, removendo a água do copo e fixando o filtro em sua ponta. A água foi então inserida no tubo de polietileno previamente identificado e os primeiros 50 ml (ânions) foram filtrados. O processo foi repetido em um segundo tubo de 50 ml acidificado com 10 gotas de ácido nítrico e identificado com fitas vermelhas para análise de cátions. Uma terceira coleta foi realizada sem filtro, mas com acidificação das amostras (10 gotas de ácido nítrico) para análise de mercúrio. Os tubos foram identificados com o nome da amostra e do rio amostrado e mantidos nas caixas térmicas.



A coleta de sedimentos dos igarapés foi realizada nas margens escolhidas com predominância de sedimentos finos. Os sedimentos mais finos foram coletados e colocados diretamente no saco plástico quando composto de argila. No caso de sedimentos mais arenosos, estes foram peneirados em uma peneira nº 20. Somente o material que passou nessa peneira é que foi coletado. Cada amostra continha cerca de 1 kg de material fino. As amostras foram registradas no tablet, com as seguintes características: largura do rio; profundidade; velocidade do fluxo; nível de água; tipo de vegetação nas margens; cor da água; cor do sedimento; composição dos sedimentos; margem de arrecadação; todos os registros físico-químicos medidos; coordenadas e elevação obtidas com GPS. Para maiores detalhes, ver JACQUES; VIGLIO; DE OLIVEIRA D'EL REI PINTO (2023)

### **3.8. Determinação dos Níveis de Mercúrio**

#### ***(a) Amostras de cabelo***

De todos os participantes (homens, mulheres, adultos e crianças) foram coletadas amostras de cabelo para análise dos níveis de mercúrio pelo nosso bolsista de iniciação científica (PPB). Pequenas mechas de cabelo foram removidas próximas ao couro cabeludo, na região occipital com o auxílio de tesouras de aço inoxidável. As amostras foram armazenadas em envelopes de papel, identificados individualmente. Ao final do trabalho de campo as amostras foram encaminhadas para análise dos níveis de mercúrio total (HgT) no Laboratório de Toxicologia, Seção de Meio Ambiente do Instituto Evandro Chagas (IEC), em Belém, Pará, Brasil.

No laboratório, as amostras foram lavadas com Extran diluído 100 vezes (Merck KGaA, Darmstadt, Alemanha) para remover qualquer contaminação exógena. Após a secagem, as amostras foram homogeneizadas finamente em frascos de vidro, antes da pesagem, segundo metodologia desenvolvida por Akagi, que envolve as etapas de abertura química, digestão úmida e posterior redução com  $\text{SnCl}_2$  para quantificação de HgT em Espectrômetro de Absorção Atômica por Vapor Frio (CVAAS, acrônimo em inglês).

Assim, aproximadamente 10 mg de cabelo foram pesados em frascos volumétricos de 50 ml e posteriormente digeridos com uma solução contendo 1 ml de água desionizada (Milli-Q Milipore®), 2 ml de  $\text{HNO}_3$  concentrado e  $\text{HClO}_4$  (1:1), e 5 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  em uma placa aquecida a  $230^\circ\text{C}$  por 30 minutos. Cerca de 5 ml de cada solução de amostra foram usados para quantificar o HgT no CVAAS Mercury Analyzer Hg-201 (Sanso Seisakusho Co., Nagahama, Japão).

Para garantir o controle de qualidade nas análises de mercúrio no cabelo foram utilizados os seguintes parâmetros: (i) o Human Hair Certified Reference Material (IAEA-86) da Agência Internacional de Energia Atômica, cuja taxa média de recuperação foi de 101% (n=8, recuperação variando de 83,4 a 106,6%); (ii) o branco de método; (iii) uma curva de calibração de 6 pontos (concentração variando de 0,4 a 4 ng/g); e (iv) o desvio padrão relativo (RSD, acrônimo em inglês) de 8,32%. As réplicas da amostra (n=10), cujo RSD foi de 2,49%, também foram selecionadas aleatoriamente. Os limites de detecção e quantificação (LOD/LOQ) obtidos foram 0,0083 ng/mg e 0,027 ng/mg, respectivamente. A metodologia para determinação de mercúrio em amostras de cabelo foi previamente descrita por Suzuki (SUZUKI *et al.*, 2004) e Marinho *et al.* (MARINHO *et al.*, 2014).

Consideramos em nossas análises os níveis de mercúrio acima de 1,0; 2,0 e 6,0 µg/g em amostras de cabelo como potenciais indicadores de risco à saúde, seguindo doses de referência reconhecidas pela U.S.EPA (RICE, 2004), e pela OMS (WHO, 1989). Além disso, utilizamos como referência para o debate os parâmetros empregados em estudos anteriores realizados na região Amazônica (BASTA *et al.*, 2021; BASTOS *et al.*, 2006; CRESPO-LOPEZ *et al.*, 2021; MARINHO *et al.*, 2014; VEGA *et al.*, 2018).

### **(b) Amostras de peixes**

A determinação do Hg total no tecido muscular dos peixes foi obtido utilizando a metodologia proposta por SUZUKI *et al.* (2004). Para cada amostra foram pesados 0,3 a 0,5 g de tecido muscular (peso úmido) em balão volumétrico Pyrex® de 50 ml (Corelle Brands, Charleroi, Bélgica). Em seguida, foram adicionados 1 ml de água deionizada, 2 ml de HNO<sub>3</sub> e HClO<sub>4</sub> (1:1) e 5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para digestão. Os frascos foram expostos a uma placa quente (200 a 230°C) por 30 min. Após resfriamento até a temperatura ambiente, os frascos foram medidos com solução deionizada água e as amostras digeridas foram homogeneizadas.

A determinação do THg foi feita por sistema de absorção atômica de vapor frio (CVAAS), utilizando equipamento analisador de mercúrio semiautomático Analyzer Modelo Hg-201 (Sanso Seisakusho Co. Ltd., Tóquio, Japão) (DA SILVA; DE OLIVEIRA LIMA, 2020). Para garantir a Garantia de Qualidade (GQ)/Controle de Qualidade (CQ), utilizamos para a análise de mercúrio em amostras de peixes os seguintes parâmetros: (i) materiais de referência certificados de fígado de cação; material de referência para metais vestigiais (DOLT-4) (% de recuperação: 92,24±7,73; 70,92 a 100) e material de referência certificado para proteínas de peixe para metais vestigiais (DORM-3) (% de recuperação: 96,22±4,69; 87,16 a 100) do Conselho Nacional de Pesquisa do Canadá; (ii) um método em branco; (iii) uma curva de calibração de 6 pontos; e (iv) o desvio

padrão relativo (DPR) de 8,32%. Os limites de detecção e quantificação (LOD/LOQ) obtidos foram 0,0083 ng/mg e 0,027 ng/mg, respectivamente.

De acordo com a Organização para Alimentação e Agricultura das Nações Unidas (FAO/WHO, 2016) e a Agência de Vigilância Sanitária brasileira (BRASIL, 2013), peixes que apresentaram concentrações maiores ou iguais a 0,5 µg de mercúrio para cada grama de tecido muscular ( $\geq 0,5\mu\text{g/g}$ ) foram considerados acima de limites seguros para comercialização e, portanto não são seguros para consumo humano.

### ***(c) Amostras de água e sedimentos***

Após a coleta, as amostras de água foram enviadas ao laboratório do Serviço Geológico do Brasil-CPRM, localizado em Manaus, Brasil (LAMIN—MA), e analisadas via ICP-OES (Espectrometria de Emissão Atômica com Fonte Plasmática) para 27 cátions (Al, As, B, Be, Ba, Ca, Co, Cd, Cu, Cr, Li, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Se, Si, Sb, Sn, Sr, Ti, V, e Zn) e via cromatografia iônica para 7 ânions (fluoreto, cloreto, brometo, nitrito, nitrato, sulfato e fosfato).

Análises de absorção atômica para Hg total (DMA-80) também foram realizadas. As amostras de sedimento do rio Mucajaí e Igarapés foram previamente secas em estufas em baixa temperatura (50 °C), homogeneizadas e peneiradas, com peneira nº 80, sendo o passador triturado a 150#, e água régia foi utilizada para ataque ácido do sedimento. As análises foram realizadas via ICP-OES ou ICP-MS (Espectrometria de Massa com Plasma Acoplado Indutivamente) para 53 elementos químicos (Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn e Zr).

## **3.9. Análise Estatística**

Realizou-se uma análise descritiva geral dos dados com a caracterização da população de estudo, incluindo características do responsável pelo domicílio, bem como características sociodemográficas dos entrevistados (sexo, faixa etária, escolaridade) e dados clínicos da população estudada (níveis de hemoglobina, glicemia e pressão arterial, além do índice de massa corporal). Além disso, foram apresentados os níveis de mercúrio nas amostras de cabelo dos participantes, de acordo com variáveis sociodemográficas e variáveis clínicas.

A fim de comparar as variáveis clínicas e sociodemográficas com a exposição ao mercúrio no cabelo  $\geq 2,0\mu\text{g/g}$  e  $\geq 6,0\mu\text{g/g}$ , utilizou-se o teste qui-quadrado de Pear-

son ou o teste exato de Fisher. Também foi empregado o teste de Kruskal-Wallis para avaliar as diferenças nos níveis medianos de Hg entre as aldeias estudadas, entre as faixas etárias e o sexo dos participantes. O teste de Kruskal-Wallis foi empregado ainda para avaliar as diferenças nos níveis medianos de Hg entre os diferentes níveis tróficos dos pescados capturados.

Para comparar os níveis médios de hemoglobina, glicemia e pressão arterial, bem como estatura, peso e índice de massa corporal entre os participantes com níveis de exposição ao mercúrio  $\geq 2,0 \mu\text{g/g}$  versus  $\leq 2,0 \mu\text{g/g}$  foi utilizado o Teste F.

Para estimar a prevalência de exposição humana ao mercúrio na área de estudo, consideramos o número de pessoas que apresentaram níveis de mercúrio  $\geq 2,0 \mu\text{g/g}$  e  $\geq 6,0 \mu\text{g/g}$  no numerador, e no denominador foi considerada a população amostrada na região, de acordo com as aldeias estudadas, sexo e faixa etária.

Para explorar os potenciais fatores associados à exposição ao mercúrio  $\geq 2,0 \mu\text{g/g}$  foi utilizado o modelo de regressão de Poisson com Razão de Prevalência (RP), e estimador robusto. Neste estudo, a RP foi utilizada como medida de associação com os respectivos intervalos de confiança de 95%. Após a análise bruta inicial, as variáveis com associação significativa com o nível de Hg nas amostras de cabelo, ao nível de 20%, foram posteriormente incluídas no modelo final. Permaneceram no modelo final as variáveis que apresentaram nível de significância  $< 0,05$ .

### **3.10. Aspectos Éticos**

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca da Fiocruz (CEP/ENSP) e pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa do Conselho Nacional de Saúde (CONEP/CNS), CAAE: 65671517.1.0000.5240, com Parecer N° 3.449.405, favorável à sua realização (Anexo 2).

Atendendo à Convenção n° 169 da Organização Internacional do Trabalho (OIT), antes do início do estudo foi realizada consulta de prévia ao povo Ninam, em 22/09/2021, durante assembleia na aldeia Lasasi. Na ocasião, os objetivos do estudo foram apresentados e discutidos com apoio de um documento bilíngue, português e ninam (Anexo 3).

Após esclarecimento de dúvidas e aprovação do protocolo de pesquisa pelas comunidades, recebemos apoio da coordenação do Distrito Sanitário Especial Indígena Yanomami e Ye'kuana por meio da equipe multiprofissional de saúde indígena

e autorização por parte da Fundação Nacional do Índio (FUNAI) para ingressar na TI Yanomami e realizar o estudo (Anexo 4).

As entrevistas e a coleta de dados tiveram início somente após os participantes esclarecerem suas dúvidas e darem seu consentimento formal por meio de assinatura ou impressão digital no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo 5).

Antes da equipe deixar a Terra Indígena Yanomami, assumiu-se o compromisso de fazer a devolutiva de resultados, assim que os dados fossem analisados e consolidados (Anexo 6).

Para devolutiva de resultados foi proposto um curso de atualização profissional intitulado "*Vigilância e monitoramento de populações expostas ao mercúrio no Brasil*" (Anexo 7), com certificação pela Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio (EPSJV) da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), para os profissionais que atuam nas equipes multidisciplinares de saúde indígena (EMSI) do Distrito Sanitário Especial Indígena Yanomami e Ye'kuana (DSEI-YY) e para os profissionais da FUNAI, bem como para os representantes do Conselho Distrital de Saúde Indígena (CONDISI) do DSEI-YY, incluindo as lideranças da região do alto Rio Mucajáí.

Além do curso que trata de aspectos gerais da contaminação por mercúrio e seus efeitos deletérios à saúde das populações indígenas da Amazônia, serão compartilhados os principais achados desta investigação, assim como serão entregues laudos individuais (contendo os resultados dos níveis de mercúrio identificados nas amostras de cabelo, e outras informações acerca das avaliações clínicas realizadas) às EMSI para serem repassados aos participantes (Anexo 8). Ademais, as EMSI serão orientadas a efetuar a notificação dos casos de exposição crônica ao mercúrio no módulo de Intoxicações Exógenas do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), do Ministério da Saúde.

## **4. RESULTADOS**

Ao final do trabalho foram incluídos no estudo 293 indígenas provenientes de nove aldeias, a saber: Caju, Castanha, Ilha, Ilihimakok, Lasasi, Milikowaxi, Porapi, Pewaú e Uxiú. Foram coletadas 287 amostras de cabelo e de células de mucosa oral de participantes. Além disso, foram coletadas 47 amostras de peixes e 14 amostras de água e sedimentos do rio Mucajá e afluentes para análise dos níveis de mercúrio.

### **4.1. Caracterização dos Domicílios e Aspectos Sociodemográficos da População de Estudo**

Ao todo foram realizadas entrevistas com 46 responsáveis pelos domicílios, sendo que 65% eram do sexo masculino. As idades variaram, sendo que 41% dos entrevistados tinham entre 21 e 39 anos e 48% entre 39 e 59 anos. Na aldeia Lasasi foram entrevistados 14 responsáveis por domicílios, sendo que 79% eram do sexo masculino. Somente na aldeia Pewaú a maioria dos responsáveis (60%) pelos domicílios eram mulheres (Tabela 2).

Carac- terísticas	Total		Castanha		Pewauá		Caju		Lasasi		Ilha		Porapi		Miliikowaxi		Ilihimakok		Uxiú		
	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	
Dados do Responsável pelo Domicílio																					
Sexo	30	65%	4	57%	4	40%	2	67%	11	79%	1	100%	4	80%	1	100%	3	100%	0	0%	
Masculino	16	35%	3	43%	6	60%	1	33%	3	21%	0	0%	1	20%	0	0%	0	0%	2	100%	
Feminino	46	100%	7	100%	10	100%	3	100%	14	100%	1	100%	5	100%	1	100%	3	100%	2	100%	
Faixa etária																					
21 a 39 anos	19	41%	3	43%	4	40%	1	33%	7	50%	0	0%	2	40%	0	0%	1	33%	1	50%	
40 a 59 anos	22	48%	4	57%	5	50%	2	67%	5	36%	0	0%	3	60%	0	0%	1	33%	1	50%	
Mais de 60 anos	5	11%	0	0%	1	10%	0	0%	2	14%	1	100%	0	0%	1	100%	1	33%	0	0%	
Tempo na aldeia																					
Menos de 1 ano	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	2	40%	0	0%	0	0%	0	0%	
01 a 5 anos	12	26%	7	100%	1	10%	1	33%	1	7%	0	0%	1	20%	1	100%	0	0%	0	0%	
5 a 10 anos	12	26%	0	0%	3	30%	2	67%	3	21%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	
10 ou mais	22	48%	0	0%	6	60%	0	0%	10	71%	1	100%	2	40%	1	100%	3	100%	2	100%	
Nº de adultos																					
De 1 a 2	2	4%	1	14%	1	10%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	
De 2 a 4	20	43%	3	43%	2	20%	1	33%	8	57%	1	50%	2	40%	1	50%	2	67%	2	100%	
Mais de 4	24	52%	3	43%	7	70%	2	67%	6	43%	1	50%	3	60%	1	50%	1	33%	0	0%	
<b>Total</b>	<b>46</b>	<b>100%</b>	<b>7</b>	<b>100%</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>	<b>3</b>	<b>100%</b>	<b>14</b>	<b>100%</b>	<b>2</b>	<b>100%</b>	<b>5</b>	<b>100%</b>	<b>2</b>	<b>100%</b>	<b>3</b>	<b>100%</b>	<b>2</b>	<b>100%</b>	
Nº de crianças < 5 anos																					
Nenhuma	1	2%	0	0%	0	0%	0	0%	1	7%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	
Apenas 1	7	15%	1	14%	1	10%	0	0%	1	7%	0	0%	1	20%	1	100%	2	67%	0	0%	
2 a 3	21	46%	5	71%	6	60%	1	33%	7	50%	1	50%	1	20%	0	0%	0	0%	1	50%	
Mais de 4	17	37%	1	14%	3	30%	2	67%	5	36%	1	50%	3	60%	0	0%	1	33%	1	50%	
<b>Total</b>	<b>46</b>	<b>100%</b>	<b>7</b>	<b>100%</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>	<b>3</b>	<b>100%</b>	<b>14</b>	<b>100%</b>	<b>2</b>	<b>100%</b>	<b>5</b>	<b>100%</b>	<b>1</b>	<b>100%</b>	<b>3</b>	<b>100%</b>	<b>2</b>	<b>100%</b>	
Dados dos demais adultos e crianças que residem no domicílio																					

**Tabela 2:** Caracterização demográfica (sexo e faixa etária) dos responsáveis por domicílio, tempo de residência na aldeia, número de adultos e número de crianças menores de 5 anos nos domicílios das aldeias Castanha, Pewauá, Caju, Lasasi, Ilha, Porapi, Miliikowaxi, Ilihimakok e Uxiú.

A maioria dos responsáveis pelos domicílios (48%) informou que vivia em suas respectivas aldeias há 10 anos ou mais (Tabela 2). Na aldeia Lasasi, 71% dos responsáveis pelos domicílios entrevistados informaram residir há 10 anos ou mais na localidade. Por sua vez, as famílias que viviam nas aldeias entre 1 e 5 anos e entre 5 e 10 anos, somados corresponderam à 52% dos entrevistados. Sendo que as proporções de moradores que vivem entre 5 e 10 anos foram maiores nas aldeias Castanha (100%), Milikowaxi (100%) e Caju (33%) (Tabela 2).

Na maioria dos domicílios entrevistados (52%) foi registrada a presença de pelo menos 4 adultos, sendo a maior frequência de adultos registrada nas aldeias Pewaú (70%), Caju (67%) e Porapi (60%). Por outro lado, em 43% dos domicílios entrevistados, foram registrados a presença de 2 a 4 adultos. Apenas nas aldeias Castanha e Pewaú foram reportados domicílios com apenas 1 a 2 moradores (Tabela 2).

Ao considerar o número de crianças com menos de 5 anos de idade, as entrevistas revelaram que em 46% dos domicílios residiam crianças de 2 a 3 anos de idade, e em 37% residiam crianças com 4 ou mais. Sendo que em somente uma casa da aldeia Lasasi o responsável pelo domicílio relatou não haver crianças (Tabela 2).

A informação sobre a renda da família foi pesquisada durante as entrevistas com os responsáveis pelo domicílio. Pouco mais de 40% dos entrevistados relataram ter renda mensal entre R\$1.000,00 a R\$ 2.000,00. Famílias com renda mensal de até R\$600,00 corresponderam a 35% dos domicílios entrevistados, e chama atenção que 7% relataram não ter nenhum tipo de renda. De outro lado, 15% dos entrevistados relataram renda mensal superior a R\$2.000,00 (Tabela 3).





e Uxiú), a renda dos domicílios era originária exclusivamente de benefícios sociais (Tabela 3). Apenas 28% dos entrevistados relataram receber salário regularmente. Todavia, nas aldeias Castanha, Lasasi e Porapi, 71%, 43% e 40% dos entrevistados, respectivamente, relataram receber salários (Tabela 3).

No que concerne à fonte de água para consumo das famílias, à presença de banheiro e ao destino de dejetos humanos (fezes e urina), as entrevistas revelaram que 61% das famílias consomem água diretamente do rio/igarapé, 70% não tem banheiro nos domicílios, e que 70% dos dejetos humanos são descartados em locais inapropriados, tais como no mato ou no entorno das casas (Tabela 3).

Considerando as entrevistas individuais, ao todo foram avaliados 293 indígenas, incluindo crianças e adultos, homens e mulheres. Deste total, 43 residiam na aldeia Castanha, 63 na aldeia Pewaú, 35 na aldeia Caju, 84 na aldeia Lasasi, 15 na aldeia Ilha, 35 na aldeia Porapi, 4 na aldeia Milikowaxi, 11 na aldeia Ilihimakok e somente 2 na aldeia Uxiú (Tabela 4).

Características Demográficas	Total		Castanha		Pewauá		Caju		Lasasi		Ilha		Porapi		Milikowaxi		Ilihimakok		Uxiú		
	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	
Sexo	132	45%	16	37%	32	51%	17	49%	38	45%	7	47%	15	43%	2	50%	5	45%	0	0%	
Masculino	161	55%	27	63%	31	49%	18	51%	46	55%	8	53%	20	57%	2	50%	6	55%	2	100%	
Feminino	293	100%	43	100%	63	100%	35	100%	84	100%	15	100%	35	100%	4	100%	11	100%	2	100%	
<b>Faixa Etária</b>																					
< 5 anos	65	22%	14	33%	10	16%	10	29%	19	23%	4	27%	7	20%	0	0%	0	0%	0	0%	
6 a 12 anos	56	19%	5	12%	14	22%	5	14%	17	20%	7	47%	8	23%	0	0%	0	0%	0	0%	
12 a 15 anos	35	12%	6	14%	11	17%	2	6%	7	8%	1	7%	4	11%	1	25%	3	27%	0	0%	
16 a 20 anos	26	9%	3	7%	6	10%	5	14%	7	8%	1	7%	3	9%	0	0%	1	9%	0	0%	
21 a 30 anos	42	14%	4	9%	8	13%	9	26%	13	15%	1	7%	6	17%	0	0%	0	0%	1	50%	
31 a 40 anos	13	4%	4	9%	1	2%	0	0%	5	6%	0	0%	1	3%	0	0%	2	18%	0	0%	
41 ou mais	48	16%	6	14%	10	16%	4	11%	13	15%	1	7%	6	17%	2	50%	5	45%	1	50%	
Idade Não informada	8	3%	1	2%	3	5%	0	0%	3	4%	0	0%	0	0%	1	25%	0	0%	0	0%	
<b>Crianças e Adultos</b>																					
Crianças	121	41%	19	44%	24	38%	15	43%	36	43%	11	73%	15	43%	0	0%	0	0%	0	0%	
Adultos	164	56%	23	53%	36	57%	20	57%	45	54%	4	27%	20	57%	3	75%	11	100%	2	100%	
Idade Não Informada	8	3%	1	2%	3	5%	0	0%	3	4%	0	0%	0	0%	1	25%	0	0%	0	0%	

**Tabela 4:** Características demográficas da população de estudo, segundo sexo, faixa etária e composição do domicílio, nas aldeias estudadas, região do alto rio Mucajá, Terra Indígena Yanomami, Roraima, outubro de 2022.

Com exceção da aldeia Pewaú, onde 51% dos indígenas avaliados eram homens, a maioria da população em estudo foi composta por mulheres, uma vez que do total de 293 indígenas avaliados, 45% eram do sexo masculino e 55% do sexo feminino. Em números absolutos, foram incluídos 132 homens e 161 mulheres (Tabela 4).

Nossos dados revelam que aproximadamente  $\frac{1}{4}$  da população estudada (22%) é composta por crianças menores de 5 anos de idade; 19% tinham entre 6 e 11 anos; 12% tinham entre 12 e 14 anos; e 9% tinham entre 16 e 19 anos. Ou seja, ao todo quase dois terços (62%) dos indígenas avaliados eram crianças e adolescentes com até 20 anos idade (Tabela 4). Por outro lado, apenas 16% da população tinha mais de 41 anos, revelando que a região do rio Mucajaí é habitada por uma população majoritariamente jovem (Tabela 4).

No que diz respeito à escolaridade, 77% dos entrevistados afirmaram ter frequentado a escola em algum momento da vida, no entanto, a maioria respondeu não saber ler e escrever em português. Nove por cento da população entrevistada disse que não frequentava a escola, e 14% responderam nunca ter entrado numa sala de aula durante toda a vida (Tabela 5). As maiores proporções de pessoas que relataram nunca ter frequentado a escola foram observadas nas aldeias Caju (23%), Castanha (21%) e Ilha (20%) (Tabela 5).

Características Demográficas	Total		Castanha		Pewaú		Caju		Lasasi		Ilha		Porapi		Milikowaxi		Ilihimakok		Uxiú		
	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	
<b>Escolaridade</b>																					
Frequentou a Escola	227	77%	26	62%	56	89%	23	66%	70	83%	12	80%	26	74%	3	75%	7	64%	2	100%	
Não Frequentou a Escola	25	9%	7	17%	2	3%	4	11%	3	4%	0	0%	4	11%	1	25%	4	36%	0	0%	
Nunca Frequentou a Escola	41	14%	9	21%	5	8%	8	23%	11	13%	3	20%	5	14%	0	0%	0	0%	0	0%	
<b>Atividades Laborais</b>																					
Pescador	92	24%	11	22%	26	27%	12	29%	20	20%	2	20%	13	25%	1	17%	6	24%	1	17%	
Agricultor	140	36%	19	38%	34	36%	13	32%	35	35%	4	40%	19	36%	3	50%	11	44%	2	33%	
Do Lar	96	25%	12	24%	22	23%	12	29%	24	24%	2	20%	13	25%	2	33%	7	28%	2	33%	
Estudante	46	12%	7	14%	12	13%	3	7%	16	16%	2	20%	5	9%	0	0%	1	4%	0	0%	
Professor	9	2%	1	2%	1	1%	1	2%	3	3%	0	0%	3	6%	0	0%	0	0%	0	0%	
Aposentado	3	1%	0	0%	0	0%	0	0%	3	3%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	
Desempregado	1	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	1	17%	
<b>Estado Civil</b>																					
Solteiro(a)	45	15%	7	16%	14	22%	6	17%	8	10%	2	13%	3	9%	1	25%	4	36%	0	0%	
Casado(a)	108	37%	15	35%	21	33%	13	37%	35	42%	2	13%	14	40%	2	50%	6	55%	0	0%	
Separado(a)	7	2%	1	2%	1	2%	1	3%	1	1%	0	0%	0	0%	0	0%	1	9%	2	100%	
Viúvo(a)	8	3%	1	2%	2	3%	0	0%	2	2%	0	0%	3	9%	0	0%	0	0%	0	0%	
Não se aplica	125	43%	19	44%	25	40%	15	43%	38	45%	11	73%	15	43%	1	25%	0	0%	0	0%	

**Tabela 5:** Caracterização do perfil de escolaridade, principais atividades laborais e estado civil da população de estudo das aldeias estudadas, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, outubro de 2022.

Quanto ao estado civil, pergunta aplicada apenas para os maiores de 12 anos, as respostas revelaram que 37% referiram estar casados, 15% solteiros, 2% separados e 3% viúvos (Tabela 5).

Considerando as atividades laborais desenvolvidas pelos entrevistados, é possível observar que a população indígena da região do alto rio é caracterizada basicamente por agricultores (36%), pessoas que se dedicam ao lar (25%) e pescadores (24%). Todavia, vale destacar que 12% dos entrevistados informaram ser estudantes. Nove pessoas referiram atuar como professores, e apenas três entrevistados disseram estar aposentados (Tabela 5). Vale lembrar que no questionário aplicado foi possível responder duas ou mais atividades desenvolvidas em suas respectivas aldeias.

De um total de 59 indígenas que responderam às perguntas relacionadas ao trabalho em garimpo de ouro, apenas um afirmou ser garimpeiro. Por outro lado, 24 indígenas relataram diferentes atividades no garimpo, incluindo trabalhos como piloto de barco, limpeza de ouro, transporte combustível e comida, e carregador. De um conjunto de nove indígenas que relataram ter contato com mercúrio, três disseram trabalhar com amálgama do ouro e outros seis informaram atividades distintas com diferentes graus de contato com mercúrio (Tabela 6). Dezesete indígenas relataram ainda ser extrativistas, exercendo atividades de exploração de madeira para construção de barcos e casas; além da produção de artesanatos.

Atividades Laborais	Total		Castanha		Pewau		Caju		Lasasi		Ilha		Porapi		Milikowaxi		Ilihimakok		Uxiú		
	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	Nº	(%)	
<b>Garimpo</b>																					
Garimpeiro	1	2%	0	0%	1	6%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	
Trabalha no Garimpo	24	41%	1	50%	6	38%	4	40%	9	45%	0	0%	3	33%	0	0%	1	50%	0	0%	
Outras atividades <sup>4</sup>	17	29%	1	50%	4	25%	4	40%	5	25%	0	0%	2	22%	0	0%	1	50%	0	0%	
<b>Extrativismo</b>																					
Extrativista	17	29%	0	0%	5	31%	2	20%	6	30%	0	0%	4	44%	0	0%	0	0%	0	0%	
<b>Total</b>	<b>59</b>	<b>100%</b>	<b>2</b>	<b>100%</b>	<b>16</b>	<b>100%</b>	<b>10</b>	<b>100%</b>	<b>20</b>	<b>100%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>9</b>	<b>100%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>2</b>	<b>100%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	
<b>Mercúrio</b>																					
Trabalha com Ouro	3	33%	0	0%	1	33%	0	0%	2	67%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	
Trabalha com Mercúrio	6	67%	0	0%	2	67%	1	100%	1	33%	0	0%	2	100%	0	0%	0	0%	0	0%	
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>100%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>3</b>	<b>100%</b>	<b>1</b>	<b>100%</b>	<b>3</b>	<b>100%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>2</b>	<b>100%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>0%</b>	

**Tabela 6:** Atividades laborais relacionadas ao garimpo relatadas pelos indígenas adultos, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, outubro de 2022.

<sup>4</sup> Piloto de Barco, limpar ouro, transportar combustível e comida, carregador.

## 4.2. Avaliação de saúde

Do conjunto de 293 indígenas entrevistados, foi possível realizar avaliação clínica completa em 289 participantes, sendo 83 residentes na aldeia Lasasi, 63 na aldeia Pewaú, 41 na aldeia Castanha, 35 na aldeia Porapi, 35 na aldeia Caju, 15 na aldeia Ilihimakoki, 11 na aldeia Ilha, 3 na aldeia Milikowaxi, e 3 na aldeia Uxiú.

Deste conjunto de participantes (n=289), 138 eram do sexo masculino (47,8%) e 151 do sexo feminino (52,2%), sendo que quatro mulheres entre 16 e 24 anos estavam grávidas. A amplitude de idade dos avaliados variou dos recém-nascidos aos 76 anos (média de  $19,7 \pm 17,8$  anos; mediana de 14 anos).

Vinte e quatro indígenas (8,3% do total que passaram por avaliação clínica) relataram ter alguma doença crônica: cinco reportaram tratamento para neoplasia; dois mencionaram ter problemas neurológicos; dois referiram tratamento para hipertensão; um disse ter diabetes; um referiu ter doença respiratória; um informou ter asma; um mencionou tratamento para calazar; três se queixaram de dores musculares e/ou articulares; um referiu ter gastrite; um relatou tratamento para otite cônica; houve 1 caso de síndrome de Down; um referiu ter tido tuberculose; um contou fazer tratamento para cardiopatia. Além disso, 26 indígenas relataram tratamento para doenças dermatológicas. Os problemas dermatológicos mais citados foram: abscessos, varicela, dermatite de contato, dermatite seborreica, escabiose, impetigo, leishmaniose, queimadura, prurido e micose.

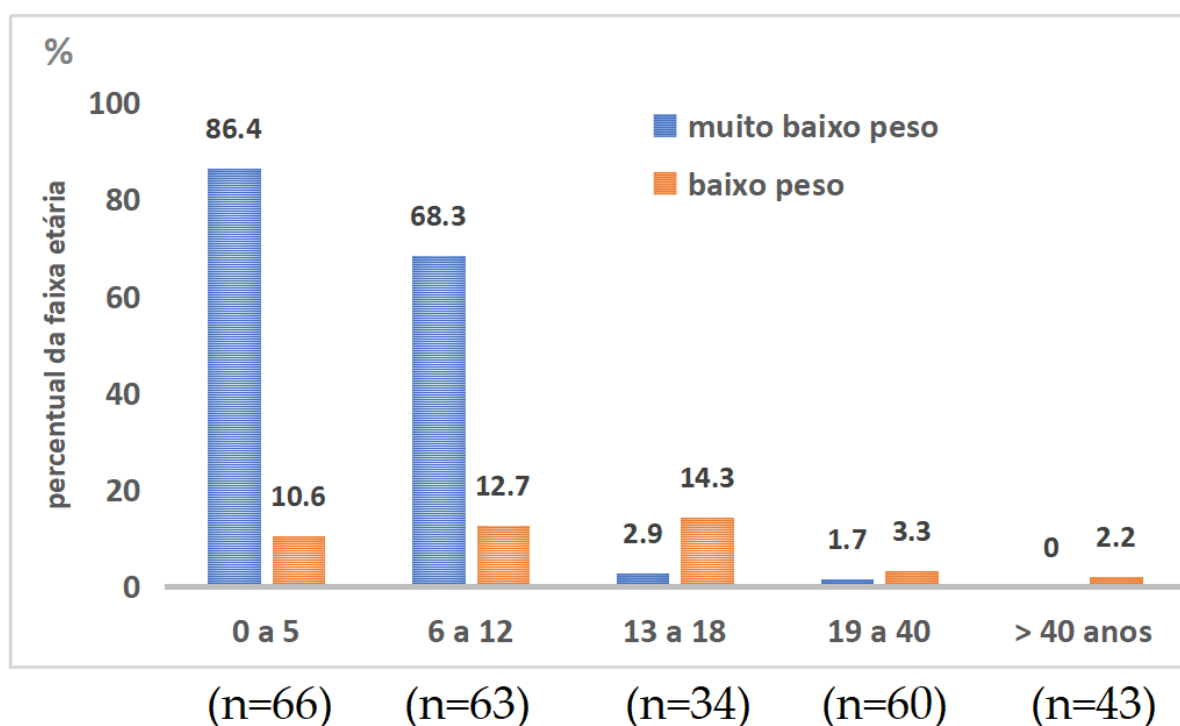
Dos 289 indígenas que passaram por avaliação clínica, 103 (35,6%) informaram que já haviam sido internados: 16 para tratamentos cirúrgicos (15,5% das internações); oito por problemas respiratórios (6 pneumonias e 2 não especificados) (7,8% das internações); oito para dar a luz (partos) (7,8% das internações); um (0,9% das internações) por cardiopatia (decorrente de Síndrome Down), sete (6,8% das internações) por neoplasia (todos os casos de câncer de colo de útero), dois por doenças neurológicas (não especificada) (1,9% das internações); além de outras causas de internação.

No que diz respeito às medidas de peso e estatura médias de duas aferições feitas para cada medida, o cálculo do **IMC** de 266 participantes (excluídas as gestantes, três participantes para os quais não havia medidas de peso e estatura), revelou alta frequência de indígenas abaixo do peso ideal (125 ou 47%), sendo 102 (37,9%) com muito baixo e 23 (8,6%) com baixo peso. Menos da metade dos participantes apresentaram peso considerado ideal para estatura (110 indivíduos ou 41,4% da amostra); 28 apresentaram sobrepeso (10,5%) e somente três algum grau de obesidade (1,1%).



Considerando a frequência de ocorrência de baixo ou muito baixo peso, não houve diferença entre sexo (masculino=50%; feminino=44,1%;  $p=0,337$ ).

Enfocando nas 125 crianças menores 12 anos de idade, 115 (92%) estavam abaixo do peso ideal, das quais, 15 (12%) tinham baixo peso, e 100 (80%) muito baixo peso. A frequência de muito baixo peso apresentou relação inversa com a idade ( $\chi^2=184,017$ ;  $p<0,001$ ). A frequência de baixo ou muito baixo peso foi elevada em praticamente todas as comunidades, com exceção de Milikowaxi, onde não foram obtidas medidas de peso e estatura dos participantes (Figura 4).



**Figura 4:** Percentuais de muito baixo peso e baixo peso para estatura de indígenas do povo Ninam, de acordo com a faixa etária, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, outubro de 2022.

Entre os 269 participantes para os quais foi realizado o teste para avaliar os níveis de hemoglobina, o valor médio foi 13,0g/dL com amplitude de 7,6 a 17,2g/dL. A prevalência de anemia foi 14,6% (40 indivíduos afetados), não havendo diferença na frequência entre homens (14,1%) e mulheres (15,6%) ( $\chi^2=0,126$ ,  $p=0,723$ ).

Foi possível observar uma associação inversa entre o IMC e os níveis de hemoglobina, sendo que 66,7% dos sujeitos com baixo ou muito baixo peso, 28,2% daqueles com peso ideal, 2,6% daqueles com sobrepeso e 2,6% dos obesos apresentaram anemia, respectivamente ( $\chi^2=10,263$ ,  $p=0,016$ ). A anemia foi significativamente mais frequente nas faixas etárias mais baixas ( $\chi^2=10,325$ ,  $p=0,035$ ), afetando com mais intensidade as crianças menores de 5 anos (Tabela 7).

Faixa etária (anos)	Nº testados	Nº anêmicos	% anemia
0-5	62	17	27,4
6-12	63	07	11,1
13-18	36	04	11,1
19-40	63	08	12,7
>40	45	04	8,9
<b>Total*</b>	<b>269</b>	<b>40</b>	<b>14,9</b>

**Tabela 7:** Número de indígenas do povo Ninam que realizaram testes para dosagem dos níveis de hemoglobina, de acordo com a faixa etária, e o percentual de casos identificados com anemia, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, outubro de 2022.

As comunidades que apresentaram as maiores frequências de anemia foram: Caju (24,2% dos 33 avaliados), Lasasi (17,3% dos 75 avaliados) e Pewaú (14,8% dos 61 avaliados). Os poucos representantes das aldeias Milikowaxi e Uxiú dificultam análises comparativas mais robustas (Tabela 8).

Aldeias	Nº de avaliados	% de anemia
Caju	33	8 (24,2%)
Castanha	37	3 (8,1%)
Ilha	18	2 (11,1%)
Ilihimakok	4	0 (0,0%)
Lasasi	75	13 (17,3%)
Milikowaxi	3	1 (33,3%)
Pewaú	61	9 (14,8%)
Porapi	35	3 (8,6%)
Uxiú	3	1 (33,3%)
<b>Total</b>	<b>269</b>	<b>40 (14,9%)</b>

**Tabela 8:** Número de indígenas do povo Ninam que realizaram testes para dosagem dos níveis de hemoglobina, de acordo com as aldeias de residência, e o percentual de casos identificados com anemia, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, outubro de 2022.

No que diz respeito a avaliação do perfil glicêmico, o valor médio dos níveis de glicemia casual dentre os 149 participantes testados foi de 94,3 mg/dL, com amplitude de variação entre 56 e 150 mg/dL. Portanto, nenhum resultado foi sugestivo da presença de diabetes nas aldeias avaliadas.

#### 4.2.1. Infecções sexualmente transmissíveis

Considerando a aplicação de testes rápidos para o diagnóstico de infecções sexualmente transmissíveis e malária, foram realizados 155 testes para HIV 1 e 2, 152

testes para sífilis, 155 testes para Hepatite C, 99 testes para Hepatite B, e 269 testes para malária (Tabela 9). Todos os testes apresentaram resultados negativos.

Testes rápidos utilizados	No. participantes testados
HIV 1 e 2	155
Sífilis	152
Hepatite C	155
Hepatite B	99
Malária	269

**Tabela 9:** Número de indígenas do povo Ninam que realizaram testes rápidos para o diagnóstico de infecções sexualmente transmissíveis e malária, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, outubro de 2022.

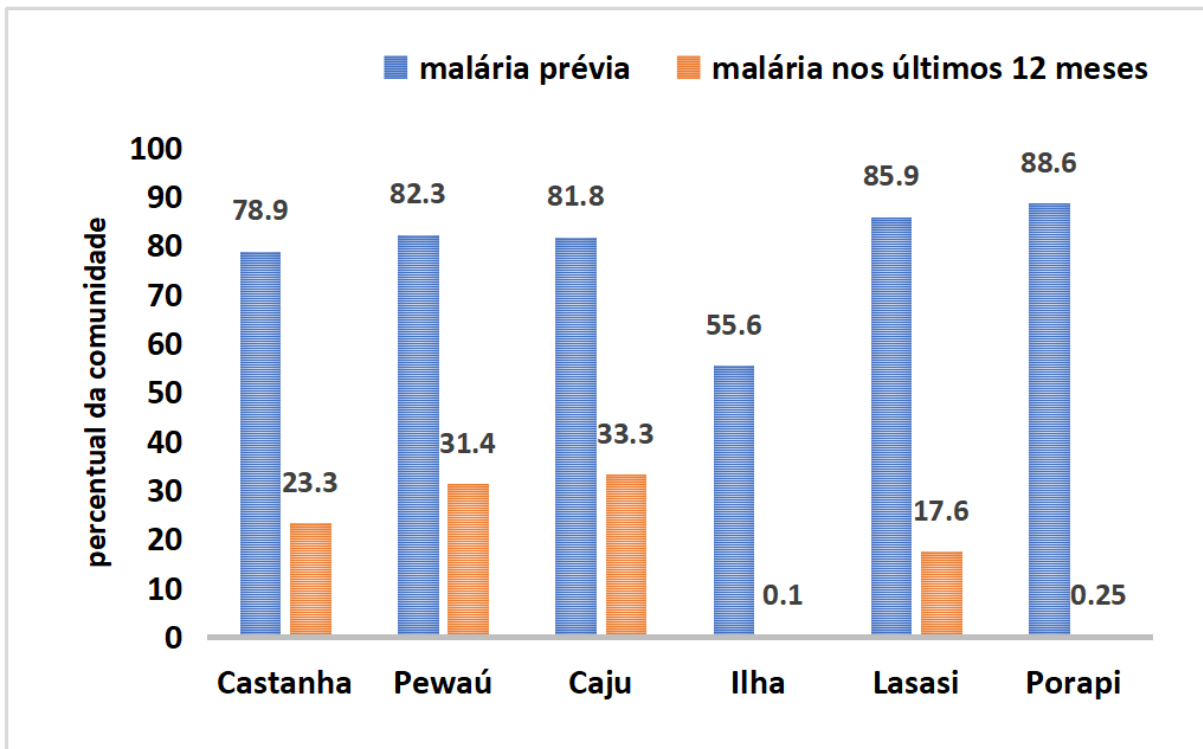
#### 4.2.2. Malária

Quatro testes rápidos para malária foram realizados em indivíduos sintomáticos (febre e mal-estar) que procuram pelo serviço de saúde, mas não foram entrevistados, e, portanto, não foram incluídos em nosso estudo. Dois destes testes apresentaram resultados positivos, um para *Plasmodium vivax* (numa mulher da Aldeia Thoripi) e um para *Plasmodium falciparum* (em outra mulher da Aldeia Thoripi).

De conjunto de 226 indígenas arguidos sobre o adoecimento anterior decorrente de malária, 223 (81,1%) informaram que já haviam tido pelo menos um episódio da doença na vida. Não houve diferença estatisticamente significativa ( $X^2: 1,263; p=0,261$ ) entre sexos em relação à história de adoecimento anterior por malária, sendo que 78,6% dos homens e 83,9% das mulheres entrevistados informaram ter tido ao menos um episódio da doença na vida.

Por sua vez, o número de vezes que o entrevistado relatou ter tido malária variou de 1 a 10 (média de  $2,75 \pm 1,89$ ). Também não houve diferença estatisticamente significativa entre sexos: com média de  $2,31 \pm 2,17$  casos de malária entre homens e  $2,16 \pm 1,84$  entre mulheres (teste T=0,598,  $p=0,328$ , IC95%: 0,334 – 0,626).

Excetuando as aldeias Uxiú, Milikowaxi, Ilihimakok, das quais foram incluídos três, três e quatro participantes, respectivamente, a frequência de indivíduos que relataram ao menos um episódio de malária na vida foi alta entre os representantes de todas as comunidades estudadas: Lasasi (85,9% em 68), Porapi (88,6% em 32), Pewaú (82,3% em 51), Caju (81,8% em 27), Castanha (78,9% em 30), Ilha (55,6% em 10) (Figura 5).



**Figura 5:** Frequência de indígenas do povo Ninam que relataram ao menos um episódio de adoecimento anterior por malária na vida (malária prévia) e nos últimos 12 meses, de acordo com a aldeia de residência, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, outubro de,2022.

**OBS:** foram excluídas da análise os residentes nas aldeias Uxiú, Milikowaxi, Ilihimakok, uma vez que havia apenas 3, 3 e 4 participantes, respectivamente.

Quando a pergunta se concentrou no adoecimento por malária nos últimos 12 meses, 55 entrevistados (24,7%) relataram ter tido a doença, não havendo diferença entre sexos, 26,7% entre homens e 22,3% entre mulheres ( $X^2 = 0,578$ ;  $p = 0,447$ ) (Figura 5). Três participantes estavam com malária na ocasião de nossa visita a região, todos diagnosticados com *Plasmodium vivax*; sendo duas crianças irmãs da aldeia Porapi (um menino de 4 anos e uma menina de 9 anos) e um homem de 69 anos da aldeia Lasasi. A frequência de indígenas que relataram ter tido malária nos últimos 12 meses nas comunidades foi a seguinte: Caju (33,3%), Pewaú (31,4%), Porapi (25%), Castanha (23,3%), Lasasi (17,6%), Ilha (10%). Não houve diferença entre comunidades ( $p = 0,519$ ).

Por fim, os indígenas foram indagados sobre o aumento da frequência de ocorrência de casos malária em sua comunidade no último ano. Dos 164 indígenas que responderam a esta pergunta, 123 (75%) informaram que houve aumento nos casos, dos quais 121 (98,4%) relataram que o aumento ocorreu no período chuvoso.

Todos os cassetes provenientes dos testes rápidos empregados para o diagnóstico de malária (que seriam descartados como resíduo infectante) foram utilizados para pesquisa de diagnóstico molecular, tendo como alvo o gene mitocondrial *cytb* de

*P. falciparum* e *P. vivax*. Conforme informado na seção 3. *Materiais e Métodos*, esse procedimento foi realizado no laboratório da Universidade de São Paulo, seguindo o protocolo descrito por BARROS *et al.* (2022).

O diagnóstico molecular revelou que de 273 testes realizados foi possível recuperar 32 casos positivos (11,7% do total), sendo 24 decorrentes de *Plasmodium vivax* (8,8% do total), 7 devidos ao *Plasmodium falciparum* (2,5% do total), e em um caso (0,7% do total) foi detectada a presença de malária mista, resultante da combinação de *Plasmodium vivax* e *falciparum* juntos (Tabela 10). Em outras palavras, o índice parasitário anual (IPA) registrado na região, apenas durante a permanência de nossa equipe (apenas 10 dias), atingiu a cifra de 117,2 casos para cada 1.000 habitantes.

Resultados dos testes PCR para diagnóstico de malária	Nº de testes realizados	Percentual
Negativo	241	88,3%
Positivo para <i>Plasmodium vivax</i>	24	8,8%
Positivo para <i>Plasmodium falciparum</i>	7	2,5%
Positivo para <i>Plasmodium vivax</i> e <i>falciparum</i>	1	0,4%
<b>Total de positivos</b>	<b>32</b>	<b>11,7%</b>

**Tabela 10:** Resultados dos testes PCR para diagnóstico de malária empregados entre o povo Ninam, região do alto rio Mucajá, Terra Indígena Yanomami, Roraima, outubro de 2022.

Vale lembrar que apesar das discrepâncias observadas na positividade dos casos de malária, entre as diferentes aldeias investigadas (Caju - 18,2%; Porapi – 14,3%; Ilha – 13,7%; Lasasi – 10,7%; Pewaú – 8,2%; Castanha – 8,1%; Ilhimakok, Milikowaxi e Uxiú – 0,0%, respectivamente), devido ao pequeno número de teste realizados em Milikowaxi, Porapi e Uxiú, não foi possível detectar diferenças estatisticamente significativas ( $p$ -valor =0.274, teste exato de Fisher).

#### 4.2.3. Avaliação Neurológica

Cento e cinquenta e quatro indígenas maiores de 11 anos (média de idade de 30,9 anos, mínimo 11,7, máximo 75,9 anos, desvio padrão 16,8) passaram por consulta clínica neurológica (56,5% mulheres e 43,5% homens), na qual foram realizadas avaliações cognitivas, avaliações de motricidade e avaliações somatossensoriais.

As avaliações cognitivas revelaram que 34,4% e 31,8% da população examinada apresentaram alterações no teste de fluência verbal e no teste do palito, respectivamente (Tabela 11). Vale lembrar que os déficits cognitivos foram mais frequentes nas mulheres do que nos homens, havendo diferença estatisticamente significativa no teste do palito (20,9% de alterações em homens, contra 40,2% nas mulheres;  $p$ -valor=0,011) (Tabela 11).

	Feminino		Masculino		Total		p-valor
<b>Avaliação Cognitiva</b>							
Fluência Verbal	n	%	n	%	n	%	0,084
Normal	52	59,8	49	73,1	101	65,6	
Alterada	35	40,2	18	26,9	53	34,4	
Total	87		67		154	100	
Teste do Palito					n	%	0,011
Normal	52	59,8	53	79,1	105	68,2	
Alterado	35	40,2	14	20,9	49	31,8	
Total	87		67		154	100	
<b>Avaliação Motora</b>							
Força Muscular					n	%	0,720
Normal	85	97,7	66	98,5	151	98,1	
Alterada	2	2,3	1	1,5	3	1,9	
Total	87		67		154	100	
Amiotrofia de Artelho					n	%	0,243
Não	85	97,7	63	94,0	148	96,1	
Sim	2	2,3	4	6,0	6	3,9	
Total	87		67		154	100	
Marcha					n	%	0,637
Normal	81	93,1	61	91,0	142	92,2	
Alterada	6	6,9	6	9,0	12	7,8	
Total	87		67		154	100	
Tônus muscular					n	%	0,212
Normal	85	97,7	67	100,0	152	98,7	
Alterado	2	2,3	0	0,0	2	1,3	
Total	87		67		154	100	
Bradicinesia					n	%	0,852
Normal	86	98,9	66	98,5	152	98,7	
Alterada	1	1,1	1	1,5	2	1,3	
Total	87		67		154	100	
<b>Avaliação somatossensorial</b>							
Reflexos Profundos					n	%	0,569
Normal	71	81,6	57	85,1	128	83,1	
Alterado	16	18,4	10	14,9	26	16,9	
Total	87		67		154	100	
Sensibilidade tátil distal					n	%	0,683
Normal	76	87,4	57	85,1	133	86,4	
Alterada	11	12,6	10	14,9	21	13,6	
Total	87		67		154	100	
Nociceção					n	%	0,620
Normal	74	85,1	55	82,1	129	83,8	
Alterada	13	14,9	12	17,9	25	16,2	
Total	87		67		154	100	
Sensibilidade Térmica					n	%	0,646

Normal	73	83,9	58	86,6	131	85,1	
Alterada	14	16,1	9	13,4	23	14,9	
Total	87		67		154	100	
Sensibilidade Profunda					n	%	0,051
Normal	83	95,4	58	86,6	141	91,6	
Alterada	4	4,6	9	13,4	13	8,4	
Total	87		67		154	100	
Polineuropatia Periférica					n	%	0,874
Não	60	69,0	47	70,1	107	69,5	
Sim	27	31,0	20	29,9	47	30,5	
Total	87		67		154	100	
Distúrbio de Fala					n	%	0,379
Não	86	98,9	67	100,0	153	99,4	
Sim	1	1,1	0	0,0	1	0,6	
Total	87		67		154	100	
Campimetria ocular					n	%	0,852
Normal	86	98,9	66	98,5	152	98,7	
Alterada	1	1,1	1	1,5	2	1,3	
Total	87		67		154	100	

**Tabela 11:** Características clínico-neurológicas de adultos indígenas, comparando sexos feminino e masculino, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, outubro de 2022.

A avaliação da motricidade revelou alterações de força e tônus muscular, bem como bradicinesia em menos de 2% dos indígenas avaliados. Apesar de não ter sido observada diferença estatisticamente significativa, houve maior frequência de alteração de força e no tônus muscular entre as mulheres em comparação aos homens (2,3% vs. 1,5%; e 2,3% vs. 0,0%, respectivamente) (Tabela 11). Por outro lado, distúrbios na marcha e amiotrofia de artelhos foram mais frequentes e acometeram mais os homens do que as mulheres (9,0 vs. 6,9%; e 6,0% vs. 2,3%, respectivamente) (Tabela 11).

Por sua vez, houve alterações somatossensoriais expressivas no exame clínico neurológico, com destaque para os casos de polineuropatia periférica que atingiram aproximadamente 30% dos indígenas avaliados, sem diferenças entre homens e mulheres (Tabela 11). Alterações em reflexos profundos, na sensibilidade tátil distal, na sensibilidade térmica e na nocicepção foram observadas em aproximadamente 15% dos participantes, com pequenas variações entre homens e mulheres (Tabela 11). Já as alterações na sensibilidade profunda afetaram uma proporção significativamente maior de homens, em contraste às mulheres (13,4% vs. 4,6%) (Tabela 11). Distúrbio da fala foi identificado em apenas uma mulher de 25 anos da aldeia Caju. Alterações na campimetria visual foram identificadas em uma adolescente de 13 anos da aldeia Castanha e em um homem de 66 anos da aldeia Lasasi.

A análise contrastando variáveis clínicas de indígenas com capacidade cognitiva normal e indígenas com capacidade cognitiva reduzida revelou que indígenas com capacidade cognitiva reduzida apresentam menores níveis de hemoglobina (13,3 mg/dL vs. 13,8 mg/dL; p-valor: 0,034), e níveis de mercúrio mais elevados (4,34 µg/g vs. 3,54 µg/g; p-valor: 0,002) (Tabela 12).

	Capacidade Cognitiva Reduzida (n=54)	Capacidade Cognitiva Normal (n=86)	p-valor
Sexo Feminino <sup>5</sup>	35 (64,8)	45 (52,3)	0,146
Idade (anos)	30,7 ± 17,2 (11,7-75,7)	30,9 ± 16,6 (11,8-74,7)	0,891
Renda mensal (R\$)	1415,69 ± 931,00 (400-3450)	1273,32 ± 970,03 (0-3000)	0,330
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	22,3 ± 2,6 (17,2-28,8)	22,8 ± 3,2 (17,1-33,1)	0,325
Hb (mg/dl)	13,3 ± 1,3 (10,4-16,4)	13,8 ± 1,4 (10,6-17,2)	0,034*
Níveis de glicemia (mg/dl)	94,2 ± 15,4 (61-136)	92,9 ± 18,1 (56-150)	0,542
Polineuropatia Periférica <sup>6</sup>	21 (38,9)	23 (26,7)	0,132
Níveis Hg (µg)	4,34 ± 1,65 (1,15-7,50)	3,54 ± 1,53 (1,17-10,11)	0,002*
Hg > 2µg	73 (84,9)	49 (90,7)	0,314
Hg > 6µg	8 (14,8)	4 (4,7)	0,059

**Tabela 12:** Características clínicas e demográficas dos indígenas adultos submetidos à avaliação neurológica, comparando indivíduos com capacidade cognitiva normal e indivíduos com capacidade cognitiva reduzida, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, outubro de 2022.

#### 4.2.4. Avaliação Pediátrica

Cento e vinte crianças com idades entre zero e 11 anos e 11 meses (média: 75,4 meses, desvio padrão: 39,4; mínimo: 3,0; máximo: 143,9 meses) foram incluídas na avaliação pediátrica. No momento das avaliações, 47 crianças (39,2%) tinham menos de 5 anos de idade, sendo que destas 13 (10,8% do total) tinham menos de 2 anos. Crianças de 6 a 9 anos e crianças de 10 a 12 anos incompletos representaram 35,8% e 25,0% da amostra, respectivamente. Houve discreto predomínio de meninos (52,5%) em comparação às meninas (47,5%), sem diferenças estatisticamente significativas entre as faixas de idade (Tabela 13).

<sup>5</sup> Valores apresentados como média ± desvio padrão (mínimo-máximo)

<sup>6</sup> Valores apresentados como n (%) Capacidade cognitiva reduzida foi considerada com pontuação < 7 no teste de memória tardia ou com pontuação < 12 no teste de fluência verbal. IMC – Índice de massa corporal; PAD – pressão arterial sistólica; PAD – pressão arterial diastólica; Hb – níveis de hemoglobina; Hg - mercúrio



Características clínicas	Feminino		Masculino		Total		p-valor
	n	%	n	%	n	%	
<b>Faixa etária (meses)</b>							<b>0,375</b>
0 -- 6	2	3,5	0	0,0	2	1,7	
6 -- 12	0	0,0	3	4,8	3	2,5	
12 -- 24	4	7,0	4	6,3	8	6,7	
24 -- 36	4	7,0	4	6,3	8	6,7	
36 -- 60	10	17,5	16	25,4	26	21,7	
60 --108	23	40,4	20	31,7	43	35,8	
108 --144	14	24,6	16	25,4	30	25,0	
Total	57		63		120		
<b>Internação anterior</b>							<b>0,337</b>
Não	37	64,9	46	73,0	83	69,2	
Sim	20	35,1	17	27,0	37	30,8	
Total	57		63		120		
<b>Vacinação em dia*</b>							<b>0,365</b>
Não	37	88,1	34	81,0	71	84,5	
Sim	5	11,9	8	19,0	13	15,5	
Total	42		42		83		
<b>Presença de Anemia</b>							<b>0,640</b>
Não	36	70,6	44	74,6	80	72,7	
Sim	15	29,4	15	25,4	30	27,3	
Total	51		59		110		
<b>Níveis de Hg no cabelo</b>							<b>0,438</b>
< 2,0µg/g	10	17,5	14	23,3	24	20,5	
≥2,0µg/g	47	82,5	46	76,7	93	79,5	
Total	57		60		117		
<b>Níveis de Hg no cabelo</b>							<b>0,919</b>
< 6,0µg/g	50	87,7	53	88,3	103	88,0	
≥6,0µg/g	7	12,3	7	11,7	14	12,0	
Total	57		60		117		
<b>Quociente de Inteligência Total</b>							<b>0,788</b>
Déficit de inteligência	15	55,6	17	54,8	32	55,2	
Limítrofe	10	37,0	10	32,3	20	34,5	
Mediano Inferior	2	7,4	3	9,7	5	8,6	
Mediano	0	0,0	1	3,2	1	1,7	
Total	27		31		58		

**Tabela 13:** Características clínicas de crianças indígenas Ninam, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, outubro de 2022.

A maior parte das crianças residia na aldeia Lasasi (51,3%), seguidas das aldeias Porapi (21,1%), Pewaú (20,8%) e Caju (12,5%). Aproximadamente 2/3 das famílias das crianças avaliadas informaram receber renda acima de R\$600,00 (64,2%); 32,5% informaram renda de até R\$600,00; e 3,3% alegaram não ter qualquer rendimento. Não havendo diferença estatisticamente significativa entre as famílias de meninas e meninos ( $p$ -valor:0,975) (Tabela 14).

Características Sociodemográficas	Feminino		Masculino		Total		p-valor
	n	%	n	%	n	%	
<b>Aldeia de residência</b>							<b>0,909</b>
Castanha	8	14,0	5	7,9	13	10,8	
Pewaú	11	19,3	14	22,2	25	20,8	
Cajú	6	10,5	9	14,3	15	12,5	
Ilha	2	3,5	2	3,2	4	3,3	
Ilhimakok	3	7,7	4	10,8	7	9,2	
Lasasi	18	46,2	21	56,8	39	51,3	
Porapi	8	20,5	8	21,6	16	21,1	
Uxiu	1	2,6	0	0,0	1	1,3	
Total	57	47,5	63	52,5	120		
<b>Renda mensal da família</b>							<b>0,975</b>
Sem renda	2	3,5	2	3,2	4	3,3	
Renda até R\$600,00	19	33,3	20	31,7	39	32,5	
Renda acima de R\$600,00	36	63,2	41	65,1	77	64,2	
Total	57		63		120		
<b>Frequência regular à escola</b>							<b>0,333</b>
Não se aplica	1	1,8	4	6,3	5	4,2	
Não	17	29,8	22	34,9	39	32,5	
Sim	39	68,4	37	58,7	76	63,3	
Total	57		63		120		
<b>Dificuldades de aprendizado na escola</b>							<b>0,445</b>
Não respondeu	18	31,6	27	42,9	45	37,5	
Não sabe	3	5,3	2	3,2	5	4,2	
Não	28	49,1	23	36,5	51	42,5	
Sim	8	14,0	11	17,5	19	15,8	
Total	57		63		120		
<b>Come peixe regularmente</b>							<b>0,118</b>
Não	9	15,8	5	7,9	14	11,7	
Sim	48	84,2	58	92,1	106	88,3	
Total	57		63		120		
<b>Comeu peixe nas últimas 24 horas</b>							<b>0,340</b>
Não	40	70,2	39	61,9	79	65,8	
Sim	17	29,8	24	38,1	41	34,2	
Total	57		63		120		
<b>Consome castanha regularmente</b>							<b>0,623</b>
Não	6	10,5	5	7,9	11	9,2	
Sim	51	89,5	58	92,1	109	90,8	
Total	57		63		120		

**Tabela 14:** Características sociodemográficas de crianças indígenas Ninam, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, outubro de 2022.

A maioria dos responsáveis (63,3%) informou que seu(sua) filho(a) frequenta regularmente a escola na aldeia, havendo um discreto predomínio de meninas (68,4%), quando comparadas aos meninos (58,7%). No entanto, 15,8% dos responsáveis alegaram que o(a) filho(a) tem dificuldades em se manter na escola, sendo o maior percentual de dificuldades observado nos meninos (p-valor:0,445) (Tabela 14).

No que diz respeito a alimentação, 88,3% dos responsáveis informaram que os(as) filhos(as) comem peixes regularmente, com discreto predomínio entre os meninos (92,1%), quando comparados às meninas (84,2) (p-valor:0,118) (Tabela 14). Todavia, quando arguidos sobre o consumo de pescados nas últimas 24 horas, os responsáveis informaram que somente 34,2% das crianças havia comido peixes. Novamente com discreto predomínio entre os meninos (38,1%) (p-valor:0,340) (Tabela 14). Por fim, 90,8% dos responsáveis informaram que as crianças ingerem castanhas com regularidade.

Aproximadamente 1/3 dos responsáveis informou que o(a) filho(a) havia sido internado ao menos uma vez, sendo a proporção de internações ligeiramente maior entre as meninas (35,1%), quando comparadas aos meninos (27,0%) (p-valor:0,337) (Tabela 13).

Cerca de 1/3 dos responsáveis (n=36; 30,0% do total) alegou não possuir a caderneta de saúde da criança. Dentre aqueles que apresentaram a caderneta de saúde para conferência (n=84), foi possível perceber que apenas 15,5% das crianças estavam com as vacinas do calendário nacional de imunização em dia. Sendo que o percentual de cobertura vacinal foi levemente maior entre os meninos (19,0%), quando comparado com as meninas (11,9%) (p-valor:0,365) (Tabela 13).

O nível médio de hemoglobina entre as crianças testadas (n=110) foi 12,1g/dL (desvio padrão: 1,3; mínimo: 7,6; máximo: 16,4 g/dL) e a prevalência de anemia atingiu a cifra de 27,3%, com discreto predomínio entre as meninas (29,4%), em relação aos meninos (25,4%) (p-valor:0,640) (Tabela 13). Nas aldeias Lasasi, Caju e Ilha foram identificadas as maiores prevalências, onde 38,2%, 33,3% e 25,0% das crianças apresentavam anemia, respectivamente.

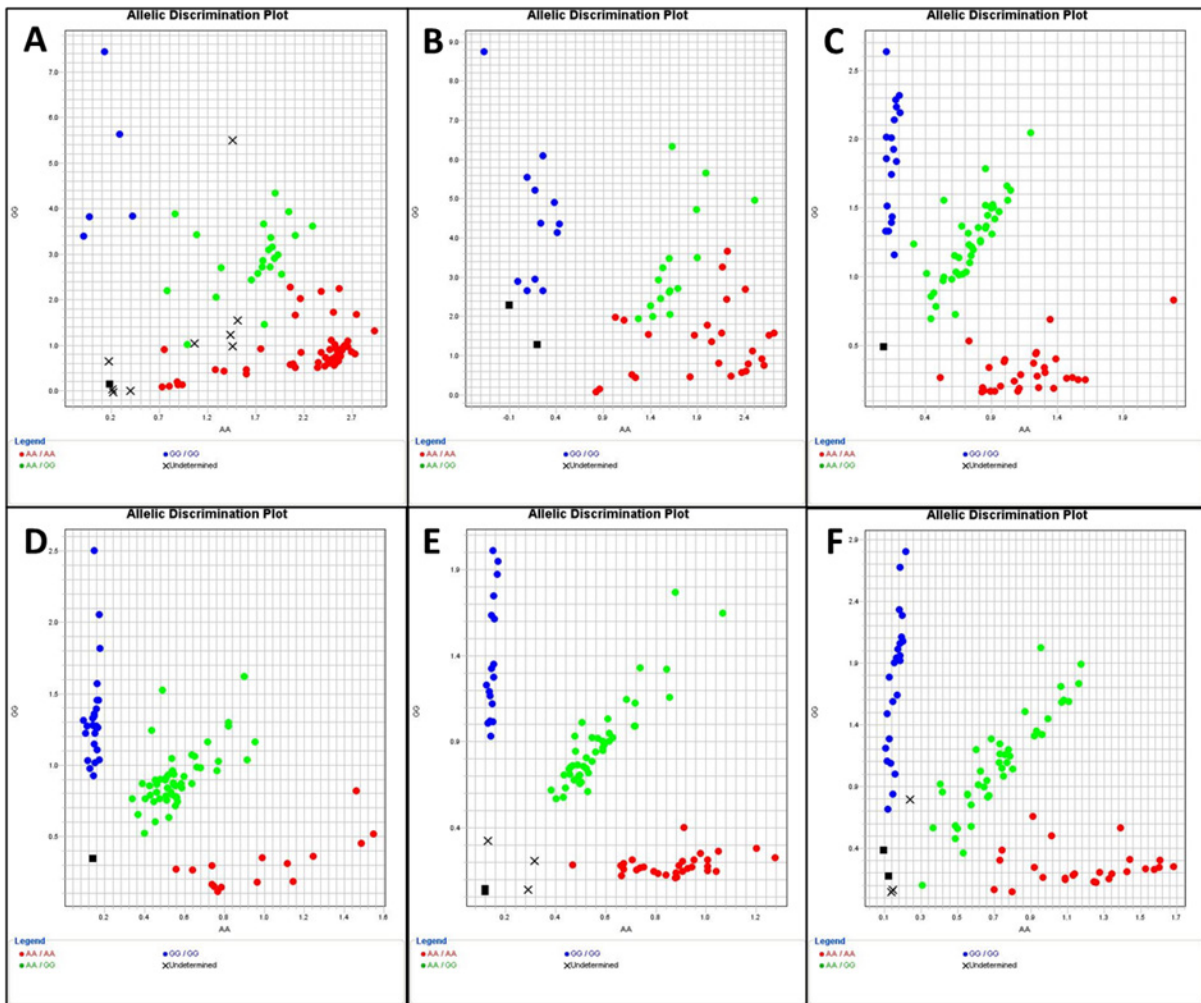
A análise do estado nutricional indica que a média do indicador de peso para idade foi -1,9 escores-Z (desvio padrão: 0,9; mínimo: -4,2; máximo: 0,2); a média do indicador de estatura para idade foi -2,6 escores-Z (desvio padrão: 1,0; mínimo: -5,7; máximo: -0,3); e a média do IMC foi -0,2 escores-Z (desvio padrão: 0,7; mínimo: -1,6; máximo: 2,23), revelando que 43,8% das crianças apresentam déficits de peso para idade, e 77,3% apresentam déficits de estatura para idade.

Por fim, foram aplicados 58 testes de neurodesenvolvimento, sendo 32 SON-R e 26 WASI. Dentre as 58 crianças para as quais foi possível estimar o Quociente de Inteligência Total (QIT), o valor médio foi 68,6, com variação de 42 a 92 pontos (mediana: 69,5; desvio padrão: 10,5; percentil-25: 60,7 pontos; percentil-50:69,5 pontos; percentil-75: 77 pontos). Desta forma, 55,2% das crianças avaliadas apresentaram déficit de inteligência; 34,5% foram considerados limítrofes; 8,6% com índice mediano inferior. Não havendo diferenças estatisticamente significativas entre sexos (p-valor: 0,788; Tabela 13). Apenas um menino de sete anos, residente na aldeia Lasasi, apresentou índice de inteligência considerado mediano para a idade.

#### 4.2.5. Polimorfismos genéticos

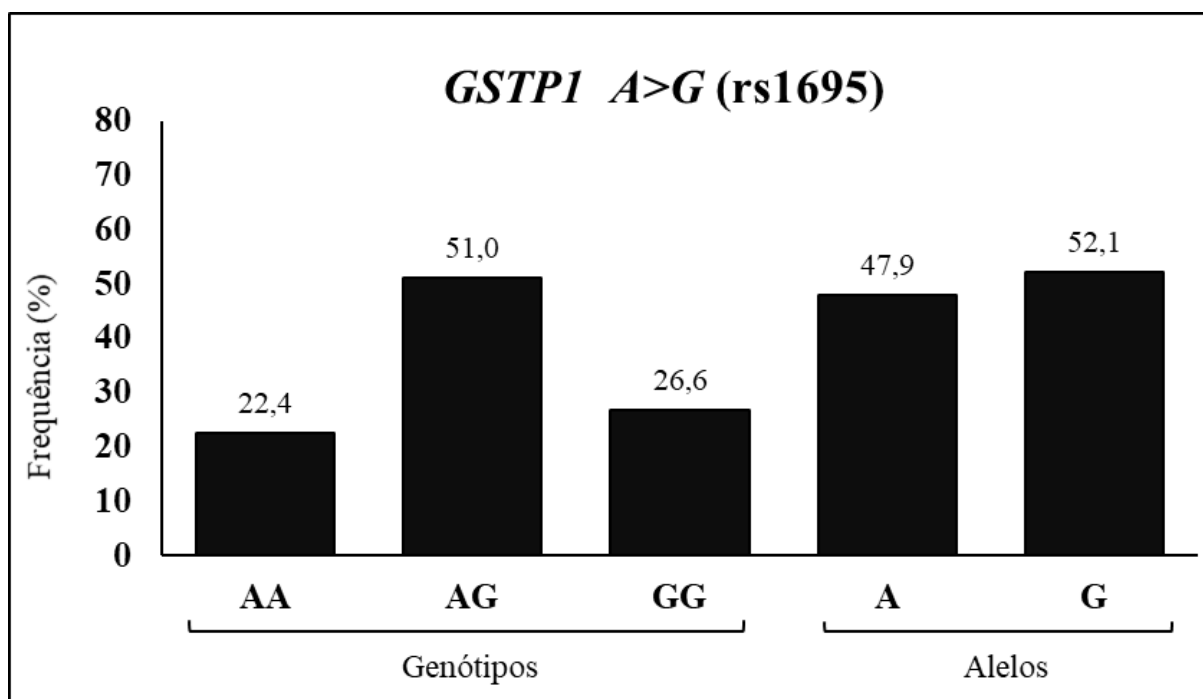
Todas as 290 amostras coletadas do povo Ninam da região do alto rio Mucajá amplificaram com sucesso, sendo possível determinar o genótipo *GSTP1 rs1695* em 100% das amostras. A frequência dos genótipos *GSTP1 rs1695 AA*, *AG* e *GG* está em equilíbrio de Hardy-Weinberg (HWE), indicando que não há fatores evolutivos alterando a frequência dos alelos ao longo das gerações (Figura 6). A Figura 6 ilustra as análises realizadas para estabelecimento da metodologia e identificação dos indivíduos, mostrando que foi encontrado um valor de  $p = 0,70$  para análise do HWE para a população analisada.

A frequência dos alelos e genótipos do polimorfismo *GSTP1 rs1695* na população indígena Yanomami está descrita na Figura 7. Nosso grupo já demonstrou que o alelo *GSTP1 rs1695 A* mostrou-se associado com altos níveis de mercúrio ( $\geq 6,0\mu\text{g/g}$ ) em amostras de cabelo do povo indígena Munduruku ( $p=0,007$ ;  $\text{OR}=0,4$ ;  $95\%\text{IC}:0,2-0,8$ ) (SILVA *et al.*, 2023).



**Figura 6:** Análise dos polimorfismos pela técnica de PCR em tempo real utilizando o sistema TaqMan. A-B: Estabelecimento da metodologia de genotipagem para análise de polimorfismos. C-F: Metodologia estabelecida após ajuste de concentração dos reagentes e condições de amplificação da PCR. (■) Controle negativo. Os círculos azuis, que apresentam alta fluorescência da sonda “G” são os indivíduos com genótipo homocigoto GG. Os círculos vermelhos, que apresentam alta fluorescência da sonda “A” são os homocigotos AA e os círculos verdes são os heterocigotos GA, já que apresentam fluorescência de ambas as sondas. Os quadrados pretos são os controles negativos (água), que não devem apresentar amplificação de PCR. (X) corresponde as amostras indeterminadas, necessitando de ajustes na metodologia para identificação do genótipo dos indivíduos.

Assim, é crucial avaliar o impacto desse polimorfismo nos níveis de mercúrio e nos sinais/sintomas neurológicos de populações expostas ao mercúrio, como é o caso também dos Yanomami. Nesta análise, identificamos que a frequência do alelo *GSTP1 rs1695 A*, associado anteriormente com níveis de mercúrio acima do limite permitido pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 2017), foi de 47,9% no povo indígena Yanomami/Ninam, sendo que 22,4% (n=65) deles apresentam o genótipo *GSTP1 rs1695 AA* e 51,0% (n=148) o genótipo heterocigoto *GSTP1 rs1695 AG*, totalizando 213 (73,4%) indígenas Yanomami com genótipo *GSTP1 rs1695 AA+AG*. Vale lembrar que este genótipo mostrou-se associado com os altos níveis de mercúrio entre o povo indígena Mundurucu ( $p < 0,001$ ; OR = 0,1 e CI95% = 0,03–0,4) (SILVA *et al.*, 2023).



**Figura 7:** Distribuição de frequência do polimorfismo GSTP1 rs1695 nos 290 indígenas Ninam, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, outubro de 2022.

A identificação de indivíduos suscetíveis à níveis elevados de mercúrio no corpo e sua associação com sinais e sintomas neurológicos decorrentes da exposição ao metal, com base no perfil genético, pode auxiliar no monitoramento de populações vulneráveis e expostas ao mercúrio.

As populações indígenas da Amazônia estão amplamente expostas aos potenciais malefícios causados pela exposição ao mercúrio, sendo imprescindível o investimento contínuo para que mais estudos sejam realizados a fim de subsidiar e aprimorar serviços, planos, programas e/ou políticas de saúde pública que atendam de modo adequado as populações sob risco.

#### **4.2.6. Níveis de exposição ao mercúrio em amostras de cabelo**

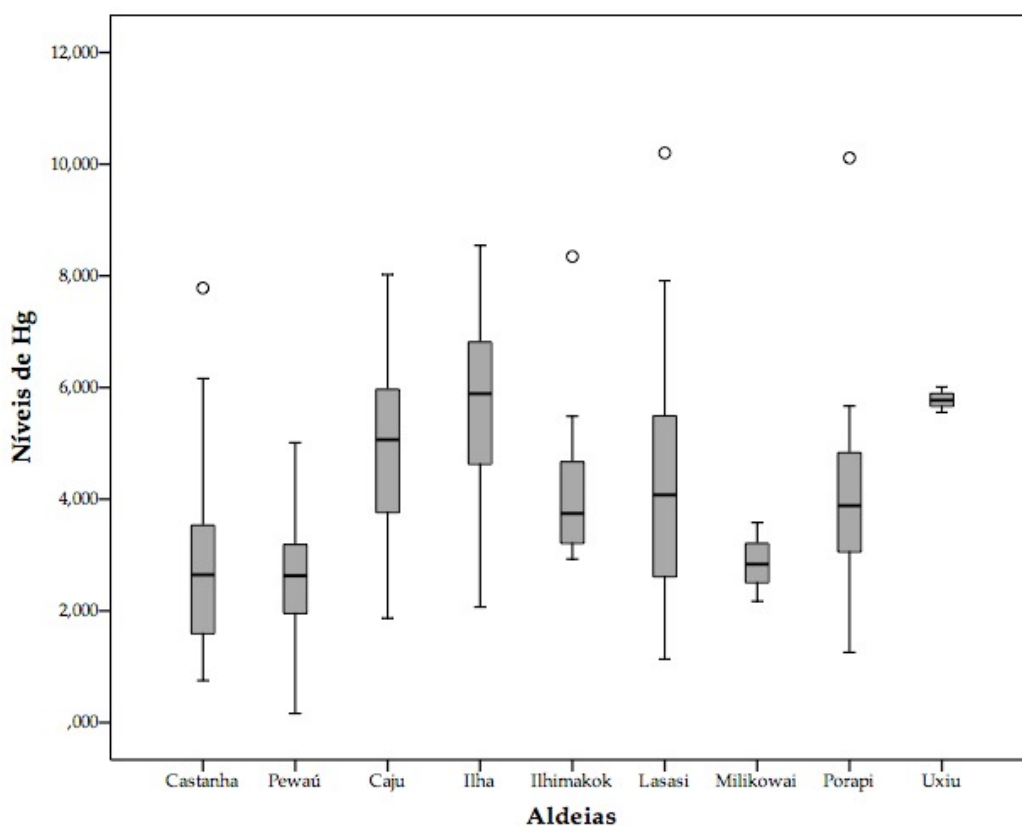
Em todas as amostras de cabelo dos 287 indígenas do povo Ninam que vivem na região do alto rio Mucajaí foram detectadas concentrações de mercúrio: em homens, mulheres, crianças, adultos e idosos, sem exceção. Os níveis de mercúrio variaram de 0,1616 a 10,2017 µg/g (média: 3,7823 µg/g; mediana: 3,4890 µg/g; desvio padrão: 1,7737) (Tabela 15), e não houve diferença estatisticamente significativa nos níveis de mercúrio entre homens e mulheres (teste de Kruskal Wallis:3,137; p-valor:0,077), tampouco entre adultos e crianças (teste de Kruskal Wallis:3,761; p-valor:0,055) (Tabela 16; Figuras 9 e 10).

Aldeias	Nº avaliados	Média	Desvio padrão	Mediana
Uxiu	3	5,7798	0,2278	5,7716
Ilha	11	5,5439	1,8952	5,8894
Caju	34	5,0053	1,5263	5,0659
Lasasi	82	4,2249	1,8810	4,0766
Ilhimakok	15	4,1659	1,4211	3,7440
Porapi	35	3,9244	1,5603	3,8843
Castanha	41	2,9022	1,5651	2,6465
Milikowai	3	2,8632	0,7046	2,8357
Pewaú	63	2,5901	0,9026	2,6292
Total	287	3,7824	1,7738	3,4890

**Tabela 15:** Estatística descritiva dos níveis de Hg, segundo aldeia investigada, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, Brasil, outubro de 2022.

Os níveis de exposição ao mercúrio variaram de acordo com as aldeias estudadas, apresentando a seguinte distribuição média: Uxiú (5,7798 $\mu\text{g/g}$ ), Ilha (5,5439 $\mu\text{g/g}$ ), Caju (5,0053 $\mu\text{g/g}$ ), Lasasi (4,2249 $\mu\text{g/g}$ ), Ilhimakok (4,1659 $\mu\text{g/g}$ ), Porapi (3,9244 $\mu\text{g/g}$ ), Castanha (2,9022 $\mu\text{g/g}$ ), Milikowaxi (2,8632 $\mu\text{g/g}$ ), e Pewaú (2,5901 $\mu\text{g/g}$ ) (Teste de Kruskal Wallis:78,642; p-valor<0,001) (Tabela 15; Figura 8).

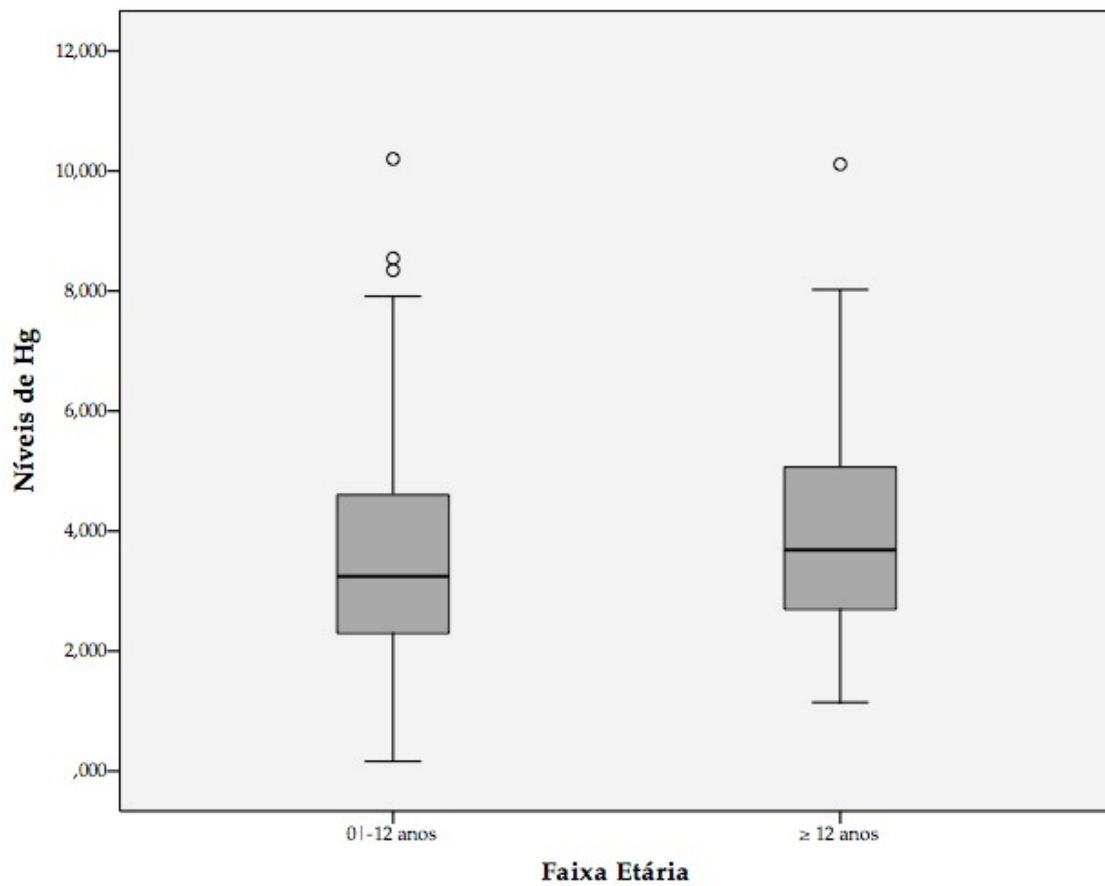




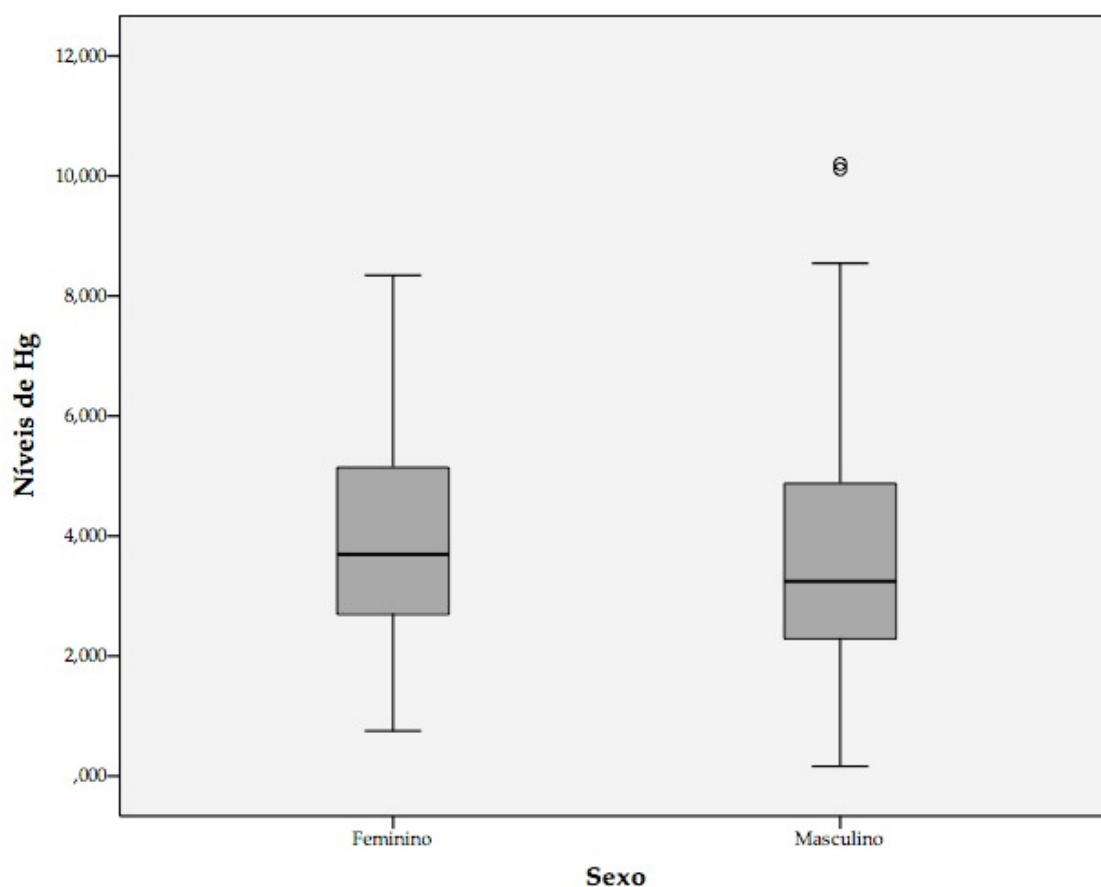
**Figura 8:** Diagrama de caixas (boxplot) dos níveis de Hg, segundo aldeia investigada, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, outubro de 2022.

	n	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mín.	Máx.	≥2,0µg/g	≥6,0µg/g
População total	287	3,7823	1,7737	3,4890	0,1616	10,2017	84,0%	10,8%
Crianças < 12 anos	124	3,5989	1,8727	3,2452	0,1616	10,2017	79,0%	10,5%
Adultos ≥ 12 anos	163	3,9219	1,6871	3,6842	1,1446	10,1129	87,7%	11,0%
Homens	136	3,6682	1,9434	3,2452	0,1616	10,2017	80,9%	12,5%
Mulheres	151	3,8851	1,6053	3,6951	0,7529	8,3462	86,8%	9,3%

**Tabela 16:** Estatística descritiva dos níveis de Hg, segundo faixa etária e sexo da população estudada, prevalência de exposição ao Hg ≥2,0µg/g e 6,0µg/g, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, Brasil, outubro de 2022.



**Figura 9:** Diagrama de caixas (boxplot) dos níveis de Hg, segundo faixa etária ( $\geq 12$  e  $<12$  anos) dos participantes investigados, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, Brasil, outubro de 2022.



**Figura 10:** Diagrama de caixas (boxplot) dos níveis de Hg, segundo sexo (feminino vs. masculino) dos participantes investigados, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, Brasil, outubro de 2022.

Em média, a prevalência de exposição acima de  $2,0\mu\text{g/g}$  atingiu 84,0% dos participantes ( $n=241$ ), enquanto a prevalência média de exposição acima  $6,0\mu\text{g/g}$  afetou 10,8% dos participantes ( $n=31$ ). As maiores prevalências acima de  $2,0\mu\text{g/g}$  foram observadas nas aldeias Ilhimakok ( $n=15$ ; 100%), Ilha ( $n=11$ ; 100%); Milikowaxi ( $n=3$ ; 100%); Uxiú ( $n=3$ ; 100%); Caju (33/34; 97,1%); Porapi (34/35; 97,1%); Lasasi (70/82; 85,4%); Pewaú (46/63; 73,0%); e Castanha (26/41; 63,4%) ( $p\text{-valor}<0,001$ ) (Tabela 17).

Aldeias	Nº avaliados	Níveis de Hg $\geq$ 2,0 $\mu$ g/g			Níveis de Hg $\geq$ 6,0 $\mu$ g/g		
		n	%	p-valor	n	%	p-valor
Castanha	41	26	63,4	0,001	2	4,9	0,001
Pewaú	63	46	73,0		0	0,0	
Caju	34	33	97,1		8	23,5	
Ilha	11	11	100,0		4	36,4	
Ilhimakok	15	15	100,0		1	6,7	
Lasasi	82	70	85,4		14	17,1	
Milikowai	3	3	100,0		0	0,0	
Porapi	35	34	97,1		1	2,9	
Uxiu	3	3	100,0		1	33,3	
<b>Total</b>	<b>287</b>	<b>241</b>	<b>84,0</b>		<b>31</b>	<b>10,8</b>	
<b>Renda da Família</b>							
> R\$600,00	182	146	80,2	0,023	14	7,7	0,025
$\leq$ R\$600,00	105	95	90,5		17	16,2	
<b>Total</b>	<b>287</b>	<b>241</b>	<b>84,0</b>		<b>31</b>	<b>10,8</b>	
<b>Sexo</b>							
Feminino	151	131	86,8	0,176	14	9,3	0,379
Masculino	136	110	80,9		17	12,5	
<b>Total</b>	<b>287</b>	<b>241</b>	<b>84,0</b>		<b>31</b>	<b>10,8</b>	
<b>Faixa etária</b>							
0 -12 anos	124	98	79,0	0,047	13	10,5	0,881
$\geq$ 12 anos	163	143	87,7		18	11,0	
<b>Total</b>	<b>287</b>	<b>241</b>	<b>84,0</b>		<b>31</b>	<b>10,8</b>	

**Tabela 17:** Características sociodemográficas dos participantes, de acordo com níveis de exposição ao mercúrio  $\geq$ 2,0 $\mu$ g/g e 6,0 $\mu$ g/g, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, Brasil, outubro de 2022.

Quando se consideram os níveis de exposição acima de 6,0 $\mu$ g/g, as diferenças entre as aldeias permanecem significativas, sendo as maiores prevalências registradas nas seguintes aldeias: Ilha (4/11; 36,4%); Uxiú (1/3; 33,3%); Caju (8/34; 23,5%); Lasasi (14/82; 17,1%); Ilhimakok (1/15; 6,7%); Castanha (2/41; 4,9%); e Porapi (1/35; 2,9%) (p-valor<0,001). Nas aldeias Milikowaxi (n=3) e Pewaú (n=63) não foi possível detectar casos com níveis de exposição acima de 6,0 $\mu$ g/g (Tabela 17).

Considerando alguns indicadores socioeconômicos, famílias com renda mensal menor que R\$600,00 apresentaram prevalências de exposição ao mercúrio acima

de 2,0µg/g e 6,0µg/g significativamente maiores que as famílias que relataram renda superior a R\$600,00 mensais (90,5% vs. 80,2%; 16,2% vs. 7,7%, respectivamente) (p-valor 0,023 e p-valor 0,025, respectivamente) (Tabela 17).

Não houve diferença nas prevalências de exposição ao mercúrio acima de 2,0µg/g e 6,0µg/g entre sexos (Tabela 17). Mesmo não havendo diferença significativa nas médias de exposição ao mercúrio (como variável contínua) entre adultos e crianças, quando se considera apenas a prevalência de exposição acima de 2,0µg/g, percebe-se uma diferença estatística: 79,0% em menores de 12 anos, contra 87,7% em maiores de 12 anos (p-valor: 0,047) (Tabela 17).

Em relação às variáveis clínicas estudadas e sua associação com as prevalências de exposição ao mercúrio, nota-se que houve diferença estatisticamente significativa somente no que diz respeito ao índice de massa corporal (IMC). A prevalência de exposição ao mercúrio acima de 2,0µg/g atinge 90,3% das pessoas com estado nutricional considerado normal (eutrofia), em contraste a 81,8% das pessoas com algum grau de sobrepeso e 78,1% das pessoas com algum grau de desnutrição (p-valor: 0,033) (Tabela 18). Em tese, pessoas com desnutrição tem uma ingestão reduzida de proteínas, e conseqüentemente espera-se uma diminuição na ingestão de pescados contaminados por mercúrio.

IMC	Nº avaliados	Níveis de Hg $\geq$ 2,0 $\mu$ g/g			Níveis de Hg $\geq$ 6,0 $\mu$ g/g		
		n	%	p-valor	n	%	p-valor
Eutrofia	124	112	90,3	0,033	13	10,5	0,954
Sobrepeso /Obesidade	33	27	81,8		4	12,1	
Desnutrição	114	89	78,1		13	11,4	
Total	271	228	84,1		30	11,1	
Níveis tensionais							
Normal	150	130	86,7	0,338	16	10,7	0,644
HAS	6	6	100,0		1	16,7	
Total	156	136	87,2		17	10,9	
Níveis hemoglobina							
Normal	204	173	84,8	0,499	24	11,8	0,375
Anemia	64	52	81,3		5	7,8	
Total	268	225	84,0		29	10,8	
Níveis de Glicemia							
< 100 mg/dL	86	77	89,5	0,094	9	10,5	0,806
$\geq$ 100 mg/dL	42	33	78,6		5	11,9	
Total	128	110	85,9		14	10,9	
Doença Crônica							
Não	263	220	83,7	0,623	28	10,6	0,779
Sim	24	21	87,5		3	12,5	
Total	287	241	84,0		31	10,8	
História Internação							
Não	185	156	84,3	0,827	20	10,8	0,994
Sim	102	85	83,3		11	10,8	
Total	287	241	84,0		31	10,8	
História Malária							
Não	66	52	78,8	0,191	5	7,6	0,336
Sim	221	189	85,5		26	11,8	
Total	287						

**Tabela 18:** Características clínicas dos participantes, de acordo com níveis de exposição ao mercúrio  $\geq$ 2,0 $\mu$ g/g e 6,0 $\mu$ g/g, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, Brasil, outubro de 2022.

Para as demais condições clínicas consideradas (níveis de hemoglobina, níveis de glicemia, níveis de pressão arterial, relato de doença crônica, história anterior de

internação e história anterior de malária) não foram observadas diferenças significativas entre as prevalências de exposição ao mercúrio acima de 2,0µg/g e acima de 6,0µg/g (Tabela 18). No entanto, vale frisar que nos seis casos diagnosticados com hipertensão arterial sistêmica (HAS), os níveis de mercúrio reportados foram acima de 2,0µg/g.

Reforçando o achado acima, quando se contrastam os níveis médios de pressão arterial sistólica (PAS) entre indígenas com níveis de exposição ao mercúrio acima e abaixo de 2,0µg/g, percebe-se que no grupo com maior exposição ao mercúrio ( $\geq 2,0\mu\text{g/g}$ ), o nível médio de PAS é 110,03 mmHg, enquanto no grupo com menor exposição ao mercúrio ( $< 2,0\mu\text{g/g}$ ) o nível médio de PAS é 108,18 mmHg (Teste-F: 4,078; p-valor: 0,045) (Tabelas 19).

Variáveis	Exposição ao Hg	Participantes	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Teste F	p-valor
Renda	< 2,0µg/g	46	1385,63	880,77	129,86	0,371	0,543
	$\geq 2,0 \mu\text{g/g}$	241	1247,85	924,55	59,56		
Idade	< 2,0µg/g	46	14,46	12,96	1,91	9,366	0,002
	$\geq 2,0 \mu\text{g/g}$	241	21,27	18,24	1,17		
Peso	< 2,0µg/g	43	32,53	18,57	2,83	0,263	0,609
	$\geq 2,0 \mu\text{g/g}$	229	35,69	17,99	1,19		
Estatura	< 2,0µg/g	43	123,72	29,57	4,51	0,312	0,577
	$\geq 2,0 \mu\text{g/g}$	229	127,10	27,53	1,82		
PAS Sistólica	< 2,0µg/g	20	108,18	11,80	1,01	4,078	0,045
	$\geq 2,0 \mu\text{g/g}$	136	110,03	7,58	1,69		
PAS Diastólica	< 2,0µg/g	20	73,50	7,26	1,62	2,503	0,116
	$\geq 2,0 \mu\text{g/g}$	136	69,97	9,87	0,85		
Hemoglobina	< 2,0µg/g	43	12,33	1,39	0,21	0,980	0,323
	$\geq 2,0 \mu\text{g/g}$	225	12,58	1,59	0,11		
Glicemia	< 2,0µg/g	20	102,20	18,13	4,05	0,357	0,551
	$\geq 2,0 \mu\text{g/g}$	126	93,33	17,35	1,55		

**Tabela 19:** Características clínicas e sociodemográficas dos participantes, de acordo com níveis de exposição ao mercúrio ( $\geq 2,0\mu\text{g/g}$  vs.  $< 2,0\mu\text{g/g}$ ), região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, Brasil, outubro de 2022.

Fenômeno semelhante ocorre com a idade dos participantes, para a qual indígenas com maior exposição ao mercúrio ( $\geq 2,0\mu\text{g/g}$ ) tem idade média 21,27 anos, enquanto indígenas com menor exposição ao mercúrio ( $< 2,0\mu\text{g/g}$ ) tem idade média 14,46 anos. Para as demais variáveis (renda, peso, estatura, pressão arterial diastólica, hemoglobina e glicemia) testadas de modo contínuo, ou seja, sem categorização, não houve diferenças estatisticamente significativas, quando contrastados indígenas com níveis de exposição ao mercúrio acima e abaixo de 2,0µg/g (Tabelas 19).

No modelo final de regressão de Poisson, considerando associações com os níveis de exposição ao mercúrio acima de  $2,0\mu\text{g/g}$ , foram incluídas as variáveis aldeia de residência, renda e níveis de pressão arterial.

Tomando como referência a aldeia Pewaú, local onde foram registradas as menores médias de exposição ao mercúrio ( $2,5901\ \mu\text{g/g}$ ) (Tabela 15), percebe-se que os indígenas que vivem em Milikowaxi, em Porapi, em Ilhimakok, no Caju, na Ilha e em Uxiú apresentam prevalências de exposição ao mercúrio acima de  $2,0\mu\text{g/g}$  42,6%; 40,6%; 37,2%; 35,5%; 39,9% e 27,6% maiores que a reportada em Pewaú, respectivamente. Embora não tenha apresentado significância estatística no modelo final, a variável renda foi mantida para controle de confundimento, e revelou que famílias com rendimento mensal abaixo de R\$600,00 apresentam prevalências de exposição ao mercúrio 11,8% maiores que as famílias com rendimento mensal acima de R\$600,00. Por fim, nos indígenas com diagnóstico de hipertensão arterial sistêmica, prevalências de exposição ao mercúrio acima de  $2,0\mu\text{g/g}$  são 14,3% mais frequentes do que nos indígenas com níveis de pressão arterial normal (Tabela 20).



Variáveis	RP Buta (IC 95%)	p-valor	RP Ajustada (IC 95%)	p-valor
<b>Aldeia</b>				
Pewaú	1		1	
Milikowai	1,370 (1,179-1,591)	0,001	1,426 (1,154-1,763)	0,001
Castanha	0,869 (0,659-1,145)	0,318	0,988 (0,718-1,369)	0,942
Porapi	1,330 (1,133-1,562)	0,001	1,406 (1,140-1,734)	0,001
Ilhimakok	1,370 (1,179-1,591)	0,001	1,372 (1,131-1,664)	0,001
Lasasi	1,169 (0,982-1,392)	0,08	1,212 (0,985-1,491)	0,070
Caju	1,329(1,131-1,562)	0,001	1,355 (1,127-1,629)	0,001
Ilha	1,370 (1,179-1,591)	0,001	1,399 (1,143-1,711)	0,001
Uxiu	1,370 (1,179-1,591)	0,001	1,276(1,072-1,518)	0,006
<b>Renda</b>				
> R\$600,00	1		1	
≤ R\$600,00	1,128 (1,025-1,240)	0,013	1,118 (0,975-1,282)	0,110
<b>Sexo</b>				
Feminino	1		--	
Masculino	0,932 (0,841-1,033)	0,181	--	--
<b>Faixa etária</b>				
0 -12 anos	1		--	
≥ 12 anos	1,110 (0,997-1,236)	0,057	--	--
<b>Hipertensão Arterial</b>				
Não	1		1	
Sim	1,154 (1,084-1,229)	0,001	1,143 (1,017-1,285)	0,024
<b>Malária</b>				
Não	1		--	
Sim	1,085 (0,947-1,244)	0,239	--	--

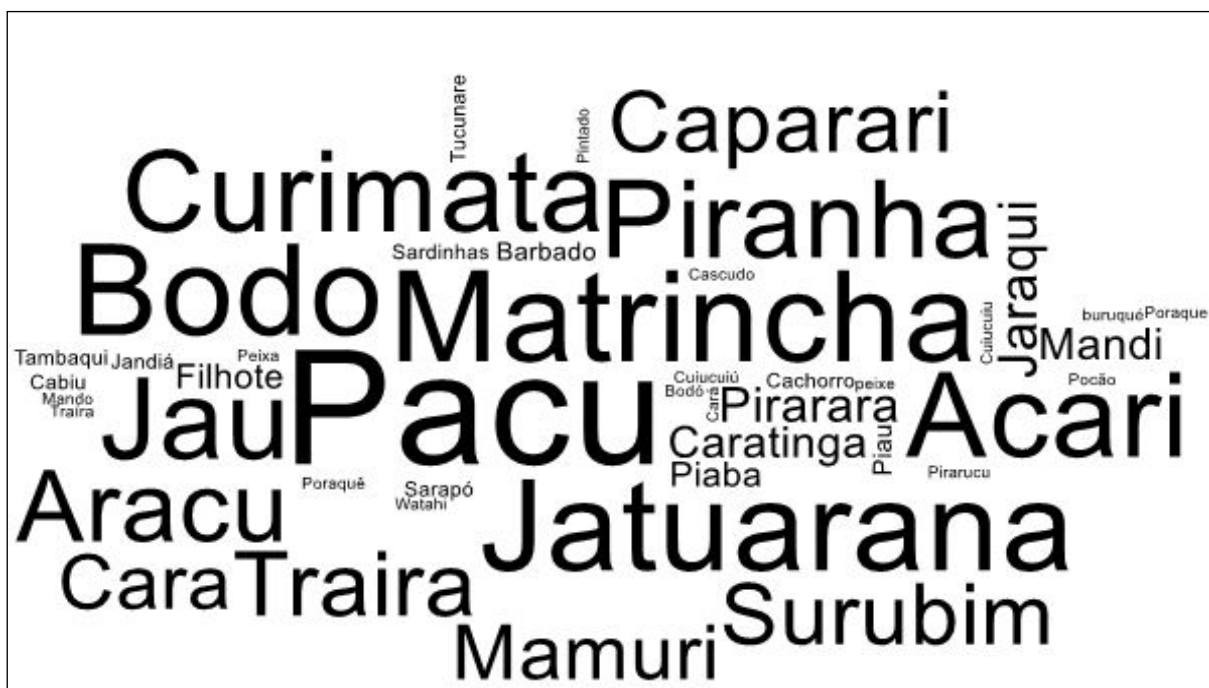
**Tabela 20:** Regressão de Poisson buscando associações dos níveis de exposição ao mercúrio ( $\geq 2,0\mu\text{g/g}$ ) e características clínicas e sociodemográficas, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, Brasil, outubro de 2022.

#### 4.2.7. Níveis de exposição ao mercúrio em amostras de pescado

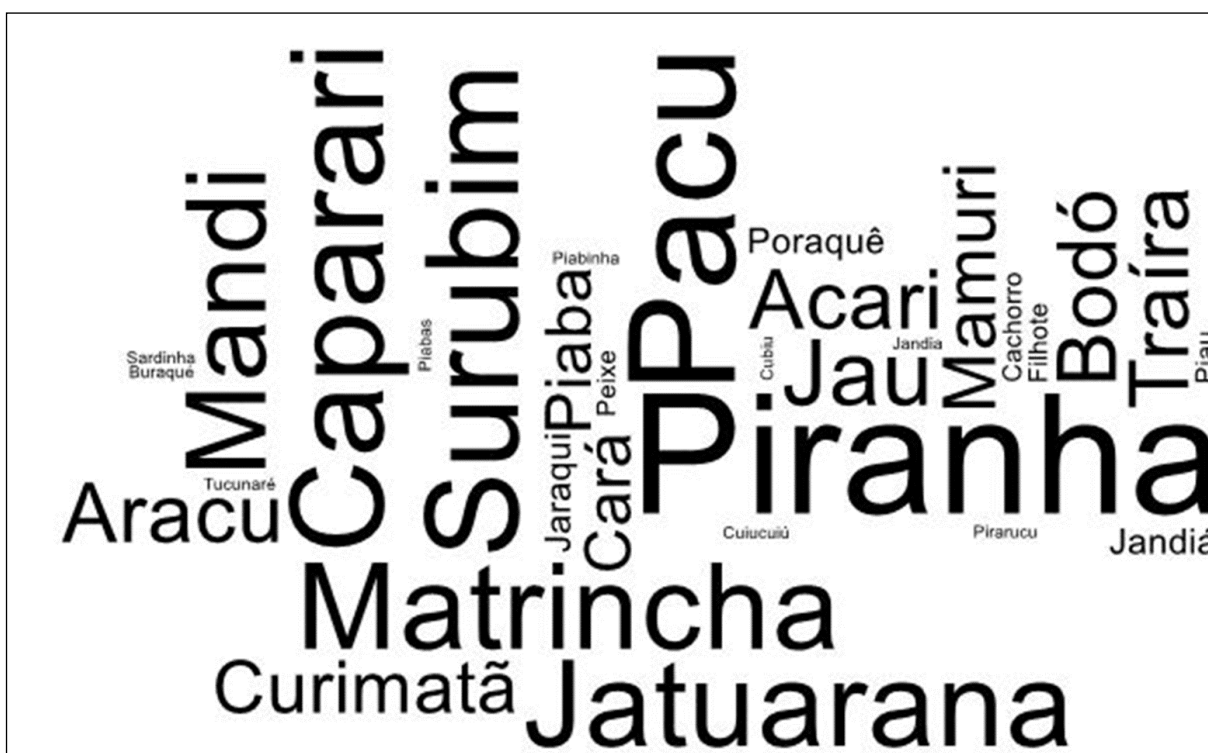
Durante as entrevistas como os indígenas foram citados os peixes mais frequentemente consumidos pelas comunidades investigadas nas estações seca e chuvosa. Os resultados revelam uma ampla variedade de pescados na dieta do povo Ninam da região do alto rio Mucajaí. Os peixes mais consumidos podem ser observados nas nuvens de palavras que seguem nas Figuras 11 e 12. Na estação seca, ganham des-

taque matrinchã, pacu, jatuarana, bodó, curimatã, acari, piranha, caparari, jaú, entre outros. Já na estação chuvosa, piranha, caparari, surubim, pacu, mandi, entre outros pescados citados (Figuras 11 e 12).

Por sua vez, a caracterização geral dos peixes capturados pelos pescadores Ninam, em parceria com nossos pesquisadores, durante o trabalho de campo, revela que foram incluídos no estudo um total de 47 exemplares de pescados, regularmente consumidos pela população local. Os pescados capturados representam 14 diferentes espécies, de três níveis tróficos distintos, sendo 27 peixes carnívoros, 9 onívoros e 11 detritívoros (Tabela 21).



**Figura 11:** Peixes mais frequentemente consumidos durante a estação seca, de acordo com o relato dos participantes das aldeias investigadas, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, Brasil, outubro de 2022.



**Figura 12:** Peixes mais frequentemente consumidos durante a estação chuvosa, de acordo com o relato dos participantes das aldeias investigadas, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, Brasil, outubro de 2022.

Nossos achados revelam que todas as amostras de peixes coletadas apresentaram contaminação por mercúrio. Os níveis de contaminação nos pescados variaram de 0,021 a 0,535  $\mu\text{g}$  de Hg para cada grama de tecido muscular, com média geral de 0,147  $\mu\text{g/g}$  (mediana: 0,108; desvio padrão: 0,135). A concentração média de mercúrio nos pescados apresentou diferenças estatisticamente significativas, de acordo com o nível trófico: detritívoros ( $n=11$ ; 0,046 $\mu\text{g/g}$ ); onívoros ( $n=9$ ; 0,170 $\mu\text{g/g}$ ), e carnívoros ( $n=27$ ; 0,181 $\mu\text{g/g}$ ) (Teste de Kruskal Wallis: 17,117;  $p\text{-valor}<0,001$ ), confirmando o fenômeno da biomagnificação na cadeia trófica alimentar (Tabela 22; Figura 13).

Nome popular	Nome científico	n	Peso (Médio) <sup>7</sup>	Peso (Min-Máx)	Comprimento Padrão (Média) <sup>8</sup>	Comprimento Padrão (Min-Máx)	Hg <sup>9</sup> (Média)	Hg (Min-Máx)	Nível trófico
Mandubé	<i>Ageneiosus inermis</i>	3	541,7	500-600	34,0	(33,5-35,0)	0,385	(0,209-0,535)	Carnívoro
Braço-de-moça	<i>Hemisorubim platyrhynchos</i>	2	359,5	315-404	31,9	(30,4-33,3)	0,335	(0,183-0,487)	Carnívoro
Peixe-cachorro	<i>Hydrolycus armatus</i>	1	1394,0	NA	46,5	NA	0,334	NA	Carnívoro
Mandí joão-duro	<i>Megalonema platycephalum</i>	4	107,3	30-250	18,4	(12,8-29,3)	0,214	(0,092-0,478)	Carnívoro
Piranha	<i>Serrasalmus sp.</i>	2	283,0	225-341	21,0	(20,0-22,0)	0,197	(0,117-0,334)	Carnívoro
Piranha-vermelha	<i>Pristobrycon striolatus</i>	4	60,8	37-117	12,1	(10,9-15,0)	0,155	(0,045-0,453)	Carnívoro
Sarapó	<i>Stenopygus sp.</i>	9	110,1	33-385	32,6	(24,2-51,0)	0,082	(0,046-0,158)	Carnívoro
Jundiá	<i>Leiarius pictus</i>	1	1395,0	NA	48,0	NA	0,077	NA	Carnívoro
NI	<i>Pimelodella sp.</i>	1	18,0	NA	12,3	NA	0,040	NA	Carnívoro
Mandí	<i>Pimelodus blochii</i>	7	58,4	30-127	14,6	(12,3-19,6)	0,183	(0,118-0,293)	Onívoro
Acaratinga	<i>Geophagus sp.</i>	1	119,0	NA	15,2	NA	0,143	NA	Onívoro
Arari	<i>Chalceus epakros</i>	1	52,0	NA	14,0	NA	0,108	NA	Onívoro
Curimatá	<i>Prochilodus nigricans</i>	8	211,3	124-360	20,6	(17,0-24,0)	0,055	(0,037-0,075)	Detritívoro
Acarí-bodó	<i>Hypostomus plecostomus</i>	3	105,3	86-127	16,1	(14,7-17,2)	0,025	(0,021-0,031)	Detritívoro

**Tabela 21:** Caracterização dos pescados coletados região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, Brasil, outubro de 2022.

<sup>7</sup> Peso em gramas

<sup>8</sup> Comprimento em centímetros

<sup>9</sup> Dosagem de Hg em micrograma por grama [µg/g]

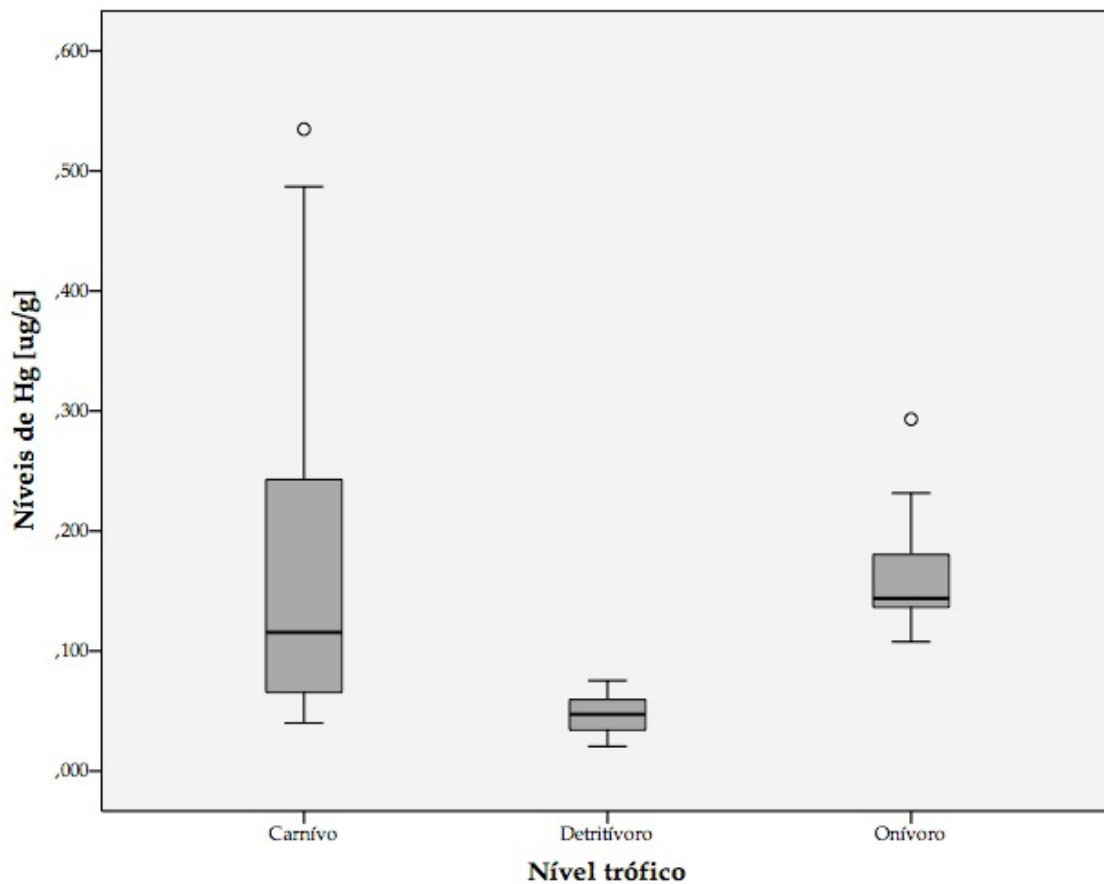
Como era esperado, as maiores concentrações de mercúrio foram registradas nos peixes carnívoros, sendo que mandubé (*Ageneiosus inermis*), braço-de-moça (*Hemisorubim platyrhynchos*) e peixe-cachorro (*Hydrolycus armatus*) foram as espécies mais afetadas, com níveis médios de Hg de 0,385µg/g, 0,335µg/g e 0,334µg/g, respectivamente (Tabela 21).

De outro lado, Acari-bodó (*Hypostomus plecostomus*) e Curimatã (*Prochilodus nigricans*), ambos detritívoros, foram as espécies que apresentaram as menores concentrações de mercúrio em seu tecido muscular (Tabela 21).

Peixes onívoros como Mandí (*Pimelodus blochii*), Acaratinga (*Geophagus sp.*) e Arari (*Chalceus epakros*) apresentaram concentrações médias de mercúrio de 0,183µg/g, 0,143µg/g e 0,108µg/g, respectivamente (Tabela 21).

	n	Média	Desvio Padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Todos os peixes	47	0,147	0,135	0,108	0,021	0,535
Detritívoros	11	0,046	0,018	0,047	0,021	0,075
Onívoros	9	0,170	0,059	0,144	0,108	0,293
Carnívoros	27	0,181	0,159	0,116	0,040	0,535

**Tabela 22:** Caracterização do nível trófico e estatística descritiva dos níveis de Hg nos pescados coletados região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, Brasil, outubro de 2022.



**Figura 13:** Diagrama de caixas (boxplot) dos níveis de Hg, segundo nível trófico dos pescados coletados região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, Brasil, outubro de 2022.

#### 4.2.7.1. Risco à saúde atribuído ao consumo de pescados contaminados

A análise do risco atribuível ao consumo de pescado revelou que a ingestão diária de mercúrio excedeu a dose de referência preconizada pela U.S.EPA (0,1 µg/kg pc/dia) nos quatros extratos populacionais analisados: i) homens  $\geq 18$  anos; ii) mulheres de 10 a 49 anos; iii) crianças de 5 a 12 anos; e iv) crianças de 2 a 5 anos (Tabela 23).

Em síntese, a ingestão de mercúrio foi de 2,1 a 3,1 vezes maior do que a dose de referência preconizada pela U.S.EPA. Enfocando nos extratos populacionais mais vulneráveis aos efeitos do mercúrio, mulheres em idade fértil, crianças de 6 a 12 anos e crianças de 2 a 5 anos ingerem 2,7; 2,9 e 2,1 vezes mais mercúrio do que a dose considerada segura pela agência de proteção ambiental norte americana (Tabela 23).

Dados participantes estudo Mucajaí	Média (kg)	Média Consumo Peixes /Proteínas (g)	Massa de Hg Ingerida (mg)	Dose Ingerida (mg)	Massa de Hg (µcg)	Quociente de Risco EPA
Homens ≥ 18 anos	55,35	112,2	0,017097979	0,000308907	0,31	3,1
Mulheres de 10 a 49 anos (70 %)	45,13	78,5	0,011968586	0,000265202	0,27	2,7
Crianças de 6 a 12 anos (35%)	20,93	39,3	0,005984293	0,000285919	0,29	2,9
Crianças de 2 a 5 anos (15%)	12,33	16,8	0,002564697	0,000208005	0,21	2,1

**Tabela 23:** Avaliação de risco atribuído ao consumo de pescado contaminado, região do alto rio Mucajaí, Terra Indígena Yanomami, Roraima, Brasil, outubro de 2022.

#### 4.2.8. Níveis de exposição ao mercúrio em águas e sedimentos

A análise das amostras de água não revelou contaminação por mercúrio. Porém, em quatro amostras os valores ultrapassaram os limites estabelecidos pela Resolução 357 do Conama para ferro (Fe) (0,300 mg/L) e em uma amostra ultrapassaram o limite para alumínio (Al) (0,100 mg/L). Em termos dos parâmetros físico-químicos, uma amostra apresentou valor de condutividade acima do limite recomendado de 100µS/cm, e duas amostras exibiram valores de turbidez extremamente altos, superiores a 1.000 NTU. Os seguintes elementos - As, B, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Li, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Ti e V - não foram detectados nas amostras de água.

Os teores dos elementos Ba, Ca, K, Mg, Mn, Na, Si, Sr e Zn permaneceram abaixo dos limites especificados nas resoluções atuais ou foram muito baixos.

Por outro lado, duas amostras de sedimentos apresentaram níveis de mercúrio acima do nível 1 da Resolução Conama 454. Foram encontrados teores de Hg de 0,344 mg/kg na amostra de sedimento PJS009, coletada mais a montante no rio Mucajaí, e 1,386 mg/kg na amostra PJS010, que também foi coletado no Rio Mucajaí, na região pouco antes da Cachoeira da Fumaça, indicando que os sedimentos do Rio Mucajaí podem estar contaminados com Hg na Cachoeira da Fumaça a montante (Figura 14).

A presença de Hg em menores concentrações foi encontrada nas amostras dos rios Jacaré e Guximaí (amostras de água números PJA005 e PJA007, respectivamente), indicando a presença de atividades de mineração de ouro em suas cabeceiras.





## 5. DISCUSSÃO

Por meio desta investigação foi possível avaliar a situação geral de saúde, bem como os níveis de mercúrio em amostras de cabelo, de aproximadamente 300 indígenas do povo Ninam, que vivem em nove diferentes áreas, na região do alto rio Mucajaí, na TI Yanomami. Como resultado, ampliou-se o entendimento sobre os efeitos negativos (diretos e indiretos) provocados pela presença de garimpos ilegais de ouro e o consequente uso extensivo do mercúrio à saúde da população local.

É amplamente reconhecido que mineração ilegal gera múltiplos impactos às comunidades tradicionais (BASTA, 2023). Ao invadir um território, o garimpo promove derrubada da cobertura vegetal, mudança no curso dos rios e escavação de enormes buracos, provocando alterações no ecossistema, que resultam em ampla devastação da floresta, conforme tem sido noticiado reiteradamente pela imprensa.

Como consequência, espécies nativas da fauna e da flora são ameaçadas, mamíferos de grande porte são afugentados, áreas destinadas aos roçados e à coleta de produtos sazonais tornam-se limitadas, e instala-se um processo de escassez das fontes alimentares (ORELLANA *et al.*, 2019, 2021).

Ademais, os rios são contaminados pelo mercúrio, envenenando peixes, tracajás, jacarés, e outros animais que vivem no território (BASTA *et al.*, 2023; VASCONCELLOS *et al.*, 2022; HACON *et al.*, 2020; VASCONCELLOS *et al.*, 2021). À medida que os alimentos tradicionais se tornam escassos, não havendo caça, peixes, nem outros alimentos disponíveis, a insegurança alimentar se instaura.

Simultaneamente, milhares de garimpeiros invadem a área provocando impactos na organização social das comunidades, destacando-se abusos, agressões e violência sexual. Uma vez instalada a insegurança alimentar, garimpeiros utilizam como estratégia de aliciamento a distribuição de cestas básicas nas comunidades. Usualmente, as cestas são repletas de alimentos industrializados/ultraprocessados, com altos teores de açúcar, gordura, sódio e mínimas concentrações de proteínas (MORAES *et al.*, 2023). O resultado deste processo provoca dupla carga de desvios nutricionais nas aldeias, nas quais crianças e idosos com quadros de desnutrição, passam a conviver com adultos-jovens, com sobrepeso, obesidade, diabetes, hipertensão e outras doenças.

Agravando a desorganização social, para que o garimpo atue é necessária uma rede de suporte, que inclui maquinário pesado (pás retroescavadeiras, bicos de jato,

dragas, balsas) e combustível para o funcionamento das máquinas. Visceralmente vinculados ao garimpo, ingressam ainda no território álcool, drogas e prostituição, que se convertem no motor propulsor do abuso sexual contra mulheres e crianças, predispondo o espalhamento de infecções sexualmente transmissíveis. Finalmente, hoje há indícios da presença do crime organizado como mantenedor do garimpo, o chamado narcogarimpo<sup>10</sup>, promovendo o tráfico de drogas e armas em regiões consideradas isoladas ou de difícil acesso, até recentemente, no interior da Amazônia.

Este violento processo altera o perfil de adoecimento e morte nas comunidades afetadas. Merecem atenção casos graves de desnutrição e o aumento vertiginoso nos casos de malária. Ademais, disseminam-se doenças de transmissão respiratória, como influenza, pneumonia, tuberculose e Covid-19. Durante a pandemia, o garimpo foi um dos principais vetores de introdução do novo coronavírus nas terras indígenas da Amazônia (FELLOWS *et al.*, 2021).

As entrevistas com os indígenas Ninam responsáveis por domicílios revelaram que, apesar da grande presença de invasores, metade das famílias residiam no mesmo local há mais de 10 anos. De um lado, a fixação no local de residência pode estar relacionada com a instalação da Missão Evangélica da Amazônia e de outros equipamentos como o posto de saúde, hoje administrado pela Secretaria de Saúde Indígena do Ministério da Saúde. De outro, a pressão sofrida por diferentes frentes de expansão econômica na região, notadamente o garimpo ilegal de ouro, impede que as comunidades possam se mover livremente sobre seu território tradicional, em busca de um manejo ambientalmente saudável da área e em busca de melhores condições de vida.

Na região, quase metade das famílias alegaram viver com até R\$600,00 mensais, majoritariamente provenientes de programas de benefício social do governo federal. Mais de 2/3 das famílias relataram consumir água diretamente do rio e/ou igarapé e relataram não ter banheiros em casa, realizando suas necessidades no entorno das casas, na mata ou às margens dos rios.

Nas comunidades estudadas, houve predomínio da presença de mulheres (55%) e de crianças e adolescentes até 19 anos (62%). A despeito de mais de 2/3 dos adultos entrevistados terem relatado frequentar a escola, a maioria respondeu não saber ler e escrever em português. Cinquenta e nove indígenas relataram algum tipo de atividade relacionada ao garimpo, incluindo trabalhos como piloto de barco, na “limpeza” do ouro, no transporte de combustível e comida, e também como carregador.

---

<sup>10</sup> <https://sumauma.com/narcogarimpo-desafia-o-governo-no-territorio-yanomami/>

Os dados socioeconômicos apontados acima revelam que na região do alto rio Mucajaí a população é majoritariamente jovem, e, portanto, vulnerável a uma série de fatores sociais e ambientais. Além disso, como reflexo da política de abandono do Estado brasileiro, ficou evidente que a população não tem acesso regular a serviços essenciais à vida, tais como água potável, saneamento básico, educação, emprego e renda. Em conjunto, essas características expressam uma das mais cruéis marcas das históricas desigualdades sociais e em saúde vivenciadas em nosso país, e que afetam diretamente os povos originários.

Quando nos lançamos a realizar uma avaliação da situação geral de saúde das comunidades locais, emergiram relatos de doenças crônicas afetando quase 10% da população (chamando a atenção cinco casos de neoplasia e dois de problemas neurológicos). Foram igualmente recorrentes os casos de internações hospitalares (35,6%) e de pessoas com baixo peso para idade (47%), com destaque para o elevado índice de desnutrição infantil; além de uma parcela importante de pessoas com anemia. Por outro lado, não foram diagnosticados casos de diabetes melitus, tampouco infecções sexualmente transmissíveis.

Mais de 80% dos participantes relataram ter tido malária ao menos uma vez na vida, com uma média de três episódios da doença por indivíduo. Um quarto dos entrevistados relataram ter tido a doença nos últimos 12 meses. Conforme apontam estudos recentes (DE AGUIAR BARROS *et al.*, 2022), e confirmam boletins epidemiológicos divulgados pelas autoridades<sup>11</sup>, as infecções por malária na TI Yanomami tem batido recordes de notificação.

Apesar dos números astronômicos reportados nos últimos anos, muitas vezes as cargas parasitárias são baixas. Ou seja, nesses casos os sintomas são brancos ou ausentes e raramente é possível detectar a presença de plasmódios por microscopia convencional ou pelo teste rápido.

Durante o trabalho de campo, foram aplicados 273 testes rápidos e apenas três indígenas apresentaram resultados positivos para malária no momento de nossa visita às comunidades. No entanto, o diagnóstico molecular (realizado no laboratório da USP) conseguiu recuperar 32 casos positivos (11,7% do total), incluindo 24 de malária vivax, sete de malária falciparum, e um caso de malária mista. Isto significa que mesmo de forma assintomática e/ou oligossintomática e com baixa carga parasitária, a malária

---

<sup>11</sup> <https://www1.folha.uol.com.br/equilibrioesaude/2024/01/impulsionada-por-garimpo-malaria-avanca-entre-yanomamis-um-ano-apos-emergencia-em-saude.shtml>

segue afetando parcela importante da população local, refletindo os impactos ambientais provocados pelo garimpo.

Em nossa amostra, todas as aldeias estudadas parecem ser igualmente afetadas pela malária, mas somente três pessoas (que vivem numa região próxima a uma balsa de garimpo) apresentaram resultados positivos no teste rápido. Esses achados sugerem que os dados oficiais de prevalência e incidência na TI Yanomami devem estar muito subestimados, uma vez que usualmente são diagnosticados via microscopia ou por testes rápidos. O IPA de 117,2 casos para cada 1.000 habitantes estimado neste trabalho de apenas 10 dias dá uma ideia da magnitude do problema na região ao longo de um ano.

Em conclusão, diante desses achados recomenda-se intensificar as ações de vigilância da malária, empregando além das técnicas convencionais de diagnóstico (microscopia e testes rápidos), o diagnóstico molecular de forma ampla, de modo a assegurar um controle mais efetivo da doença na área de estudo.

A avaliação neurológica dos indígenas adultos revelou que aproximadamente 1/3 dos examinados apresentaram déficits cognitivos, sendo que os problemas foram detectados com mais frequência em mulheres do que em homens. Quanto à motricidade, de um lado houve maior frequência de alteração de força e no tônus muscular entre as mulheres em comparação aos homens. De outro, distúrbios na marcha e amiotrofia de artelhos acometeram mais os homens do que as mulheres. Foram detectadas ainda alterações somatossensoriais expressivas no exame clínico neurológico, com destaque para os casos de polineuropatia periférica que atingiram aproximadamente 30% dos indígenas avaliados, sem diferenças entre homens e mulheres.

Nossos achados estão alinhados como os descritos em trabalho recentemente publicado por TAKAOKA *et al.* (2023) que ao reanalisarem os resultados de achados neurológicos em 197 residentes de áreas expostas ao metilmercúrio e 130 residentes de áreas de controle no Japão, contam que as modalidades sensoriais mais comumente afetadas nos casos de intoxicação são a sensibilidade periférica superficial e as dores nas extremidades. Nos casos mais graves, no estudo japonês, houve disfunção sensorial no corpo todo de alguns pacientes, com comprometimento de todas as modalidades sensoriais.

Segundo os autores, a gravidade das manifestações sensoriais pode estar associada à exposição crônica ao metilmercúrio, incluindo alterações da sensibilidade superficial e profunda. Por fim, TAKAOKA *et al.* (2023) concluem que nos casos de

exposição crônica ao metilmercúrio, é mais provável que o sistema somatossensorial seja mais prejudicado do que o sistema motor e, portanto, é mais provável que os problemas de saúde relatados pela população afetada sejam negligenciados pelos profissionais de saúde, uma vez que refletem sintomas comuns e, em tese, de menor gravidade clínica.

De forma semelhante ao descrito por OLIVEIRA *et al.* (2021) entre o povo indígena Munduruku do Pará, em nosso estudo, as alterações neurológicas foram contrastadas com as concentrações de mercúrio detectadas nas amostras de cabelo dos participantes, e revelaram associação estatística significativa entre déficits cognitivos e alterações somatossensoriais com os mais elevados níveis de exposição ao mercúrio. Em outras palavras, indígenas com níveis mais elevados de mercúrio nas amostras de cabelo apresentaram déficits cognitivos e polineuropatia periférica com mais frequência.

A análise da situação de saúde dos menores de 11 anos, indica que mais de 1/4 das crianças encontravam-se com anemia, quase metade (43,8%) apresentavam déficits de peso para idade, e quase 80% apresentam déficits de estatura para idade, mantendo o mesmo padrão de desnutrição descrito anteriormente por diferentes autores, em diferentes locais na TI Yanomami (ORELLANA *et al.*, 2019, 2021; PANTOJA *et al.*, 2014). A cobertura vacinal foi baixíssima, sendo que apenas 15,5% das crianças que apresentaram a caderneta de saúde para conferência estavam com as vacinas do calendário nacional de imunização em dia. Esse cenário de vulnerabilidade aumenta exponencialmente o risco de adoecimento das crianças que vivem na região, e potencialmente pode favorecer o surgimento de manifestações clínicas mais severas relacionadas à exposição crônica ao mercúrio, principalmente nos menores de 5 anos.

Dentre as 58 crianças para as quais foi possível estimar o Quociente de Inteligência Total (QIT), 55,2% apresentaram déficit de inteligência; 34,5% foram consideradas com inteligência limítrofe; e 8,6% expressaram índice de inteligência mediano inferior. Somente um menino de sete anos apresentou índice de inteligência considerado mediano para a idade.

Isto significa que nenhuma das crianças aqui avaliadas atingiu um nível satisfatório no quociente de inteligência. De um lado, é importante lembrar que não existem estudos prévios com abordagem semelhante à empregada nesta investigação, realizados com povos indígenas no Brasil. Isto é, trata-se de um tema que se encontra nas fronteiras do conhecimento. Ou em outras palavras, não existem parâmetros para comparação quando o tema é estimar o quociente de inteligência entre crianças indígenas brasileiras.

De outro lado, mesmo considerando as limitações inerentes aos testes disponíveis na atualidade para estimar o quociente de inteligência de crianças, bem como as particularidades culturais inerentes à realidade indígena brasileira de um modo geral, e a realidade Yanomami, em particular, ainda assim é notório o déficit no quociente de inteligência reportado nesta investigação.

Sem dúvidas, este achado revela mais uma face das iniquidades sociais e em saúde experimentada pelos povos originários em nosso país, evidenciando que o abandono por parte do Estado, a ausência de serviços públicos essenciais, e as situações de vulnerabilidade presentes nos territórios tradicionais estão na origem dos problemas aqui desvelados.

Quanto a exposição ao mercúrio, os dados revelados nesta investigação não deixam dúvidas que o garimpo ilegal de ouro na região do alto rio Mucajaí tem afetado a população local, uma vez que foram detectados níveis de mercúrio em todas as amostras de cabelo analisadas, incluindo adultos, idosos, homens, mulheres e crianças, sem exceção. Além disso, foram detectados níveis de mercúrio em todas as 47 amostras de pescados analisadas, bem como em duas amostras de sedimento do rio Mucajaí, em locais próximos a áreas onde havia atividades de mineração.

Embora os níveis médios e as prevalências de exposição crônica ao mercúrio tenham sido ligeiramente inferiores aos reportados em estudos anteriores, realizados em diferentes pontos da TI Yanomami (CASTRO; ALBERT; PFEIFFER, 1991; SING *et al.*, 2003; VEGA *et al.*, 2018), vale lembrar que somente três participantes (ou seja, apenas 1% de um total de 287) apresentaram níveis de mercúrio abaixo de 1,0µg/g, limite recomendado pela Agência Proteção Ambiental dos Estados Unidos como dose de referência de ingestão diária 0,1 µg MeHg/kg pc/dia (EPA, 2000).

De modo semelhante ao reportado por VEGA *et al.* (2018), nas regiões de Papiú e Waikás, também na TI Yanomami, foi nas aldeias Ilha, Uxiú e Caju, localizadas em áreas mais próximas aos garimpos de ouro, que se registraram as mais elevadas prevalências de exposição ao mercúrio (níveis  $\geq 6,0\mu\text{g/g}$ ), 36,4% e 33,3%; e 23,5%, respectivamente.

Assim como descrito entre outros povos, em diferentes momentos e locais (BASTA *et al.*, 2021; HOUSTON, 2011; HU; SINGH; CHAN, 2018), em nosso estudo as maiores prevalências de exposição ao mercúrio também mostraram-se associados com os mais elevados níveis de pressão arterial, impondo riscos adicionais de infarto agudo do miocárdio e outras complicações clínicas associadas a hipertensão arterial sistêmica.

Adicionalmente, as prevalências de exposição  $\geq 2,0$  e  $\geq 6,0 \mu\text{g/g}$  foram mais frequentes nas famílias que informaram rendimento mensal inferior a R\$600,00. Similarmemente ao observado por BASTA *et al.* (2021) entre o povo indígena Munduruku, a ausência de renda e/ou renda abaixo de R\$600,00 pode limitar o acesso da família a outras fontes proteicas para compor sua alimentação, tais como carne de vaca, frango, porco, entre outros produtos provenientes de feiras-livres e mercados localizados nas sedes de municípios próximos as aldeias.

Por conseguinte, essas famílias concentram sua fonte de proteína alimentar nos pescados. Como resultado, pode haver um aumento na ingestão de peixes contaminados com mercúrio e os membros dessas famílias tornam-se mais propensos ao adoecimento por conta da exposição crônica a este perigoso metal.

Embora em níveis inferiores aos observados em outras partes do estado de Roraima (VASCONCELLOS *et al.*, 2022) assim como na região do médio rio Tapajós, no Pará (VASCONCELLOS *et al.*, 2021), nossos achados revelam que todas as amostras de peixes coletadas na região do alto rio Mucajaí apresentaram contaminação por mercúrio. Assim como reportado na literatura (BASTA *et al.*, 2023; HACON *et al.*, 2020), as maiores concentrações de mercúrio foram registradas nos peixes carnívoros, sendo que o mandubé, o braço-de-moça e o peixe-cachorro foram as espécies mais afetadas na região.

A análise do risco atribuível ao consumo de pescado revelou que a ingestão diária de mercúrio excedeu em até três vezes a dose de referência preconizada pela U.S.EPA ( $0,1 \mu\text{g/kg pc/dia}$ ) na população avaliada, impondo um risco adicional à saúde, sobretudo para mulheres em idade reprodutiva e aos menores de 5 anos, numa região conflagrada pela presença de invasores.

A fim de minimizar os riscos à saúde decorrentes da ingestão de pescados contaminados, recomenda-se o consumo moderado das espécies carnívoras disponíveis na região (mandubé, braço-de-moça e peixe-cachorro), sobretudo por mulheres grávidas, uma vez que o mercúrio pode provocar lesões irreversíveis no sistema nervoso central de fetos em formação no útero das mães (CACE *et al.*, 2011; DACK *et al.*, 2022; SANTOS *et al.*, 2007; VALENT *et al.*, 2013).

Lamentavelmente, os dados referentes à contaminação por mercúrio no povo indígena Ninam, assim como a contaminação de pescados e de sedimentos provenientes da região do alto rio Mucajaí, em Roraima, revelados nesta investigação, não

são novidade. Nossos achados apenas reforçam um histórico de mazelas deixado pelo garimpo ilegal de ouro na Amazônia, sobretudo na TI Yanomami.

De acordo com um levantamento efetuado pelo Instituto Igarapé (WAISBICH, 2022), pautado em 369 operações de combate à criminalidade, realizadas pela polícia federal e órgãos do meio ambiente e do judiciário cinco crimes ambientais se expandiram na Amazônia Legal, no período 2016-2021, a saber: desmatamento ilegal; grilagem em terras públicas; extração ilegal de madeira; agropecuária com passivo ambiental; e mineração ilegal. No estado de Roraima, 89% dos crimes ambientais identificados no período correspondem à mineração ilegal.

Segundo Matavelli *et al.* (2022) a TI Kayapó e a TI Mundukuru, ambas no Pará, são as duas terras indígenas mais afetadas pelo garimpo ilegal no país. Logo na terceira posição vem a TI Yanomami. As áreas devastadas atingiram 11.542, 4.685 e 1.556 hectares, respectivamente. Fundamentados em dados do Mapbiomas, no período 1985-2020, os autores revelam ainda que a presença do garimpo na Amazônia mostrou-se perene ao longo do tempo, tendo início no final dos anos 1980 e se mantendo estável até meados de 2010, quando ocorreu um crescimento expressivo e sustentado a partir de 2016.

Na TI Yanomami, houve um pico de atividades garimpeiras na década 1980, durante a 1ª corrida do ouro na Amazônia. Após ser deflagrada pelo governo federal, em 1990, a Operação Selva Livre removeu dezenas de milhares de garimpeiros. Posteriormente, seguiu-se um período de calmaria, sem a presença sistemática de garimpos na região. A partir de 2016, com a ascensão da extrema-direita ao poder, a paz e a tranquilidade no território foram quebradas com um novo afluxo de invasores. Lamentavelmente, a gravidade da situação vivenciada hoje parece superar a reportada na década 1980.

Em estudo que analisou 162 indígenas Yanomami internados na CASAI de Boa Vista, em 1990, CASTRO; ALBERT & PFEIFFER (1991) contam que foram detectados níveis médios de mercúrio da ordem de 3,61µg/g nas amostras de cabelo investigadas, variando de 2,64µg/g, na região de Paapiú, a 5,03µg/g, na região de Surucucu.

Ao realizarem um estudo na região do rio Catrimani, também na TI Yanomami, Sing *et al.* (2003) revelaram concentrações médias de mercúrio em amostras de sangue dos participantes variando entre 21,2 e 43,1 µg/L, em 1994. Em 1995, os autores visitaram a mesma região e identificaram concentrações médias de mercúrio no sangue dos participantes igualmente altas, variando de 25,5 a 42,2 µg/L.



Vale lembrar que em 1993 ocorreu o “Massacre de Haximu”<sup>12</sup>, uma chacina perpetrada por garimpeiros na TI-Yanomami, resultando na morte a tiros e golpes de facão de dezesseis indígenas, em sua maioria idosos, mulheres e crianças. Trata-se neste caso do primeiro crime considerado genocídio no Brasil<sup>13</sup>, atribuído à presença do garimpo.

Tendo em mente que a crise sanitária se ampliaria, par-e-passo a expansão do garimpo ilegal de ouro, em 2013, Davi Kopenawa escreveu uma carta à Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) solicitando apoio para compreender as consequências da contaminação por mercúrio nas regiões de Paapiú, Waikás-Ye'kwana e Waikás-Aracaçá. A partir deste pedido, nasce o grupo “*Ambiente, Diversidade e Saúde*”<sup>14</sup> com a missão de avaliar o impacto da exposição ao mercúrio nas terras indígenas da Amazônia.

Em dezembro de 2014, foram avaliados 239 indígenas, em 19 aldeias, nas três localidades indicadas. Foram realizadas avaliações clínicas simplificadas, enfocadas em mulheres e crianças, das quais foram obtidas medidas antropométricas (ORELLANA *et al.*, 2019) e coletadas amostras de cabelo (VEGA *et al.*, 2018), utilizado como biomarcador de exposição ao mercúrio.

Os resultados demonstraram níveis distintos de exposição, sendo as maiores concentrações de mercúrio registradas nas áreas mais próximas ao garimpo, sobretudo nas aldeias às margens do rio Uraricoera. Em Waikás-Aracaçá, onde o garimpo havia iniciado as operações em 2013-2014 (atingindo o pico de destruição em 2022), a situação revelou-se caótica, uma vez que mais de 90% das pessoas avaliadas apresentaram níveis elevados ( $\geq 6,0\mu\text{g/g}$ ) de mercúrio, nas amostras de cabelo investigadas (VEGA *et al.*, 2018). Em Waikás-Ye'kwana, aproximadamente 30% das pessoas avaliadas apresentaram níveis acima de  $6,0\mu\text{g/g}$ . Pode-se dizer que esses resultados eram esperados, dado o contexto de invasão do território naquele momento (VEGA *et al.*, 2018).

De outro lado, em Paapiú, que em 2014 vivia um momento sem a presença de garimpos, a situação foi diferente. O garimpo provocou severos impactos na região, no final da década de 1980. Todavia, após a execução da Operação Selva Livre, a região ficou livre de garimpo por aproximadamente 20 anos. Portanto, imaginava-se que Paapiú atuaria como área controle, afinal não havia registros recentes de atividades garimpeiras na região. Ainda assim, quase 7% da população local apresentava níveis elevados de mercúrio, nas amostras de cabelo coletadas em 2014 (VEGA *et al.*, 2018).

<sup>5</sup> <http://www.proyanomami.org.br/frame1/massacreHX.htm>

<sup>13</sup> <https://agenciabrasil.ebc.com.br/direitos-humanos/noticia/2023-02/massacre-de-haximu-completa-30-anos-em-agosto>

<sup>14</sup> <https://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/532438>

Os achados de VEGA *et al.* (2018), analisados em perspectiva diacrônica com o resultado dos estudos anteriormente mencionados (CASTRO; ALBERT; PFEIFFER, 1991; MATAVELI *et al.*, 2022; SING *et al.*, 2003) e cotejados com os achados provenientes desta investigação, expõe com clareza que o mercúrio é um contaminante ambiental persistente na TI Yanomami. Os impactos se estendem por décadas e deixam um extenso legado de consequências negativas à saúde da população.

Diante desse histórico, pode-se afirmar com segurança que existem evidências robustas acerca dos impactos provocados pelo garimpo na TI-Yanomami há pelo menos 30 anos. Os resultados dos estudos revisados são inequívocos ao apontar que a contaminação por mercúrio está na raiz da crise sanitária instalada.

Infelizmente, a situação encontrada por nossa equipe na região do alto rio Mucajaí, em outubro de 2022, não foi diferente dos relatos anteriormente descritos. A crise sanitária instaurada tem raízes históricas, e ao que tudo indica se agravou na gestão de Jair Bolsonaro (2019-2022).

Em tempos recentes, desde o momento em que se criou o grupo técnico de transição para a atual gestão do presidente Lula, a pauta ambiental e a questão indígena ganharam destaque e tornaram-se prioridade.

Além criação do inédito Ministério dos Povos Indígenas, assessores municiados com informações atualizadas sobre o tema, auxiliaram o governo a tomar decisões urgentes, dentre as quais destacam-se: i) a declaração da Emergência Sanitária de Importância Nacional (ESPIN) na TI Yanomami; ii) a revogação do decreto 10.966/2022 que criava o Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Mineração Artesanal em Pequena Escala (Pro-Mape); iii) a retirada da tramitação na Câmara dos Deputados do PL191/2020, que propunha liberação da mineração em terras indígenas; iv) a suspensão pelo STF da eficácia do parágrafo 4º, artigo 39, Lei 12.844/2013 que previa a presunção da boa-fé no comércio do ouro; v) a decisão da receita federal que obriga a emissão de notas fiscais eletrônicas em todas as transações de compra e venda de ouro; vi) a revitalização do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM); e vii) a publicação da Portaria GM/MS nº 1.925, de 20/11/2023 que institui, no âmbito do Ministério da Saúde, um Grupo de Trabalho para elaboração do Plano Estratégico para Medidas de Atenção, Vigilância e Promoção Integral à Saúde das Populações Expostas e Potencialmente Expostas ao Mercúrio.

De um lado, é essencial valorizar as medidas promovidas pelo atual governo para enfrentar a crise na TI-Yanomami. Merecem destaque a criação do Comitê de

Operações Emergenciais (COE); a construção do Centro de Referência em Saúde Indígena na região de Surucucu (que infelizmente foi desativado); os atendimentos a crianças e idosos com quadros graves de desnutrição e malária; a distribuição de cestas básicas e medicamentos, e o início da retirada dos garimpeiros, com apoio do Ministério da Justiça.

De outro, não podemos esquecer que o governo enfrenta graves problemas na gestão da crise sanitária<sup>15</sup>. O insucesso das ações do governo esbarra na garantia da segurança e da soberania no território (uma vez que há registros de garimpeiros regressando para a TI Yanomami desde setembro de 2023), afeta os contratos assinados com conveniadas para contratação de recursos humanos para atuação de forma descentralizada nas aldeias, e fica explícito na dificuldade de controlar a malária, evitar a recidiva dos casos de desnutrição e reduzir as taxas de mortalidade, sobretudo entre as crianças.

Ademais, até o momento o governo também não realizou ações estruturadas para combater o garimpo nas TI Kayapó e Munduruku, ainda mais afetadas pelo garimpo ilegal que a TI Yanomami.

Outro ponto vital é a necessidade de superar as históricas iniquidades e os déficits na infraestrutura que afetam cidadãos (indígenas e não-indígenas) que vivem na Amazônia. A carência de serviços públicos essenciais – disponibilidade de água potável, saneamento básico, acesso à assistência à saúde de média e alta complexidade, educação formal, emprego e renda – é notória. Além disso, as limitações nos modais de transporte e nos equipamentos de comunicação seguem afetando todos que vivem na região, e trazendo desafios vultosos para a gestão da crise na TI Yanomami.

---

<sup>15</sup> [https://sumauma.com/gestao-de-amadores-os-bastidores-de-um-fracasso-que-ja-custou-308-vidas/#new\\_tab](https://sumauma.com/gestao-de-amadores-os-bastidores-de-um-fracasso-que-ja-custou-308-vidas/#new_tab)

## 6. RECOMENDAÇÕES

Após a exposição de alguns indicadores de saúde, direta ou indiretamente afetados pela presença de garimpos ilegais de ouro na TI Yanomami, bem como a realização de um debate sobre as consequências da contaminação por mercúrio para a população local, nesta seção serão compartilhadas recomendações, considerando ações emergenciais e estruturais, a fim de enfrentar o problema de modo eficaz e duradouro.

A primeira recomendação de caráter emergencial é a interrupção imediata do garimpo e do uso do mercúrio, assim como a desintrusão de invasores da TI Yanomami. A interrupção da atividade garimpeira, bem como a desintrusão das áreas afetadas são ações essenciais, todavia, não são suficientes se não houver garantia de segurança e soberania ao povo dentro de seu próprio território.

É necessário que o Estado brasileiro – por intermédio de ações intersetoriais, incluindo Ministério da Justiça, Ministério dos Povos Indígenas, Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Saúde e outros órgãos – busque estabelecer uma reorganização nos territórios afetados, incluindo a implementação de ações de recuperação dos equipamentos públicos disponíveis na região, tais como: postos de fiscalização da FUNAI, escolas, pistas de pouso, postos de saúde e alojamento para equipes, entre outras melhorias de ordem logística e de apoio à população local.

Ainda sob o ponto de vista emergencial é essencial garantir a construção de unidades de saúde, em pontos estratégicos da TI Yanomami, sobretudo neste momento crítico em que está declarada Emergência Sanitária de Interesse Nacional (ESPIN). Esses equipamentos de saúde devem ter como objetivo principal ofertar atendimento às pessoas em estado crítico, com quadros graves de desnutrição, diarreia, verminose, pneumonia, malária, entre outros agravos, e assim prevenir óbitos por causas evitáveis. Ademais, é vital garantir abastecimento regular de medicamentos, de água potável e de alimentos. Igualmente importante é acolher as vítimas de violência sexual, os casos emergentes de alcoolismo e drogadicção, bem como dar suporte psicossocial a todos os indígenas que foram de algum modo aliciados pelo garimpo e que estão sofrendo as dramáticas consequências deste conflituoso processo.

Considerando ações estruturais enfocadas na área da saúde, é essencial atualizar a Política Nacional de Atenção à Saúde dos Povos Indígenas (PNASPI), promulgada em 2002, a fim de garantir ações em saúde no território que deem conta de atender às demandas da população em todos os níveis de complexidade do SUS. Para tanto, é

fundamental assegurar a ampliação e a reestruturação dos serviços de atenção à saúde existentes nas terras indígenas, de modo a abastecer os postos com medicamentos, equipamentos e insumos para atendimentos emergenciais e pequenos procedimentos, bem como garantir a realização de exames laboratoriais e de imagem no território.

Ainda no que concerne a infraestrutura, é essencial garantir comunicação eficaz entre os postos de saúde presentes no território e os centros urbanos, considerando a possibilidade de se criar centros de telemedicina específicos para garantir atendimento com especialistas (em universidades e centros de pesquisa), quando for necessário, sem a necessidade de retirar o indígena do território. Esta demanda está totalmente alinhada com a criação da nova secretaria de saúde digital, na estrutura do Ministério da Saúde.

Ademais, é importante garantir a presença regular de profissionais de saúde qualificados, sobretudo os de nível superior, além de investir na formação continuada de agentes indígenas de saúde (AIS), agentes indígenas de saneamento (AISAN) e outros profissionais indígenas, bem como pensar na elaboração de concursos públicos para fixação de profissionais nos territórios indígenas. A reestruturação do Programa Mais Médicos para o Brasil é essencial para garantir a presença continuada destes profissionais nas terras indígenas.

Como parte da reestruturação das ações em saúde é igualmente importante incluir e valorizar a participação das mulheres indígenas no planejamento, na execução e no monitoramento de diferentes programas de saúde, realizados no âmbito do SUS, sobretudo os destinados à saúde da mulher e da criança, à atenção pré-natal, e ao programa de imunização. Além de criar espaços específicos para as mulheres debaterem diferentes estratégias de planejamento familiar, culturalmente adaptadas à realidade local, e com decisões tomadas pelas próprias mulheres. Outro ponto crucial é ampliar a participação de lideranças jovens no controle social e em outros fóruns participativos, a fim garantir que os anseios da sociedade local sejam ouvidos e acolhidos em sua integridade pelas autoridades nacionais.

Ainda na área da saúde, é vital que o governo pense na elaboração de programas intersetoriais específicos para o combate a desnutrição, a fome e a insegurança alimentar nas terras indígenas da Amazônia, iniciando as atividades na TI Yanomami.

O restabelecimento do Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (CONSEA), o envolvimento da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em atividades cooperativas, e o resgate do Programa Nacional de Agricultura

Familiar (PRONAF), do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), e do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), com aquisição de alimentos produzidos pelas próprias comunidades para reforçar a merenda escolar podem ser pontos de partida importantes para iniciar este processo.

Nesse ínterim, a distribuição de cestas básicas cumpre importante papel para atenuar a fome nas áreas mais afetadas. Todavia, as cestas básicas devem necessariamente ser apropriadas aos padrões alimentares locais, respeitando o paladar e as tradições do povo Yanomami.

Considerando especificamente os problemas relativos à contaminação por mercúrio, recomendamos que o recém-criado grupo de trabalho para elaboração do Plano Estratégico para Medidas de Atenção, Vigilância e Promoção Integral à Saúde das Populações Expostas e Potencialmente Expostas ao Mercúrio, por intermédio da Portaria GM/MS 1925, de 20/11/2023, contemple em seu plano de ação as atividades descritas a seguir.

- I. Rastreamento de comunidades cronicamente expostas ao mercúrio para a realização de diagnósticos laboratoriais tempestivos a fim de avaliar pessoas com quadros sugestivos de intoxicação por mercúrio já instalados;
- II. Elaboração de protocolos e rotinas apropriadas para diagnóstico e tratamento de pacientes com quadro de intoxicação por mercúrio estabelecido;
- III. Criação de ao menos um centro de referência para acompanhamento de casos crônicos e/ou com sequelas instaladas;
- IV. Busca ativa de casos suspeitos de intoxicação em localidades onde existam registros e/ou indícios de exposição crônica ao mercúrio, decorrentes do garimpo ilegal de ouro, com ênfase em gestantes, mulheres em idade fértil e crianças menores de 5 anos;
- V. Notificação dos casos de contaminação identificados. Para tanto, recomenda-se a adaptação das fichas de notificação individual de intoxicação exógena para registro dos casos de contaminação ambiental por mercúrio já reconhecidos, de modo a minimizar o problema da subnotificação, atualmente existente, no âmbito do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN);
- VI. Garantir assistência médica em todos os níveis de complexidade na rede SUS, incluindo prevenção, atenção básica, assistência especializada com acesso a exames laboratoriais e de imagens e hospitalização para as pessoas afetadas pela contaminação por mercúrio;
- VII. Treinamento de profissionais de saúde que atuam em regiões afetadas a fim de garantir assistência à saúde qualificada. O treinamento deve visar o aperfeiçoamento do diagnóstico, do tratamento e do monitoramento de pessoas expostas ao mercúrio. A experiência do curso “*Vigilância e Monitoramento de Populações Expostas ao Mercúrio no Brasil*”, ofertado pelo grupo de pesquisa “*Ambiente, Diversidade e Saúde*” da Fiocruz às equipes multidisci-

plinares de saúde indígena que atuam no DSEI Rio Tapajós pode servir de referência para começar esta iniciativa;

- VIII.** Inclusão da dosagem dos níveis de mercúrio em amostras de cabelo, em mulheres gestantes e crianças menores de cinco anos, no âmbito das ações desenvolvidas nos programas de atenção pré-natal e de acompanhamento do crescimento e desenvolvimento infantil, iniciando as ações pelas áreas impactadas pelo garimpo de ouro na Amazônia Legal.

De modo complementar é essencial monitorar os níveis de mercúrio em pescados oriundos de áreas contaminadas, e que são comercializados em mercados e feiras livres, localizadas em centros urbanos da região. Este monitoramento deve ser realizado conjuntamente com orientações sobre o consumo seguro de pescados e suas diferentes espécies, com informações claras acerca dos riscos à saúde, bem como da necessidade de se estabelecer restrições de ingestão para as espécies mais contaminadas, sem perder de vista tradições culturais e alimentares, nas áreas monitoradas.

É igualmente relevante que o Governo Federal elabore um plano para remediação/regeneração das áreas que foram devastadas pelo garimpo e contaminadas pelo mercúrio. O plano deve conter ações de reflorestamento com subsídios do Estado para o desenvolvimento de projetos de base comunitária, pautados na sustentabilidade, e com o objetivo de valorizar as vocações das pessoas que vivem no território, assim como as vocações do ambiente natural. Vale lembrar que as ações aqui propostas somente serão bem-sucedidas se houver participação ativa das comunidades afetadas em todas as etapas do projeto, incluindo planejamento, implantação, execução, gestão de recursos, bem como na avaliação da eficácia das ações propostas e na repartição de eventuais benefícios.

Em conclusão, também é fundamental definir com clareza estratégias de comando e controle que busquem o aprimoramento, o fortalecimento e o apoio às ações intersectoriais destinadas ao combate à ilegalidade em toda cadeia econômica do ouro, seja na extração, na produção e na comercialização do minério extraído de Terras Indígenas, assim como no combate ao contrabando de mercúrio, em todo o território brasileiro. Essas estratégias devem incluir o controle do espaço aéreo das áreas invadidas pelo garimpo ilegal, a intensificação das ações de fiscalização de grupos criminosos em atividade nas terras, a aplicação de multas severas, o mapeamento de toda a rede de suporte às atividades ilegais, incluindo a compra e distribuição de máquinas e equipamentos, a aquisição, a venda e o transporte de combustível para operar as máquinas, bem como os meios de comunicação e a rede de abastecimento de alimentos, armas, drogas e prostituição que segue visceralmente ligada ao garimpo ilegal. Somente dessa maneira, será possível estrangular essa rede criminosa e promover a desocupação ilegal de terras da união.

Por fim, é crucial basear o planejamento e a execução das ações propostas, tanto as emergenciais, como as estruturais, em evidências científicas disponíveis, e sempre que possível, contar com o apoio da Defensoria Pública da União, do Ministério Público Federal, da Procuradoria Geral da República, bem como de outros órgãos do Governo Federal dedicados à proteção de direitos humanos, direitos ambientais e direitos indígenas.



## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à ex-deputada federal, hoje presidenta da FUNAI, Joênia Wapichana e seus assessores que juntos identificaram a necessidade da execução deste trabalho, destinando recursos da Emenda Parlamentar 4151004 (PLN 22/2019 – LOA 2020) para que a pesquisa pudesse ser realizada. Além disso, Joênia sempre se mostrou comprometida com os povos indígenas de Roraima e do Brasil e envidou todos os esforços para garantir um enfrentamento à crise sanitária instalada na TI Yanomami. Ademais, Joênia deu importante apoio político e auxiliou no diálogo com as lideranças Yanomami e no planejamento de todas as ações aqui desenvolvidas. Agradecemos também os incansáveis esforços e o apoio incondicional de Marizete de Souza da etnia Macuxi, hoje Coordenadora Regional da FUNAI em Roraima.

Agradecemos também à Vice-Presidência de Ambiente, Atenção e Promoção da Saúde (VPAAPS) da Fundação Oswaldo Cruz pelo apoio financeiro recebido por intermédio do Programa Inova Fiocruz projeto: “*Contribuição para o desenvolvimento de estratégias para o fortalecimento do SasiSUS, considerando as vulnerabilidades emergentes e reemergentes em saúde*”.

Em nome de Marcos Wesley de Oliveira, coordenador do programa Rio Negro, agradecemos ao Instituto Socioambiental (ISA) que nos auxiliou na organização logística e esteve presente durante o trabalho de campo, representado pelo colega Cleidinaldo dos Santos Soares.

Agradecemos à Sesai, por intermédio do DSEI Yanomami, que nos acolheu na unidade básica de saúde do alto rio Mucajaí

Agradecimento especial é *direcionado* ao povo Yanomami, que por intermédio de suas associações, desempenharam um papel de protagonismo na solicitação da pesquisa e no apoio aos pesquisadores em campo.

Por fim, agradecemos ao Conselho Deliberativo da Fiocruz, à Rede Brasileira de Pesquisa em Tuberculose (REDE-TB), à Sociedade Brasileira de Medicina Tropical (SBMT), à Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), e à Rede Unida pelas manifestações públicas de apoio e solidariedade ao nosso grupo de pesquisa, quando fomos vetados pela FUNAI para realizar o trabalho, em novembro de 2021.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHATZ, R. W. *et al.* Impacts of the Goldmining and Chronic Methylmercury Exposure on the Good-Living and Mental Health of Munduruku Native Communities in the Amazon Basin. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 17, p. 8994, 26 ago. 2021.

AKAGI, H.; NAGANUMA, A. Human exposure to mercury and the accumulation of methylmercury that is associated with gold mining in the Amazon Basin, Brazil. **Journal of Health Science**, v. 46, n. 5, p. 323–328, 2000.

ALBERT, B. Urihi: Terra, economia e saúde Yanomami. [s.l.] Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Humanas, Departamento de ..., 1991.

BARROS, L. B. *et al.* Clinically silent Plasmodium vivax infections in native Amazonians of northwestern Brazil: acquired immunity or low parasite virulence? **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 117, p. e220175, 2022.

BARROSO, W. K. S. *et al.* Diretrizes brasileiras de hipertensão arterial–2020. **Arquivos brasileiros de cardiologia**, v. 116, p. 516–658, 2021.

BASTA, P. C. *et al.* Mercury Exposure in Munduruku Indigenous Communities from Brazilian Amazon: Methodological Background and an Overview of the Principal Results. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 17, p. 9222, 1 set. 2021.

BASTA, P. C. Gold mining in the Amazon: the origin of the Yanomami health crisis. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 39, n. 12, p. e00111823, 2023.

BASTA, P. C. *et al.* Risk Assessment of Mercury-Contaminated Fish Consumption in the Brazilian Amazon: An Ecological Study. **Toxics**, v. 11, n. 9, p. 800, 21 set. 2023.

BASTOS, W. R. *et al.* Mercury in the environment and riverside population in the Madeira River Basin, Amazon, Brazil. **Science of the Total environment**, v. 368, n. 1, p. 344–351, 2006.

BOSE-O'REILLY, S. *et al.* Mercury exposure and children's health. **Current problems in pediatric and adolescent health care**, v. 40, n. 8, p. 186–215, 2010.

BRASIL. Dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos (Resolução RDC no 42, de 29 de agosto de 2013). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 2013.

CACE, I. B. *et al.* Relationship between the prenatal exposure to low-level of mercury and the size of a newborn's cerebellum. **Medical Hypotheses**, v. 76, n. 4, p. 514–516, abr. 2011.

CAMPBELL, W. W.; DEJONG, R. N. DeJong's the neurologic examination. [s.l.] **Lippincott Williams & Wilkins**, 2005.

CASTRO, M. B.; ALBERT, B.; PFEIFFER, W. C. Mercury levels in Yanomami indians hair from Roraima, Brazil. **Proc 8th Intern Conf Heavy Metals in the Environment**. Anais...1991.

CLARKSON, T. W.; MAGOS, L. The Toxicology of Mercury and Its Chemical Compounds. **Critical Reviews in Toxicology**, v. 36, n. 8, p. 609–662, jan. 2006.

CLEARY, D. An anatomy of a gold rush: Garimpagem in the Brazilian Amazon. 1989.

CLIFTON II, J. C. Mercury exposure and public health. **Pediatric Clinics of North America**, v. 54, n. 2, p. 237. e1-237. e45, 2007.

CONCEIÇÃO, K. V. *et al.* Government policies endanger the indigenous peoples of the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 108, p. 105663, set. 2021.

CRESPO-LOPEZ, M. E. *et al.* Mercury: What can we learn from the Amazon? **Environment International**, v. 146, p. 106223, jan. 2021.

DA SILVA, S. F.; DE OLIVEIRA LIMA, M. Mercury in fish marketed in the Amazon triple frontier and health risk assessment. **Chemosphere**, v. 248, p. 125989, 2020.

DACK, K. *et al.* Prenatal Mercury Exposure and Neurodevelopment up to the Age of 5 Years: A Systematic Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 4, p. 1976, 10 fev. 2022.

DE AGUIAR BARROS, J. *et al.* Gold miners augment malaria transmission in indigenous territories of Roraima state, Brazil. **Malaria Journal**, v. 21, n. 1, p. 358, 29 nov. 2022.

DE VASCONCELLOS, A. C. S. *et al.* Health Risk Assessment Attributed to Consumption of Fish Contaminated with Mercury in the Rio Branco Basin, Roraima, Amazon, Brazil. **Toxics**, v. 10, n. 9, p. 516, 31 ago. 2022.

EKINO, S. *et al.* Minamata disease revisited: An update on the acute and chronic manifestations of methyl mercury poisoning. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 262, n. 1–2, p. 131–144, nov. 2007.

ENGLAND, J. D. *et al.* Distal symmetric polyneuropathy: a definition for clinical research: report of the American Academy of Neurology, the American Association of Electrodiagnostic Medicine, and the American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation. **Neurology**, v. 64, n. 2, p. 199–207, 2005.

FAO/WHO. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), Report of the Tenth Session, Rotterdam, The Netherlands 4 to 8 April 2016. [s.d.].

FELLOWS, M. *et al.* Under-Reporting of COVID-19 Cases Among Indigenous Peoples in Brazil: A New Expression of Old Inequalities. **Frontiers in Psychiatry**, v. 12, p. 638359, 12 abr. 2021.

FERREIRA, H. P.; MACHADO, A. M. A.; SENRA, E. B. As línguas Yanomami no Brasil : diversidade e vitalidade. São Paulo: **Instituto Socioambiental**, 2019. v. 17

HACON, S. D. S. *et al.* Mercury Exposure through Fish Consumption in Traditional Communities in the Brazilian Northern Amazon. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 15, p. 5269, 22 jul. 2020.

HALLETT, M. NINDS myotatic reflex scale. **Neurology**, v. 43, n. 12, p. 2723–2723, 1993.

HOUSTON, M. C. Role of mercury toxicity in hypertension, cardiovascular disease, and stroke. **The Journal of Clinical Hypertension**, v. 13, n. 8, p. 621–627, 2011.

HU, X. F.; SINGH, K.; CHAN, H. M. Mercury exposure, blood pressure, and hypertension: A systematic review and dose–response meta-analysis. **Environmental health perspectives**, v. 126, n. 07, p. 076002, 2018.

JACQUES, P. D.; VIGLIO, E. P.; DE OLIVEIRA D'EL REI PINTO, D. Environmental Geochemical Analysis in the Yanomami Indigenous Land, Mucajaí River Basin, State of Roraima, Brazil. **Toxics**, v. 11, n. 10, p. 861, 14 out. 2023.

KOOS, B. J.; LONGO, L. D. Mercury toxicity in the pregnant woman, fetus, and newborn infant. **American Journal of Obstetrics and Gynecology**, v. 126, n. 3, p. 390–409, out. 1976.

KUTTER, V. T.; CASTILHOS, Z. C. Inventário do uso e Emissões de Mercúrio em Mineração Artesanal de pequena escala de ouro no Brasil [resultados preliminares]. 2017.

LACERDA, L. D. DE; PFEIFFER, W. C. Mercury from goldmining in the Amazon environment: an overview. 1992.

LEITE, T. V. S. Mudando de ideia: cristianismo evangélico e festas de caxiri entre os Ninam do Alto Mucajaí. **Mana**, v. 24, p. 216–246, 2018.

MALM, O. Gold mining as a source of mercury exposure in the Brazilian Amazon. **Environmental Research**, v. 77, n. 2, p. 73–78, maio 1998.

MARINHO, J. S. *et al.* Mercury speciation in hair of children in three communities of the Amazon, Brazil. **BioMed Research International**, v. 2014, 2014.

MARTINELLI, L. A. *et al.* Mercury contamination in the Amazon: a gold rush consequence. **Ambio**, p. 252–254, 1988.

MASON, R. P.; FITZGERALD, W. F.; MOREL, F. M. The biogeochemical cycling of elemental mercury: anthropogenic influences. **Geochimica et cosmochimica acta**, v. 58, n. 15, p. 3191–3198, 1994.

MATAVELI, G. *et al.* Mining Is a Growing Threat within Indigenous Lands of the Brazilian Amazon. **Remote Sensing**, v. 14, n. 16, p. 4092, 21 ago. 2022.

MORAES, A. O. DOS S. *et al.* Food profile of Yanomami indigenous children aged 6 to 59 months from the Brazilian Amazon, according to the degree of food processing: a cross-sectional study. **Public Health Nutrition**, v. 26, n. 1, p. 208–218, jan. 2023.

MOREL, F. M.; KRAEPIEL, A. M.; AMYOT, M. The chemical cycle and bioaccumulation of mercury. **Annual review of ecology and systematics**, v. 29, n. 1, p. 543–566, 1998.

OLIVEIRA, R. A. A. DE *et al.* Neurological Impacts of Chronic Methylmercury Exposure in Mundurucu Indigenous Adults: Somatosensory, Motor, and Cognitive Abnormalities. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 19, p. 10270, 29 set. 2021.

ORELLANA, J. D. Y. *et al.* Associação de baixa estatura severa em crianças indígenas Yanomami com baixa estatura materna: indícios de transmissão intergeracional. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, n. 5, p. 1875–1883, maio 2019.

ORELLANA, J. D. Y. *et al.* Intergenerational Association of Short Maternal Stature with Stunting in Yanomami Indigenous Children from the Brazilian Amazon. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 17, p. 9130, 30 ago. 2021.

ORGANIZATION, W. H. WHO child growth standards: length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age: methods and development. [s.l.] **World Health Organization**, 2006.

ORGANIZATION, W. H. Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure. 2008.

ORGANIZATION, W. H. Mercury and health. 2017. Geneva: World Health Organization. Available online at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health> (Accessed July 20, 2022), 2017.

PANTOJA, L. DE N. *et al.* Cobertura do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional Indígena (SISVAN-I) e prevalência de desvios nutricionais em crianças Yanomami menores de 60 meses, Amazônia, Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, v. 14, p. 53–63, 2014.

PASSOS, C. J. S.; MERGLER, D. Human mercury exposure and adverse health effects in the Amazon: a review. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 24, n. suppl 4, p. s503–s520, 2008.

PERINI, J. A. *et al.* VKORC1 polymorphisms in Amerindian populations of Brazil. 2008.

PERINI, J. A. *et al.* Genetic Polymorphism of Delta Aminolevulinic Acid Dehydratase (ALAD) Gene and Symptoms of Chronic Mercury Exposure in Munduruku Indigenous Children within the Brazilian Amazon. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 16, p. 8746, 19 ago. 2021.

PFEIFFER, W. AND; DE LACERDA, L. D. Mercury inputs into the Amazon region, Brazil. **Environmental Technology**, v. 9, n. 4, p. 325–330, 1988.

PFEIFFER, W. C. *et al.* Environmental fate of mercury from gold mining in the Brazilian Amazon. **Environmental Reviews**, v. 1, n. 1, p. 26–37, 1993.

RICE, D. C. The US EPA reference dose for methylmercury: sources of uncertainty. **Environmental research**, v. 95, n. 3, p. 406–413, 2004.

ROSENFELD, L. G. *et al.* Reference values for blood count laboratory tests in the Brazilian adult population, National Health Survey. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 22, p. E190003. SUPPL. 2, 2019.

SANTOS, G. M. DOS *et al.* Peixes do baixo rio Tocantins. 20 anos depois da Usina Hidrelétrica Tucuruí. 2004.

SANTOS, E. O. *et al.* Correlation between blood mercury levels in mothers and newborns in Itaituba, Pará State, Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, n. suppl 4, p. S622–S629, 2007.

SANTOS, G.; FERREIRA, E.; ZUANON, J. Peixes comerciais de Manaus. Editora Pr-Vrzea, Ibama, Manaus, Brasil, 2006.

SILVA, M. C. DA *et al.* Chronic Mercury Exposure and GSTP1 Polymorphism in Munduruku Indigenous from Brazilian Amazon. **Toxics**, v. 11, n. 2, p. 138, 2023.

SING, K. A. *et al.* Organic Mercury Levels among the Yanomama of the Brazilian Amazon Basin. **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, v. 32, n. 7, p. 434–439, nov. 2003.

SUZUKI, T. *et al.* Mercury analysis manual. Ministry of the Environment, Japan, 2004.

TAKAOKA, S. *et al.* Characteristics of Abnormalities in Somatosensory Submodalities Observed in Residents Exposed to Methylmercury. **Toxics**, v. 11, n. 12, p. 1023, 15 dez. 2023.

VALENT, F. *et al.* Associations of Prenatal Mercury Exposure From Maternal Fish Consumption and Polyunsaturated Fatty Acids With Child Neurodevelopment: A Prospective Cohort Study in Italy. **Journal of Epidemiology**, v. 23, n. 5, p. 360–370, 2013.

VAN WIJNGAARDEN, E. *et al.* Prenatal methyl mercury exposure in relation to neurodevelopment and behavior at 19years of age in the Seychelles Child Development Study. **Neurotoxicology and Teratology**, v. 39, p. 19–25, set. 2013.

VASCONCELLOS, A. C. S. DE *et al.* Health Risk Assessment of Mercury Exposure from Fish Consumption in Munduruku Indigenous Communities in the Brazilian Amazon. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 15, p. 7940, 27 jul. 2021.



VEGA, C. *et al.* Human Mercury Exposure in Yanomami Indigenous Villages from the Brazilian Amazon. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 6, p. 1051, 23 maio 2018.

WAISBICH, L. T. O ecossistema do crime ambiental na Amazônia: uma análise das economias ilícitas da floresta. Instituto Igarapé. Artigo estratégico n. 54. Fev. 2022. Disponível em: <https://igarape.org.br/wp-content/uploads/2022/02/AE-54-O-ecossistema-do-crime-ambiental-na-Amazonia.pdf>, 2022.



## **ANEXO 1**



TANER ( TEXOLI ASSOCIAÇÃO NINAM DO ESTADO DE RORAIMA).  
CNPJ: 22909990/0001-18

Boa Vista, 15 de Outubro de 2021.

À Fundação Oswaldo Cruz  
A/C Dr. Paulo Basta

Através deste documento nós da Texoli Associação Ninam do Estado de Roraima (TANER) queremos convidar a Fiocruz para realizar um trabalho de pesquisa junto com a nossa associação para verificar se os Ninam estão contaminados pelo mercúrio utilizado pelos garimpeiros que invadem e trabalham em nossa terra.

São muitos os garimpeiros que trabalham ilegalmente em nosso rio Mucajaí e afluentes, causando desastre ambiental e social. Nós achamos que o nosso povo está sendo envenenado com o mercúrio utilizado pelos garimpeiros.

Temos conhecimento de que a Fiocruz tem experiência com esse tipo de diagnóstico e experiência de trabalho com povos indígenas, inclusive com os Yanomami. Por isso estamos convidando a Fiocruz.

Nós queremos que a pesquisa seja realizada na nossa comunidade Lasasi/Alto Mucajaí, as margens do rio Mucajaí. Rio acima de onde vivemos existem muitos garimpeiros atuando, sujando e contaminando as águas.

Nossas comunidades do rio Mucajaí estão preocupadas e concordam com a realização das pesquisas. Eles querem que vocês verifiquem se eles estão contaminados com o mercúrio. Também querem que vocês analisem a água e os peixes.

Nós desejamos que este diagnóstico seja realizado entre 28/11 e 12/12 deste ano de 2021.

O Instituto Socioambiental (ISA) também será nosso parceiro nesse projeto.

Esperamos uma resposta de vocês, esperançosos de que possam fazer esse trabalho juntos.

Atenciosamente

Eliseu Xirixana Yanomami  
Presidente da TANER

## **ANEXO 2**

# COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



## PARECER CONSUBSTANCIADO DA CONEP

### DADOS DA EMENDA

**Título da Pesquisa:** IMPACTO DO MERCÚRIO EM ÁREAS PROTEGIDAS E POVOS DA FLORESTA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: UMA ABORDAGEM INTEGRADA SAÚDE-AMBIENTE.1

**Pesquisador:** Paulo Cesar Basta

**Área Temática:** Genética Humana:

(Trata-se de pesquisa envolvendo Genética Humana que não necessita de análise ética por parte da CONEP;);

Estudos com populações indígenas;

**Versão:** 7

**CAAE:** 65671517.1.0000.5240

**Instituição Proponente:** FUNDACAO OSWALDO CRUZ

**Patrocinador Principal:** IEPE - INSTITUTO DE PESQUISA E FORMACAO INDIGENA  
WWF - BRASIL

### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.449.405

#### **Apresentação do Projeto:**

As informações elencadas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram retiradas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa (PB\_INFORMAÇÕES\_BÁSICAS\_1354015\_E1.pdf, de 25/06/2019).

### RESUMO

A atividade garimpeira é artesanal e utiliza o mercúrio metálico como insumo no processo de amalgamação do ouro. O mercúrio é um metal pesado que se incorpora no organismo humano e seus compostos tem como alvos primários de toxicidade os sistemas nervoso central, renal e cardiovascular. No Brasil, a partir da década de 1980 a contaminação por mercúrio ganhou destaque na região Amazônica, sobretudo em áreas de influência de garimpos de ouro. A despeito de alguns estudos já terem demonstrado a presença de elevados níveis de mercúrio e suas consequências negativas a saúde das populações ribeirinhas, pouco se sabe sobre a contaminação por mercúrio na porção oriental da Amazônia, sobretudo em áreas protegidas e entre povos nativos da floresta, que são dependentes do peixe como principal fonte de proteína. Vale ressaltar que a atividade garimpeira, além do uso do mercúrio no processo de amalgamação com

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.719-040

**UF:** DF

**Município:** BRASILIA

**Telefone:** (61)3315-5877

**E-mail:** conep@saude.gov.br

## COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 3.449.405

consequências para o ambiente e para saúde da população, acarreta muitos outros impactos à saúde humana decorrente do processo de mobilidade de seus trabalhadores (garimpeiros) e do comércio que dá suporte a atividade garimpeira. Esses impactos incluem uso excessivo de álcool e outras drogas ilícitas, prostituição, trabalho infantil, violência, dentre outras atividades. Frequentemente, nas áreas aonde há garimpos ilegais e onde não há medidas para o controle de doenças sexualmente transmissíveis, doenças vetoriais, e outras doenças infecciosas, há severos impactos no ecossistema e conseqüentemente comprometimento da qualidade de vida dos povos nativos que habitam tais territórios. Objetivos: Investigar o impacto à saúde humana e ao ambiente causado pela atividade garimpeira, com foco na exposição ao mercúrio, em áreas protegidas e entre povos da floresta, na parte Oriental da Amazônia. Métodos: Pretende-se desenvolver um estudo seccional, no qual serão avaliados dados clínicos e laboratoriais de pessoas de todas as idades residentes em cinco áreas protegidas na região da Amazônia Oriental. Por meio de visitas domiciliares, será aplicado um roteiro de entrevista semiestruturado para a coleta de dados sócio demográficos, socioeconômicos, de saúde, além de hábitos alimentares. Partindo de uma perspectiva multi e interdisciplinar que integra saúde e ambiente, o estudo será desenvolvido em módulos/componentes. No módulo ambiental serão analisadas amostras provenientes de solo, sedimento, peixes e espécies nativas, para se conhecer a carga de mercúrio presente na área de estudo. No módulo humano, serão analisadas amostras de cabelo para a determinação dos níveis de mercúrio total no organismo humano. Será realizada também coleta de células epiteliais da mucosa oral (com swabs) para análise de marcadores genéticos de suscetibilidade ao mercúrio. Além disso, serão coletados dados referentes à pressão arterial, peso, estatura, glicemia e dosagem de hemoglobina com equipamentos portáteis padronizados que oferecem resultados imediatos, de modo que o participante poderá ter acesso ao resultado em tempo real. O questionário AUDIT será utilizado para avaliar o consumo de álcool. Serão aplicados testes rápidos para o diagnóstico de doenças sexualmente transmissíveis (HIV/AIDS, Hepatites B e C e Sífilis) e de malária. Os participantes também serão avaliados clinicamente para hanseníase. Aqueles que reportarem tosse produtiva com duração superior a duas semanas serão testados para tuberculose. Serão realizados testes para avaliação neuropsicológica em escolares (6 a 11 anos), por meio do questionário NEUPSILIN-Inf. Transtornos mentais comuns serão avaliados entre maiores de 18 anos na área de estudo por meio do instrumento de triagem Self-Reporting Questionnaire (SRQ-20). Todos os pontos de coleta ambiental, assim como os domicílios serão georreferenciados para a elaboração de mapas temáticos com a finalidade de elucidar pontos de maior contaminação. As análises laboratoriais relacionadas ao mercúrio serão realizadas no

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.719-040

**UF:** DF

**Município:** BRASÍLIA

**Telefone:** (61)3315-5877

**E-mail:** conep@saude.gov.br

# COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 3.449.405

Laboratório de Absorção Atômica da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. As análises genéticas serão realizadas no Laboratório de Pesquisa de Ciências Farmacêuticas (LaPesF) do Centro Universitário Estadual da Zona Oeste (UEZO). Os testes rápidos serão realizados nas localidades que serão investigadas e os resultados serão emitidos em tempo real. As análises estatísticas serão conduzidas no SPSS (versão 20.0). Resultados esperados: Realizar um diagnóstico da situação de saúde em cinco comunidades envolvidas direta e/ou indiretamente com atividades garimpeiras; estimar níveis de contaminação por mercúrio; conscientizar as comunidades envolvidas sobre os impactos da atividade garimpeira, incluindo os níveis de contaminação ambiental e suas implicações para saúde; produzir evidências científicas para a proteção dos povos da floresta, subsidiar o planejamento de políticas públicas para a proteção de áreas protegidas e suas populações tradicionais e estabelecer rede de cooperação para apoiar a implantação do grupo de trabalho de monitoramento global do mercúrio para suporte científico da convenção de Minamata no Brasil; elaborar uma proposta com abordagem integrada em saúde e ambiente em áreas protegidas; construir indicadores de sustentabilidade para os povos da floresta e desenvolver uma plataforma de divulgação dos dados – observatório de saúde dos povos da floresta, com ênfase no mercúrio.

## HIPÓTESE

As áreas que sofrem influência do garimpo ilegal na Amazônia estão sujeitas à contaminação ambiental por mercúrio. A população que vive nessas áreas tem risco aumentado para um conjunto de agravos que incluem doenças infecciosas e parasitárias (notadamente as transmitidas via sexualmente, por contato direto ou por meio de vetores), doenças crônicas não transmissíveis, transtornos mentais e comportamentais, além de contaminação por mercúrio.

## METODOLOGIA

Área de Estudo e População. Nosso estudo compreende uma região denominada Planalto das Guianas, mas avaliaremos apenas uma área que se estende do estado do Amapá ao Norte do Pará. Na região existem 23 áreas de proteção. Além de ribeirinhos, quilombolas e outros representantes dos povos nativos da floresta, é ancestral a presença de grupos indígenas na região. Os indígenas vivem em 5 terras denominadas: TI Galibi, TI Jumina, TI Parque do Tumucumaque, TI Uaçá e TI Wajãpi. Seleção das áreas de estudo De acordo com o registro da presença de atividades de mineração e a presença de populações tradicionais (incluindo indígenas e não indígenas), elegemos 5 áreas para o desenvolvimento da pesquisa: a) Bacia no Rio Caciporé; b) Baixo Rio

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.719-040

**UF:** DF

**Município:** BRASILIA

**Telefone:** (61)3315-5877

**E-mail:** conep@saude.gov.br



# COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 3.449.405

Oiapoque; c) Bacia do Rio Tajauí; d) Terra Indígena Wajãpi; e) Terras Indígenas Parque Indígena do Tumucumaque e Rio Paru d'Este. A caracterização da área e da população de estudo será realizada em duas etapas. Primeiro realizaremos oficinas de trabalho no nível local a fim de identificar os principais atores que podem ter interesse em colaborar com o desenvolvimento de nossa proposta, além de pactuar com a comunidade os locais onde a pesquisa será realizada. Depois faremos um estudo seccional com censo populacional dessas comunidades. Desenho de estudo e plano amostral. Essas comunidades vivem em situação de isolamento geográfico, no interior da floresta amazônica, e acreditamos que enfrentam dificuldades para ter acesso aos serviços de saúde. Por essa razão não utilizaremos critérios probabilísticos para amostragem dos participantes. Estima-se a inclusão de aproximadamente 1.000 sujeitos. Trata-se do primeiro estudo sobre a situação geral de saúde dos povos da floresta Amazônica, com foco na contaminação ambiental por mercúrio e agravos associados. Componente: Análise da situação de Saúde Visa identificar os principais agravos presentes nas comunidades, incluindo doenças infecciosas e parasitárias (malária, hepatites virais, Sífilis, HIV/AIDS, Hanseníase e tuberculose), DCNT (diabetes melitus, hipertensão, anemia e distúrbios nutricionais), além de transtornos neuropsicológicos e transtornos mentais comuns. A ideia é delinear o cenário epidemiológico local e estimar a prevalência dos agravos em investigação. Para tanto, será utilizado um roteiro de entrevista semiestruturado que incluirá dados demográficos, socioeconômicos e de saúde (com auxílio de instrumentos validos internacionalmente – AUDIT e SRQ-2), além da caracterização da frequência de consumo de peixes e de outros itens alimentares. Nossa proposta trabalha com conceito de testes rápidos de diagnóstico. Os participantes receberão aconselhamento pré-teste por profissional treinado para testagem das doenças acima mencionadas. Aqueles que apresentarem resultados positivos para um ou mais testes rápidos, para os exames de diagnóstico de DCNT, ou exames sugestivos de uma das doenças incluídas em nosso projeto serão acolhidos e encaminhados para tratamento e acompanhamento na rede SUS dos municípios, conforme o fluxo de atendimento estabelecido no Amapá. Todo o material utilizado para os testes (lancetas, microcurvetas e kits) será descartável. Componente: Contaminação por mercúrio. Serão realizados análise de amostras de cabelo humano, peixes, avifauna e carne de caça, além de amostras ambientais de sedimentos e água para avaliar os níveis de contaminação por mercúrio. O cabelo e considerado o principal biomarcador em estudos de exposição ao mercúrio e representa uma amostra biológica simples de ser coletada, com técnica pouco invasiva aos sujeitos de pesquisa. Além disso, serão coletadas amostras de células esfoliativas da mucosa oral dos participantes afim de identificar polimorfismos em genes envolvidos com o metabolismo do mercúrio.

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.719-040

**UF:** DF

**Município:** BRASILIA

**Telefone:** (61)3315-5877

**E-mail:** [conep@saude.gov.br](mailto:conep@saude.gov.br)

Continuação do Parecer: 3.449.405

#### CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Todos os moradores das comunidades selecionadas que decidirem participar do estudo serão convidados para a investigação relativa à contaminação por mercúrio, fornecendo apenas amostras de cabelo. Para a investigação relativa à situação de saúde, uma avaliação clínica geral e a aferição de medidas de pressão arterial, peso, estatura, níveis de hemoglobina e glicemia, avaliação de transtornos mentais comuns e de uso de álcool, além de testes rápidos para diagnóstico de doenças infecciosas (malária, HIV, sífilis e hepatites B e C) serão ofertados para todos aqueles que desejarem participar da pesquisa e que assinarem o TCLE e/ou termo de assentimento. O teste para tuberculose será ofertado para os participantes que reportarem tosse produtiva (com escarro) com duração de 2 semanas ou mais. O diagnóstico de Hanseníase será realizado por avaliação clínico-dermatológica. A avaliação neuropsicológica será realizada em participantes com idade entre 6 e 11 anos. Participantes com menos de 5 anos de idade somente serão incluídos mediante assinatura do TCLE pelos pais e/ou responsáveis. No caso de adolescentes entre 6 e 18 anos, além da assinatura do TCLE pelos pais, consideraremos a participação no estudo por meio de termo de assentimento (ambos anexos a esta proposta). Para crianças e adolescentes menores de 18 anos serão realizados os mesmos testes acima mencionados, com exceção dos níveis de glicemia casual, de pressão arterial, da testagem rápida para HIV, sífilis e hepatites B e C, e da avaliação acerca de transtornos mentais comuns e de uso de álcool.

#### CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Serão excluídos da pesquisa aqueles que não quiserem participar do estudo e/ou se recusarem a assinar o TCLE. Também serão excluídos os menores de idade cuja autorização não for emitida pelos pais e/ou responsáveis. Por fim, não serão incluídas pessoas não residentes nas comunidades selecionadas e também aquelas tenham alguma incapacidade que não permita respostas espontâneas.

#### Objetivo da Pesquisa:

##### OBJETIVO (S) PRIMÁRIO (S)

Investigar o impacto à saúde humana e ao ambiente causado pela atividade garimpeira, com foco na contaminação por mercúrio, em áreas protegidas e entre povos da floresta, na parte Oriental da Amazônia.

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.719-040

**UF:** DF

**Município:** BRASILIA

**Telefone:** (61)3315-5877

**E-mail:** conep@saude.gov.br

Continuação do Parecer: 3.449.405

#### OBJETIVO (S) SECUNDÁRIO (S)

- Estimar a prevalência de doenças crônicas não transmissíveis nas comunidades investigadas, incluindo hipertensão arterial sistêmica, obesidade, desnutrição, anemia e diabetes;
- Estimar a prevalência de doenças infecciosas nas comunidades investigadas, incluindo doenças transmitidas por vetores (malária), por via sexual (HIV/AIDS, Sífilis, Hepatites B e C) e por contato direto (Hanseníase e Tuberculose);
- Estimar a prevalência de transtornos neuropsicológicos, transtornos mentais comuns e uso abusivo de álcool;
- Determinar as concentrações de mercúrio em compartimentos ambientais bióticos e abióticos relacionados à exposição da população de estudo;
- Determinar as concentrações de mercúrio em participantes das comunidades investigadas, por meio do uso de biomarcadores de exposição (cabelo);
- Determinar a frequência alélica, genotípica e haplotípica de polimorfismos genéticos envolvidos com metabolização do mercúrio na população de estudo;
- Avaliar a magnitude de associação dos polimorfismos estudados e o nível de mercúrio na população de estudo.

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

##### RISCOS

Em nosso trabalho nas comunidades, não realizaremos procedimentos médicos e intervenções em saúde complexas. Ou seja, não faremos procedimentos cirúrgicos, tratamentos com ou sem medicação, nem a realização de exames laboratoriais que envolvam a coleta de grandes amostras de sangue venoso (por exemplo, com seringas). A seguir serão detalhados os riscos inerentes a cada procedimento. Todos os participantes serão convidados a responder um questionário padronizado contendo informações gerais. Os riscos se restringem a um eventual constrangimento em responder alguma pergunta sobre hábitos de vida. Caso o participante se sinta incomodado com as perguntas, poderá nos interromper e sentir-se totalmente livre para não responder ou deixar de participar da pesquisa. Em seguida os participantes serão convidados para uma avaliação clínica que incluirá aferição dos níveis tensionais, peso, estatura, ausculta respiratória e inspeção de manchas na pele autorreferidas. Após a avaliação clínica, os participantes serão convidados a realizar testes rápidos para investigação de níveis de glicemia e hemoglobina, além dos seguintes agravos: malária, sífilis, HIV e hepatites B e C. Os testes rápidos serão efetuados por meio de punção digital com lanceta no dedo anular da mão não dominante. Para cada teste será coletada

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.719-040

**UF:** DF

**Município:** BRASILIA

**Telefone:** (61)3315-5877

**E-mail:** conep@saude.gov.br

# COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 3.449.405

uma única gota de sangue. Este procedimento poderá causar um pequeno mal-estar ou desconforto temporário ou dor no local da punção e, com menor possibilidade, abrasões ou infecções locais. Caso o participante refira tosse produtiva há mais de duas semanas, lhe será oferecido um pote coletor universal para que o mesmo deposite uma amostra de escarro para análise por meio do teste rápido molecular para tuberculose. Este procedimento é indolor, todavia poderá causar constrangimento ao participante e, por isto, vamos orientar que a coleta seja realizada em um local reservado, todavia arejado. A coleta de células epiteliais com o swab na bochecha é uma técnica utilizada e bem aceita por ser menos invasiva do que coleta de sangue. O procedimento é indolor, todavia poderá causar constrangimento ao participante e, por isto, poderá ser realizada em local reservado se assim o participante desejar. Para a avaliação da contaminação por mercúrio será coletada uma pequena mecha de cabelo da região da nuca do participante. Caso o participante se sinta de alguma forma aborrecido com o corte de uma pequena mecha de seu cabelo, o mesmo estará livre para nos informar e garantimos que esse procedimento não será realizado. Se por qualquer razão ocorrer algum imprevisto, comprovadamente relacionado com nossa visita à comunidade, a equipe garante que o participante prejudicado será ressarcido caso ocorram despesas com tratamentos médicos, deslocamentos ou outros problemas aqui não previstos. A realização de qualquer teste para diagnóstico pode causar ansiedade independentemente dos resultados, principalmente no caso do HIV, da sífilis e das hepatites B e C. Receber um resultado positivo confirmado pode causar um intenso impacto emocional. Todavia, os testes rápidos de sífilis e hepatites B e C não são confirmatórios de doença e a recomendação de tratamento e confirmação das doenças ficará a cargo dos profissionais de saúde locais. Se os resultados dos testes rápidos forem revelados a alguém por engano, isto poderá criar problemas com membros da família, amigos, parceiros, e/ou na sua comunidade. Nós envidaremos todos os esforços para que este tipo de engano não ocorra e apenas o sujeito de pesquisa tenha acesso aos resultados dos exames. Os testes rápidos serão codificados a fim de evitar sua identificação. O resultado será revelado ao participante somente, de forma privada, por membro da equipe treinado em aconselhamento pré e pósteste. Uma vez detectada a presença de enfermidades em investigação os casos identificados serão encaminhados às unidades de referência municipal e/ou estadual de acordo com as normas do sistema de regulação vigente no Amapá.

## BENEFÍCIOS

Como benefício direto desta pesquisa teremos a produção de evidências científicas acerca de uma eventual contaminação por mercúrio nas comunidades investigadas. Caso se comprove a

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.719-040

**UF:** DF

**Município:** BRASILIA

**Telefone:** (61)3315-5877

**E-mail:** [conep@saude.gov.br](mailto:conep@saude.gov.br)

# COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 3.449.405

existência de contaminação humana por mercúrio em alguma localidade, nós explicaremos as medidas que a comunidade deve tomar para evitar que a contaminação avance. Além disso, de maneira inédita em comunidades tradicionais da Amazônia também avaliaremos se existe alguma suscetibilidade genética associada à contaminação por mercúrio. Caso algum participante apresente sintomas de contaminação por mercúrio, nossa equipe o encaminhará para Macapá, capital do estado do Amapá para, uma avaliação médica e para realização de exames para confirmar se existem danos reais e quais as consequências dos mesmos. Outro benefício direto diz respeito a uma avaliação geral de saúde, numa perspectiva que envolve a estimativa da prevalência de DCNT (incluindo hipertensão arterial sistêmica, obesidade, desnutrição, anemia e diabetes), de doenças infecciosas e parasitárias (incluindo malária, DST, hanseníase e tuberculose), avaliação neuropsicológica e de transtornos mentais comuns nas comunidades investigadas. Entendemos que o diagnóstico precoce dos agravos em investigação pode colaborar para o manejo oportuno e adequado dos casos identificados e contribuir para minimizar sequelas e complicações, além de aprimorar a qualidade de vida dos participantes da pesquisa. Caso se comprove ainda que a comunidade está contaminada por mercúrio ou a presença de um número importante de casos das doenças em investigação, nossa equipe se compromete a elaborar um documento técnico para cobrar providências das autoridades para o enfrentamento do problema. Esse documento também poderá ser utilizado para apoiar a luta das lideranças contra a invasão de garimpeiros em seus territórios tradicionais. Nós entendemos que esse apoio técnico pode ser interpretado como benefício indireto de nosso trabalho. A equipe de pesquisa pretende envolver em todas as atividades planejadas atores locais que deverão ser treinados e capacitados nas estratégias de diagnóstico e controle das doenças em investigação, na identificação e orientação aos casos suspeitos de transtornos mentais comuns, bem como na prevenção do uso abusivo/inadequado de álcool. Além disso, nos comprometemos a realizar treinamento com uma equipe de profissionais de educação (das escolas selecionadas) sobre os principais pontos que devem ser considerados na avaliação do neurodesenvolvimento de escolares. Todos os dados fornecidos pelos participantes durante as entrevistas, assim como os resultados das análises de cabelo e dos testes rápidos e dos outros resultados da avaliação da saúde serão guardados em sigilo. Essa ação tem como objetivo garantir que as informações pessoais dos participantes não sejam reveladas a outras pessoas. Para preservar a identidade dos participantes, os dados pessoais, contendo nome, sobrenome, data de nascimento e nome de parentes não serão apresentados em nenhum momento, sobretudo por ocasião da divulgação dos resultados da pesquisa. A divulgação do trabalho será realizada por meio da elaboração de

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.719-040

**UF:** DF

**Município:** BRASILIA

**Telefone:** (61)3315-5877

**E-mail:** [conep@saude.gov.br](mailto:conep@saude.gov.br)

Continuação do Parecer: 3.449.405

documentos/relatórios contendo dados agregados sobre uma eventual contaminação por mercúrio e a presença de outros agravos na comunidade. A fim de dar retorno de nosso trabalho à comunidade, os resultados serão apresentados para as lideranças através de palestras e cartazes informativos. Além disso, elaboraremos artigos técnicos para publicação em revistas científicas para alertar as autoridades e a comunidade científica sobre o problema.

### **Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

#### **EMENDA 01**

A proposta inicial tem como objetivo geral investigar o impacto a saúde humana e ao ambiente causado pela atividade garimpeira, com foco na contaminação por mercúrio, em áreas protegidas e entre povos da floresta, na parte Oriental da Amazônia.

Após conhecimento dos resultados do presente estudo, outros grupos indígenas no país entraram em contato conosco a fim de pedir apoio para realização de projetos semelhantes em suas terras, que vem sendo cada vez mais ameaçadas pela invasão de garimpeiros ilegais em busca de ouro.

A fim de atender ao pedido da Associação Indígena Pariri o Pesquisador Responsável está propondo a ampliação de nossa área de estudo e população com a inclusão do Povo Indígena Munduruku no escopo de projeto original.

Não haverá inclusão de nenhum novo objetivo específico, bem como modificações na metodologia e na abordagem propostas no projeto original. Serão mantidos os mesmos critérios de inclusão e exclusão, o mesmo desenho de estudo, a mesma metodologia, assim como os mesmos TCLE previamente aprovados pelo Sistema CEP/Conep.

Os documentos alterados na presente emenda foram:

1. PROJETO DETALHADO – versão de 19/Jun/2019.

Razão principal para alteração:

1. Documento atualizado para englobar a ampliação de área de estudo e população, com a inclusão do Povo Indígena Munduruku no escopo de projeto original.

2. Alteração do laboratório que irá realizar as análises de níveis de mercúrio.

DE: Departamento de Química da Pontífice Universidade Católica do Rio de Janeiro.

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.719-040

**UF:** DF

**Município:** BRASILIA

**Telefone:** (61)3315-5877

**E-mail:** conep@saude.gov.br

# COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 3.449.405

PARA: Laboratório de Toxicologia da Seção de Meio Ambiente do Instituto Evandro Chagas do Pará.

3. Extensão do cronograma do estudo:

- a. Módulo 1: DE 1 a 30/08/2017 – PARA 1 a 30/08/2019.
- b. Módulo 2: DE 02/10 a 30/11/2017 – PARA 02/10 a 30/11/2019.
- c. Módulo 3: DE 15/02 a 15/05/2018 – PARA 15/02 a 15/05/2020.
- d. Módulo 4: DE 15/02 a 15/05/2018 – PARA 15/02 a 15/05/2020.

### Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide item "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações".

### Recomendações:

Vide item "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações".

### Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não foram identificados óbices éticos nesta emenda.

### Considerações Finais a critério da CONEP:

Diante do exposto, a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - Conep, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS nº 466 de 2012 e na Norma Operacional nº 001 de 2013 do CNS, manifesta-se pela aprovação da emenda proposta ao projeto de pesquisa.

Situação: Emenda aprovada.

### Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_1354015_E1.pdf	25/06/2019 14:47:04		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Amapa_19JUN2019_modificado.docx	25/06/2019 14:46:09	Paulo Cesar Basta	Aceito
Outros	Resp_Pendencia_documental_CONEP_CAAE_65671517100005240_17JUN2019.doc	25/06/2019 14:25:06	Paulo Cesar Basta	Aceito
Outros	Resp_Pendencia_documental_CONEP_CAAE_65671517100005240_24MAI	24/05/2019 12:10:40	Paulo Cesar Basta	Aceito

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.719-040

**UF:** DF

**Município:** BRASÍLIA

**Telefone:** (61)3315-5877

**E-mail:** conep@saude.gov.br

# COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 3.449.405

Outros	O2019.doc	24/05/2019 12:10:40	Paulo Cesar Basta	Aceito
Outros	Carta_Anuencia_IEC_Munduruku.pdf	10/05/2019 11:26:05	Paulo Cesar Basta	Aceito
Outros	Carta_Anuencia_DSEI_Tapajos.pdf	10/05/2019 11:25:34	Paulo Cesar Basta	Aceito
Outros	Carta_Associacao_Pariri_Munduruku2.pdf	10/05/2019 11:25:07	Paulo Cesar Basta	Aceito
Outros	Carta_Associacao_Pariri_Munduruku1.pdf	10/05/2019 11:24:44	Paulo Cesar Basta	Aceito
Outros	Emenda.docx	10/05/2019 11:23:43	Paulo Cesar Basta	Aceito
Outros	CARTA_RESPOSTA_A_CONEP_ProjetoAmapa_23AGOSTO2017_ASSINADA.pdf	23/08/2017 13:50:57	Paulo Cesar Basta	Aceito
Outros	CARTA_RESPOSTA_A_CONEP_ProjetoAmapa_23AGOSTO2017.docx	23/08/2017 13:44:17	Paulo Cesar Basta	Aceito
Folha de Rosto	Folhaderosto_PauloBasta.pdf	23/08/2017 13:42:19	Paulo Cesar Basta	Aceito
Outros	Formularioresppend_CONEP_ProjetoAmapa_08AGOSTO2017.docx	08/08/2017 11:57:22	Paulo Cesar Basta	Aceito
Outros	Anuencia_DSEI_Amapa.pdf	08/08/2017 11:48:22	Paulo Cesar Basta	Aceito
Outros	Anuencia_UNIFAP_coparticipante.pdf	08/08/2017 11:46:48	Paulo Cesar Basta	Aceito
Outros	Declaracao_Compromisso_FUNAI.pdf	08/08/2017 11:45:51	Paulo Cesar Basta	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_RL6a11_11julho2017_modificado.docx	08/08/2017 11:44:35	Paulo Cesar Basta	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_RL12a17_11julho2017_modificado.docx	08/08/2017 11:44:24	Paulo Cesar Basta	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_RL5menos_11julho2017_modificado.docx	08/08/2017 11:44:13	Paulo Cesar Basta	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_comunitario_11julho2017_modificado.docx	08/08/2017 11:44:04	Paulo Cesar Basta	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_18mais_11julho2017_modificado.docx	08/08/2017 11:43:51	Paulo Cesar Basta	Aceito

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.719-040

**UF:** DF

**Município:** BRASÍLIA

**Telefone:** (61)3315-5877

**E-mail:** conep@saude.gov.br



# COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 3.449.405

Outros	FolhaderostoPauloBasta.pdf	23/05/2017 16:35:23	Jennifer Braathen Salgueiro	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_comunitario_23mai2017_sem_marcacoes.docx	23/05/2017 14:26:06	Paulo Cesar Basta	Aceito
Outros	Formulario_resp_pend_parecer_2009174.docx	09/05/2017 15:10:40	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE_6a11_05mai2017_modificado.docx	09/05/2017 14:49:18	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE_12a17_05mai2017_modificado.docx	09/05/2017 14:49:10	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_comunitario_05mai2017_modificado.docx	09/05/2017 14:48:45	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_18mais_05mai2017_modificado.docx	09/05/2017 14:48:29	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_RL5menos_05maio2017_modificado.docx	09/05/2017 14:48:20	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_RL6a11_05maio2017_modificado.docx	09/05/2017 14:48:11	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_RL12a17_modificado.docx	09/05/2017 14:48:01	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	Declaracao_UEZO_modificado.pdf	09/05/2017 14:47:39	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Carta_Compromisso_pesquisador.pdf	09/05/2017 14:47:22	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Amapa_05MAIO2017_modificado.docx	09/05/2017 14:45:38	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Brochura Pesquisa	Projeto_Basico_05MAIO2017_modific	09/05/2017	LAÍS PICININI	Aceito

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.719-040

**UF:** DF

**Município:** BRASÍLIA

**Telefone:** (61)3315-5877

**E-mail:** conep@saude.gov.br

# COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 3.449.405

Brochura Pesquisa	ado.doc	14:44:49	FREITAS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Amapa_12MAR2017.pdf	12/03/2017 21:07:07	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Brochura Pesquisa	Projeto_Basico.pdf	12/03/2017 21:06:52	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Orçamento	Orcamento1.xlsx	12/03/2017 21:06:24	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Roteiro.pdf	12/03/2017 21:04:54	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	SRQ20.pdf	12/03/2017 21:03:47	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Memoria_reunao_projeto_mercurio_TIW ajapi_18JAN2017.docx	12/03/2017 21:02:54	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	LISTA_PRESENCA_Consulta_Previa_TI Wajapi_18JAN2017.pdf	12/03/2017 21:02:13	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	AUDIT.pdf	12/03/2017 20:59:47	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	12/03/2017 20:58:25	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_WWF.pdf	12/03/2017 20:57:01	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_UNIFAP_1.jpg	12/03/2017 20:56:42	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_SandraHacon.pdf	12/03/2017 20:56:17	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_Rovena.jpg	12/03/2017 20:55:33	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_RodrigoGoncalves.pdf	12/03/2017 20:55:10	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_Myriam.pdf	12/03/2017 20:54:52	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_Marcelo.pdf	12/03/2017 20:54:34	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_Maira.pdf	12/03/2017 20:54:13	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_LuisGrupioni.pdf	12/03/2017 20:53:46	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_LuisFernandez.pdf	12/03/2017 20:53:13	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_Lais.pdf	12/03/2017 20:52:56	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_Felipe.jpg	12/03/2017 20:51:56	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_ClaudiaMidao.jpg	12/03/2017 20:51:31	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_Anete.jpg	12/03/2017	LAÍS PICININI	Aceito

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.719-040

**UF:** DF

**Município:** BRASÍLIA

**Telefone:** (61)3315-5877

**E-mail:** conep@saude.gov.br

# COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 3.449.405

Outros	Anuencia_Anete.jpg	20:50:39	FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_JulianaRosalen.pdf	12/03/2017 20:49:54	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_JoseGodoy.pdf	12/03/2017 20:49:07	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_Jamila.pdf	12/03/2017 20:48:34	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_Lepe.pdf	12/03/2017 20:48:09	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_EuniceCunha.pdf	12/03/2017 20:47:51	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_Decio.jpg	12/03/2017 20:47:16	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_Claudia.pdf	12/03/2017 20:46:48	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_Carlos.pdf	12/03/2017 20:46:33	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_Apina.pdf	12/03/2017 20:45:54	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Outros	Anuencia_AndrePerisse.pdf	12/03/2017 20:45:28	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_assentimento_12MAR2017_c.doc	12/03/2017 20:43:02	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_12MAR2017_c.docx	12/03/2017 20:42:42	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	Declaracao_mat_bio.pdf	12/03/2017 20:41:54	LAÍS PICININI FREITAS	Aceito

## Situação do Parecer:

Aprovado

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.719-040

**UF:** DF

**Município:** BRASÍLIA

**Telefone:** (61)3315-5877

**E-mail:** conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE  
ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 3.449.405

BRASILIA, 10 de Julho de 2019

---

**Assinado por:**  
**Jorge Alves de Almeida Venancio**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.719-040

**UF:** DF

**Município:** BRASILIA

**Telefone:** (61)3315-5877

**E-mail:** conep@saude.gov.br

## **ANEXO 3**

À TANER

Às comunidades da calha do rio Mucajai

Assunto: Consulta prévia para o desenvolvimento de projeto de pesquisa  
Hètewei apè kii Ninam pek hapa wāli paiowei apè kii

Povo Ninam dos Polos Alto Mucajai e Uxi U.  
Ninam Peku Alto Mucajai Thëli e Uxi U Thëli.

Ao cumprimentar a todas as lideranças e a população da comunidade, informamos que em atendimento à Convenção N°169 da Organização Internacional do Trabalho (OIT), ao Plano de Gestão Territorial e Ambiental (PGTA) da Terra Indígena Yanomami (TIY) e ao Protocolo de Consulta do Povo Yanomami e Ye'kwana, vimos por meio deste documento consultá-los a respeito da autorização para entrada de uma equipe de pesquisa da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) nas aldeias *Kayanu e Uxiu* para o desenvolvimento do Projeto de Pesquisa "*Impacto do mercúrio em áreas protegidas e povos da floresta na Amazônia Oriental: Uma abordagem integrada saúde-ambiente*".

Kaho pata wamakuha ya thã tulu apè xumulihe, Conveção N°169 (OIT) **tuluxo PGTA thã tulu kama thã tulu kiope naha Yanomami Pekuxo, Ye' kuana Pekuxo yamak hapa wāli paiowei apè kii liplosi tulu yehe apè xumulihe, kaho wamaku ilihì pèhèm yamaku walowei Fiocruz thëli yamakuni Uxi u ilihì hèm, Alto Mucajai ilihì hèm, Baixo Mucajai ilihì hèm yamaku walowei yama apè peximapole. Hètewei liplosi yama thamawei kiteeni. "Ouro huamawei upëni ilihì patapata komoli xami mapoyalo: temi puluowei kiteeni ilihì temi kiotiwei kiteeni yamaku totihi telemamowei thã tulu apè kii"**

A equipe da Fiocruz, coordenada pelo Dr. Paulo Cesar Basta, pretende realizar um trabalho de saúde nos polos Alto Mucajai e Uxi U, em Novembro de 2021. Porém, esta data poderá ser alterada caso a pandemia de Covid-19 não seja controlada no Brasil.

Hei Dr. Paulo Cesar Basta apè kiini Fiocruz kiamawei pekuxo Alto Mucajai, Uxi U ilihì hèm Ninam peku totihi taaohèi kiteeni Novembro de 2021 themuha yamaku nihi huyalo. makii Covid-19 wayi naló latehe yamaku huha tolaithe.

O objetivo desta pesquisa é fazer um diagnóstico de saúde na comunidade, com foco na contaminação por mercúrio e nos perigos associados à atividade garimpeira.

Ouro huamawei upëni Ninam Yamaku umukewei apè kii hè yamaku pihi xaalilowei kiteeni yama apè thã thãpole.

Caso as lideranças autorizem a realização da pesquisa, assim que chegar à comunidade, a equipe da Fiocruz fará uma reunião para apresentar os objetivos do trabalho e a forma como o trabalho será realizado. Em seguida, a equipe fará visitas domiciliares e entrevistas com as famílias participantes.

Kaho pata wamakuni yamaku wāa hule thehe wamaku ilihī peha yamaku waloo thehe kami yamaku kiāa kuaape naha yama thā apè hilapole. Ūhu theha wamaku yanope komole hēm yamaku huithe, wamaku temi wali ithe.

Ao término das entrevistas, as famílias serão convidadas a realizar uma avaliação clínica e laboratorial com os pesquisadores.

Wamaku temi hē wālila luni, klaiwa pekuni heteuhei pekuni wamaku temi taapehe.

Nesta avaliação serão verificados peso e estatura e será coletada uma amostra de cabelo de todos os participantes (adultos e crianças). A amostra de cabelo será levada para o laboratório do Instituto Evandro Chagas em Belém-PA e será utilizada como marcador da contaminação ao mercúrio.

Uhu thehe pata pekuxo ulu pekuxo wamaku hule taao hei, yalehe taao hei apè kii wamaku hemakuhè sithāi xinaku hanila ithe, Ouro huamowei upe wayi heteo hei, Wamaku oxi walihiki taao hei kiteeni.

Os adultos, maiores de 12 anos (tanto homens como mulheres), também passarão por testes rápidos para saber se tem anemia, malária, hepatite, sífilis e HIV/AIDS. Além disso, passarão por uma avaliação clínica com um médico neurologista para verificar se a contaminação por mercúrio está provocando alguma lesão nos nervos das mãos e dos braços, assim como das pernas e dos pés, ou se o mercúrio está provocando dificuldades para andar ou fazer atividades rotineiras na comunidade.

Wālo pata pekuxo, thuwē pata pekuxo, huya pekuxo, moko pekuxo, yama temi taao hei thehe hēm naha yama wayi hete kuaape mamoki wapasipi taao hei, malária wayi taao hei, amoki wapasipi taao hei, moxi walasipe taao hei, AIDS wayi taao hei, inaha theku wayi apè kule yama theku wayi hetepe. Inaha kuyalo klaiwani iōxiipe taaoinei ouro huomawei upe wayi konasi hetewei kiteeni Ninam yamaku pokoko hēm mahkoki hēm wayi kulete pihī kuyalo taao wei apè kii.

As crianças menores de 5 anos passarão por uma avaliação do desenvolvimento infantil, por intermédio de uma consulta com uma médica pediatra.

Ninam ulu peku temi taao hei pata taao hei peku komoli totihi taaithe Medico pekuni taaithe.

Por fim, serão coletadas algumas amostras de carne dos peixes consumidos pela população para serem levadas para o laboratório do Instituto Evandro Chagas em Belém-PA para saber se os pescados estão contaminados pelo mercúrio.

Yalaka yama waowei yama hanalaluni, yalaka ŷahiki hē ouro huama wei upe konasi taao wei kiteeni.

Caso as lideranças e o povo Ninam das aldeias *do Alto Mucajai* e *Uxi U* concordem com a realização desta pesquisa, é preciso garantir a segurança da equipe que fará o trabalho, considerando que pode haver uma numerosa presença de garimpeiros na região.

Kaho Ninam pata wamakuni uhu kiawei wama thelema totihiioi, temi taatima klaiwa wama peku yai thelemai, waleku yalami kuayalo.

Também gostaríamos de saber se as lideranças e o povo Ninam das aldeias *do Alto Mucajai* e *Uxi U* autorizam que o trabalho de pesquisa possa ser registrado em áudio e vídeo para o compartilhamento com os grupos indígenas.

Kua yalo klaiwa peku kiā thehe wamaku nolāpe taathehe wama wā huape. Ai Ninam pekuha kahikiā huamawei taamawei kiteeni.

As lideranças indígenas abaixo identificadas entenderam os objetivos do trabalho a ser realizado nas comunidades e expressam sua concordância com o desenvolvimento da pesquisa acima citada:

Hei yatotole hēm tūlu katitile hēm pata peku wāha tūlu mamowei pekuni thā xaali hillemahe kiteeni, klaiwa peku kiawei totihi taalemahe kiteeni.

1) Carlos Paulson Xirixana	7) Saimon Xirixana
2) TANOCA XIRIXANA	8) Gilmar Xirixana
3) ARÃO XIRIXANA	9) KATA SHELDAXIRIXANA
4) Paulo Xirixana	10) LUIZA XIRIXANA
5) JEREMIAS XIRIXANA	11) Rosângela Desiamexirixana
6) Armando Xirixana João Neto XIRIXANA	12) <del>João</del> JUNIOR NINAM

<p>Eliseu Xirixana Yanomami Eliseu Xirixana Yanomami Presidente da TANER</p>	<p>Dr. Paulo Cesar Basta Pesquisador em Saúde Pública - Fiocruz</p>
--	---



## **ANEXO 4**



4257437

08620.009209/2021-86



MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA  
FUNDAÇÃO NACIONAL DO ÍNDIO

ASSESSORIA DE ACOMPANHAMENTO AOS ESTUDOS E PESQUISA

**Autorização de Ingresso em Terra Indígena nº 24/AAEP/2022**

IDENTIFICAÇÃO			
NOME:	PAULO CESAR BASTA	PROCESSO Nº:	08620.009209/2021-86
NACIONALIDADE:	BRASILEIRA	IDENTIDADE:	16.140.839
INSTITUIÇÃO/ENTIDADE:	FIOCRUZ - FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ e TEXOLI ASSOCIAÇÃO NINAN do Estado de Roraima (TANER).		
PATROCINADOR:			
OBJETIVO DO INGRESSO			
<p>PARA ATENDER A DEMANDA DA TANER, NOSSO GRUPO DE PESQUISA PRETENDE FAZER UMA AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO GERAL DE SAÚDE DAS COMUNIDADES INVESTIGADAS POR MEIO DE ENTREVISTAS E EXAME CLÍNICO COM FAMÍLIAS SELECIONADAS, A FIM DE: I) ESTIMAR A PREVALÊNCIA DE DOENÇAS CRÔNICAS NÃO TRANSMISSÍVEIS NAS COMUNIDADES INVESTIGADAS, INCLUINDO HIPERTENSÃO ARTERIAL SISTÊMICA, DESNUTRIÇÃO, ANEMIA E DIABETES; II) ESTIMAR A PREVALÊNCIA DE DOENÇAS INFECCIOSAS E PARASITÁRIAS NAS COMUNIDADES INVESTIGADAS, INCLUINDO DOENÇAS TRANSMITIDAS POR VETORES (MALÁRIA) E POR VIA SEXUAL (HIV/AIDS, SÍFILIS, HEPATITES B E C); ALÉM DE III) ESTIMAR OS NÍVEIS DE CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO POR INTERMÉDIO DA ANÁLISE DE AMOSTRAS DE CABELO DOS PARTICIPANTES E DE PEIXES REGULARMENTE CONSUMIDOS PELA POPULAÇÃO. POR INDICAÇÃO DA TANER, O TRABALHO DE CAMPO DEVERÁ SER REALIZADO NA REGIÃO DO ALTO E BAIXO RIO MUCAJAÍ, INCLUINDO INDÍGENAS RESIDENTES NAS ALDEIAS DE ÂPOLIHIPI, CAJU, LLIHIMAKOK, KUISI, LASASI, PORAPI, ILHA, JACARÉ, SIKAIMABIU, MILIKOWAXI, PEDRAL, WAIKAÚ E UXIU, LOCALIZADAS NO MUNICÍPIO DE MUCAJAÍ, NO ESTADO DO RORAIMA.</p>			
EQUIPE DE TRABALHO			
NOME	NACIONALIDADE	DOCUMENTO	
AMANDA CAVALCANTE FROTA	BRASILEIRA	51967	
ANA CLAUDIA SANTIAGO DE VASCONCELLOS	BRASILEIRA	12.157.124-4	
BRUNO HOJO REBOUÇAS	BRASILEIRA	65.486.445-7	
CRISTINA BARROSO HOFER	BRASILEIRA	07.648.621-6	
DANIEL DE OLIVEIRA D'EL REI PINTO	BRASILEIRA	34.604.178-3	
FERNANDA MAYARA NOGUEIRA	BRASILEIRA	336597915;	
JAMILA ALESSANDRA PERINI	BRASILEIRA	28.243.250-9	

JAQUELINE GATO BEZERRA	BRASILEIRA	6664675	
JOSEPH WILLIAM KEMPTON	INGLÊS	Passaporte: 500.527.413	
LUCAS INFANTOZZI ALBERTONI	BRASILEIRA	371343483	
MARCELO URBANO FERREIRA	BRASILEIRA	16.120.513-6	
MIRIAN AKIKO FURUTANI DE OLIVEIRA	BRASILEIRA	625589798	
PEDRO PAULO BASTA	BRASILEIRA	21.759.963-8	
RAIANE FONTES DE OLIVEIRA	BRASILEIRA	22.403.879-4	
RAFAELA WADDINGTON ACHATZ	BRASILEIRA	39.711.115-0	
ROBERTA MURASAKI CARDOSO	BRASILEIRA	25181635-7	
ROGÉRIO ADAS AYRES DE OLIVEIRA	BRASILEIRA	19.836.557-3	
SIMONE LADEIA ANDRADE	BRASILEIRA	6.883.736	
<b>LOCALIZAÇÃO</b>			
TERRA INDÍGENA:	YANOMAMI (Alto e Baixo Rio Mucajaí)	POVO INDÍGENA:	YANOMAMI
COORDENAÇÃO REGIONAL:	RORAIMA	CTL:	
<b>VIGÊNCIA DA AUTORIZAÇÃO</b>			
INÍCIO:	03 DE OUTUBRO DE 2022	TÉRMINO:	21 DE OUTUBRO DE 2022.
<b>Autorizo o Ingresso em Terra Indígena.</b>			
Brasília-DF, 28 de junho de 2022.			
<b>RESSALVAS:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta autorização inclui licença para uso de imagem, som e som de voz dos indígenas, para além do objeto desta autorização;</li> <li>• Esta autorização não inclui acesso ao conhecimento tradicional associado à biodiversidade;</li> <li>• Esta autorização não inclui acesso ao patrimônio genético;</li> <li>• Remeter à Assessoria de Acompanhamento aos Estudos e Pesquisas – AAEP/Presidência/Funai, mídia digital contendo: relatórios, artigos, livros, gravações audiovisuais, imagens, sons, outras produções oriundas do trabalho realizado e informações sobre o acesso na internet.</li> </ul>			



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Augusto Xavier da Silva, Presidente**, em 29/06/2022, às 17:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



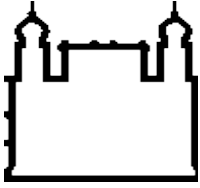
A autenticidade deste documento pode ser conferida no site:

[http://sei.funai.gov.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.funai.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4257437** e o código CRC **A38889E4**.

**Referência:** Processo nº 08620.009209/2021-86

SEI nº 4257437

## **ANEXO 5**



Ministério da Saúde

FIOCRUZ

Fundação Oswaldo Cruz

Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca



## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

### IMPACTO DO MERCÚRIO EM ÁREAS PROTEGIDAS E POVOS DA FLORESTA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: UMA ABORDAGEM INTEGRADA SAÚDE-AMBIENTE

Prezado(a) participante,

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa *“IMPACTO DO MERCÚRIO EM ÁREAS PROTEGIDAS E POVOS DA FLORESTA NA AMAZÔNIA ORIENTAL: UMA ABORDAGEM INTEGRADA SAÚDE-AMBIENTE”* que será desenvolvida por uma equipe multiprofissional de pesquisadores da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca da Fundação Oswaldo Cruz (ENSP/FIOCRUZ), em parceria com o Instituto Evandro Chagas (IEC/SVS/MS), com a Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), com a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com a Universidade de São Paulo (USP), com o Laboratório de Pesquisa de Ciências Farmacêuticas (LaPesF) do Centro Universitário Estadual da Zona Oeste (UEZO), com o Instituto Socioambiental (ISA), e com a Secretaria Especial de Saúde Indígena (SESAI), sob coordenação geral do Dr. Paulo Cesar Basta.

O objetivo geral desta pesquisa é investigar o impacto à saúde humana e ao ambiente provocado pela atividade garimpeira, com foco na exposição ao mercúrio, em áreas protegidas e entre povos da floresta, na Amazônia.

Após os esclarecimentos necessários, você será convidado(a) a responder algumas perguntas simples sobre suas condições de vida, a saúde e alimentação de sua família e sobre algumas atividades diárias realizadas na comunidade. Além disso, será convidado(a) a fornecer uma mecha com cerca de um centímetro e aproximadamente 50 fios de seu cabelo, que deverão ser retirados da região da nuca, na altura do pescoço. O cabelo coletado será analisado no laboratório do Instituto Evandro Chagas (IEC/SVS/MS), em Belém-PA, para avaliar se houve contaminação por mercúrio.

Também será coletada uma amostra de células da mucosa oral (parte de dentro da boca - bochecha) com auxílio de um *swab* (um tipo de cotonete) que, em seguida, será colocado em tubo, devidamente identificado. O material será encaminhado em recipiente adequado para transporte de material biológico para o Laboratório de Pesquisa de Ciências Farmacêuticas (LaPesF) do Centro Universitário Estadual da Zona Oeste (UEZO). Serão realizadas apenas análises referentes aos genes envolvidos com a metabolização do mercúrio no organismo humano, a saber: i) ALAD Ex4+13C>G (rs1800435) – Cromossomo 9q34; ii) GSTP1 A>G (rs1695) Ile (A) > Val (G) – Cromossomo 11q13; iii) IL6 -174G>C (rs1800795) – Cromossomo 7; iv) MMP2 -735 C>T (rs2285053) – Cromossomo 16; v) TNF- $\alpha$  1031T>C (rs1799964) – Cromossomo 6; vi) TNF- $\alpha$  -857C>T (rs1799724); vii) TNF- $\alpha$  308G>A (rs1800629); viii) VDR FokI C>T (rs2228570) – Cromossomo 12q13.11, se assim desejar.

As amostras de material biológico (cabelo e swab ou cotonete com sua saliva) ficarão armazenadas nos laboratórios de referência com organização e tendo o uso obedecendo aos princípios legais e éticos estabelecidos pelo Conselho Nacional de Saúde (CNS) – Resolução No. 347, de 13 de janeiro de 2005. Imediatamente após as análises propostas neste projeto o material será adequadamente descartado, conforme orientações do Regulamento Técnico para o Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA e de acordo

com os princípios do respeito à pessoa, privacidade e confidencialidade. Informamos que nenhuma outra análise será realizada com o material coletado.

Durante a realização de uma avaliação clínica geral serão realizadas medidas de pressão arterial, de peso e de estatura (altura) para saber se há nas comunidades alguma doença como hipertensão arterial (pressão alta), desnutrição e obesidade (chamadas doenças crônicas não-transmissíveis – DCNT). Faremos também um exame cuidadoso de reflexos, da força muscular e da sensibilidade dos nervos dos braços e das pernas para tentar descobrir se você tem uma anormalidade decorrente da contaminação por mercúrio. Além disso, nossa equipe pretende fazer um pequeno furo com um tipo de alfinete no seu dedo (punção digital) para coletar uma gota de sangue. Esse procedimento visa realizar testes rápidos para o diagnóstico de algumas doenças, como anemia, diabetes (açúcar no sangue), malária e outras que podem ser transmitidas por via sexual (AIDS, sífilis e hepatites B e C). Os resultados dos testes serão devolvidos a você de forma privada e confidencial, no próprio dia da realização dos exames. Os testes rápidos contendo resíduos de sangue serão descartados imediatamente após a leitura dos resultados, seguindo normas vigentes de biossegurança, em caixas apropriadas para o descarte de resíduos biológicos.

Faremos também algumas perguntas para avaliar a saúde mental e o consumo de bebidas alcoólicas. Nossa conversa terá duração aproximada de 30 minutos e será anotada em cadernos e equipamentos eletrônicos (tablets). Posteriormente, os dados serão guardados no computador para que possamos analisá-los com mais calma em outro momento.

Ressaltamos que sua participação é voluntária, ou seja, ela não é obrigatória. Qualquer pessoa tem liberdade para decidir se deseja ou não participar, como também desistir da participação a qualquer momento. Ninguém haverá qualquer tipo de prejuízo e/ou dano físico ou material caso você não queira ou desista de participar. Entretanto, lembramos que a participação de todos na sua comunidade será muito importante para o sucesso de nosso trabalho.

É importante dizer que a qualquer momento, durante nossa estadia na comunidade, ou posteriormente à realização de nosso trabalho, você poderá solicitar ao coordenador ou à equipe informações sobre a sua participação e/ou resultado dos exames realizados, e dados sobre o andamento da pesquisa. Se desejar, você poderá solicitar esclarecimentos através dos meios de contato (telefone, fax e correio eletrônico) apresentados ao final deste documento.

Como benefício direto da participação nesta pesquisa lembramos que, caso exista contaminação por mercúrio na comunidade, será possível identificar a presença desse elemento no cabelo. Se isto for comprovado, teremos evidências de que houve contaminação por mercúrio na comunidade e explicaremos as medidas que a comunidade deve tomar para evitar que a contaminação avance. Além disso, também avaliaremos se existe alguma sensibilidade ou resistência ao mercúrio nos seus genes. Caso você apresente sintomas de contaminação por mercúrio, nossa equipe notificará a Secretaria Especial de Saúde Indígena e o(a) encaminhará para o Sistema Único de Saúde (SUS) para uma avaliação médica detalhada e para realização de exames para confirmar se existem danos e quais as consequências.

Outro benefício direto diz respeito a uma avaliação geral de saúde dos moradores da comunidade. Ressaltamos que antes da realização dos testes rápidos para doenças transmitidas por via sexual, você receberá um aconselhamento a fim de esclarecer as dúvidas relacionadas a essas doenças e as consequências de uma eventual contaminação. Caso algum teste rápido revele-se positivo, será realizado um novo aconselhamento a fim de receber orientações sobre a doença e a melhor maneira de controlá-la. Os testes rápidos de sífilis e hepatites B e C não são confirmatórios de doença e, caso o resultado seja positivo, você será encaminhado para os profissionais de saúde locais, que são responsáveis pelo encaminhamento para confirmação das doenças. Se você tiver um resultado positivo para um ou mais testes rápidos, para os exames de diagnóstico de DCNT, ou exame físico sugestivo de uma das doenças incluídas em nosso projeto, você será encaminhado(a) para tratamento e acompanhamento por um profissional de saúde devidamente capacitado junto às equipes de saúde do DSEI Yanomami ou das unidades de saúde do SUS, conforme o fluxo de atendimento pré-estabelecido.

Caso se comprove que a comunidade está contaminada por mercúrio ou seja detectada a presença de um número importante de casos das doenças em investigação, nossa equipe se compromete a elaborar um documento técnico para cobrar providências das autoridades para o enfrentamento do problema. Esse documento também poderá ser utilizado para apoiar a luta das lideranças contra a invasão de garimpeiros em seus territórios tradicionais. Nós entendemos que esse apoio técnico pode ser interpretado como benefício indireto de nosso trabalho.

Em nosso trabalho na comunidade, não realizaremos procedimentos médicos e intervenções em saúde complexa. Ou seja, não faremos procedimentos cirúrgicos, tratamentos com ou sem medicação, nem a realização de exames laboratoriais que envolvam a coleta de grandes amostras de sangue venoso (por exemplo, com seringas). Por essa razão, nós entendemos que os riscos de sua participação são pequenos e se restringem a um eventual constrangimento em responder alguma pergunta sobre hábitos de vida, ou mesmo um pequeno desconforto ao cortarmos alguns fios de cabelo ou ainda um pequeno mal-estar ou dor na hora de puncionar o dedo para realização dos testes rápidos. Caso você se sinta incomodado com as perguntas, poderá nos interromper e sentir-se totalmente livre para não responder ou deixar de participar da pesquisa. Caso você se sinta, de alguma forma aborrecido com o corte de uma pequena mecha de seu cabelo é só nos avisar que não faremos esse procedimento. Se por qualquer razão ocorrer algum imprevisto, comprovadamente relacionado com nossa visita à comunidade, a equipe garante que a pessoa prejudicada será ressarcida caso ocorram despesas com tratamento médico, deslocamentos ou outros problemas aqui não previstos.

Todos os dados fornecidos por você durante nossas conversas, assim como os resultados das análises do cabelo, das células da boca e de toda a avaliação de saúde, incluindo os testes rápidos, serão guardados em segredo. Essa ação tem como objetivo garantir que as informações pessoais não sejam reveladas a outras pessoas. Para preservar a sua identidade, dados pessoais, tais como nome, sobrenome, data de nascimento, nome de parentes não serão apresentados em nenhum momento, nem mesmo quando for feita a divulgação dos resultados da pesquisa. Lembramos que somente o coordenador da pesquisa e os membros da equipe é que terão acesso ao conteúdo de nossas conversas e aos dados coletados.

A divulgação do trabalho será realizada por meio da elaboração de documentos/relatórios contendo dados sobre uma eventual contaminação por mercúrio e a presença de outros problemas de saúde na comunidade. A fim de dar retorno de nosso trabalho à comunidade, os resultados serão apresentados para as lideranças através de palestras e cartazes informativos. Além disso, elaboraremos artigos técnicos para publicação em revistas científicas para alertar as autoridades sobre a situação.

Ao final da pesquisa, o material será mantido em arquivo, por pelo menos 5 anos, conforme orienta a Resolução Nº 466/2012 e o Comitê de Ética em Pesquisa da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca (CEP/ENSP).

Este documento foi redigido em duas vias de igual teor. Ao final de sua leitura e somente após os esclarecimentos necessários e sua assinatura ou a colocação de sua impressão digital concordando em participar de nossa pesquisa é que a mesma será iniciada. Uma das vias que contém os contatos do coordenador e do comitê de ética lhe será entregue.

Vale lembrar que ao assinar esse termo de consentimento você não está renunciando a seus direitos de cidadão, inclusive o de pleitear indenização nos termos na lei, quando cabível e ficar claramente demonstrada a relação de danos de qualquer natureza com as atividades relacionadas com esta pesquisa.

---

Em caso de dúvida quanto à condução ética do estudo, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da ENSP. O Comitê de Ética é a instância que tem por objetivo defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade, visando ainda contribuir para o desenvolvimento das pesquisas dentro de padrões éticos. Sendo assim, o comitê tem o papel de avaliar e monitorar o andamento do protocolo de pesquisa e garantir a observância aos princípios de proteção aos direitos humanos, à dignidade, à autonomia, à não maleficência, à confidencialidade e à privacidade.

---

Comitê de Ética em Pesquisa da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca (CEP/ENSP)

Telefone e fax: (21)2598-2863

Correio eletrônico: cep@ensp.fiocruz.br

<http://www.ensp.fiocruz.br/etica>

Endereço: Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca/ FIOCRUZ, Rua Leopoldo Bulhões, 1480 –Térreo - Manguinhos - Rio de Janeiro – RJ - CEP: 21041-210

---

Se desejar, consulte ainda a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (Conep):

Tel: (61) 3315-5878 / (61) 3315-5879

E-Mail: conep@saude.gov.br

---

Pesquisador responsável: Dr. Paulo Cesar Basta

Telefone e fax: (21)2598-2683

Correio eletrônico: pcbasta@ensp.fiocruz.br

---

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Nome e Assinatura do Pesquisador – (pesquisador de campo)

Declaro que entendi os objetivos e condições de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

\_\_\_\_\_  
Nome e Assinatura do(a) participante da pesquisa

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



## **ANEXO 6**

 Timbre  
Ministério da Saúde  
Secretaria Especial de Saúde Indígena  
Gabinete  
Coordenação Setorial de Gestão de Riscos e Integridade

OFÍCIO Nº 172/2022/SESAI/CORISC/SESAI/GAB/SESAI/MS

Brasília, 26 de outubro de 2022.

**Ao Senhor**

PAULO CÉSAR BASTA

Médico e Pesquisador Titular em Saúde Pública

Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca

Fundação Oswaldo Cruz - Departamento de Endemias Samuel Pessoa

Rua Leopoldo Bulhões, 1480, Manguinhos

CEP: 21041-210 - Rio de Janeiro-RJ

**Assunto: Relatório das ações realizadas no âmbito da pesquisa realizada no Polo Base Baixo Mucajá e capacitação do controle de malária no DSEI Yanomami.**

**Ref.: Para resposta referenciar o NUP 25000.023673/2022-82.**

Prezado,

Trata-se das ações realizadas no âmbito da pesquisa realizada no Polo Base Baixo Mucajá e capacitação do controle de malária no DSEI Yanomami, conforme as ações previstas no Projeto FIOCRUZ (0029595003).

Tendo em vista que a Fiocruz atendeu a um pedido da Texoli Associação Ninam do Estado de Roraima, tendo como objetivo principal do projeto a avaliação da situação geral de saúde da comunidade, entende-se que o escopo do projeto estavam previstos atendimentos de saúde (consulta), procedimentos de testagem rápida e capacitação de profissionais da EMSI.

Neste sentido, faz-se necessário acompanhar as ações realizadas em terra indígena Yanomami, bem como a inserção dos dados dos atendimentos realizados pelos profissionais de saúde no SIASI.

Deste modo, solicita-se o envio de relatório preliminar a esta Secretaria para podermos seguir com os procedimentos citados acima.

Assim, a SESAI conta com os bons préstimos desta Fundação e se mantém à disposição para esclarecer quaisquer dúvidas.

Atenciosamente,

**LUANA COSTA VASCONCELOS**

Secretária Especial Adjunta de Saúde Indígena



Documento assinado eletronicamente por **Luana Costa Vasconcelos, Secretário(a) Adjunto(a) Especial de Saúde Indígena**, em 08/11/2022, às 11:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º, logotipo do art. 4º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#); e art. 8º, da [Portaria nº 900 de 31 de Março de 2017](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.saude.gov.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.saude.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código Assinatura verificador **0030015019** e o código CRC **90078C1A**.

**Referência:** Processo nº 25000.023673/2022-82

SEI nº 0030015019

Secretaria Especial de Saúde Indígena - SESAI  
SRTV 702, Via W5 Norte - Bairro Asa Norte, Brasília/DF, CEP 70723-040  
Site - [saude.gov.br](http://saude.gov.br)

## **ANEXO 7**

Curso de Atualização Profissional

***“Vigilância e monitoramento de populações expostas ao mercúrio no Brasil”***

Certificação: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio / Fiocruz

Número de vagas: até 50 alunos

Perfil alunos: profissionais das EMSI, referências técnicas, controle social e colaboradores da Funai.

Período: 29/01 a 02/02/2024

Inscrições: <https://forms.gle/g6gNG1gHOaWB2MDE7>

**Pesquisadores/Docentes:**

Paulo Cesar Basta (Departamento de Endemias Samuel Pessoa – DENSP / Escola Nacional de Saúde Pública – ENSP)

Ana Claudia Santiago de Vasconcellos (Laboratório de Educação Profissional em Vigilância em Saúde Ambiental – LAVSA / Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio – EPSJV)

Alexandre Pessoa Dias (Laboratório de Educação Profissional em Vigilância em Saúde Ambiental – LAVSA / Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio – EPSJV)

Gina Luisa Carvalho Boemer (Bolsista do Projeto "*No caminho das águas, a retomada da saúde Yanomami*")

Isabela Freitas Vaz (Mestranda do Programa de Epidemiologia em Saúde da Pública da Escola Nacional de Saúde Pública – ENSP)

Atividade presencial

Local: sede da CR-FUNAI, em Boa Vista-RR.

**Ementa:**

O curso tem como objetivo apresentar e debater aspectos históricos da expansão do garimpo de ouro e do uso indiscriminado do mercúrio, na Amazônia, e suas consequências para a saúde de populações tradicionais e para o ecossistema local.

Serão apresentados aspectos químicos do mercúrio como elemento natural, será elucidado o ciclo biogeoquímico do mercúrio na natureza, assim como serão debatidas as principais atividades antrópicas responsáveis pelo aumento dos níveis de mercúrio disponíveis no ambiente Amazônico, com ênfase no garimpo de ouro.

Os participantes terão oportunidade de entender os principais problemas produzidos pelo mercúrio no corpo humano e de que modo é possível identificar indivíduos cronicamente expostos e/ou contaminados. Além disso, serão debatidos limites e possibilidades da notificação de casos de exposição crônica/contaminação nos sistemas de informação em saúde, e as medidas que devem ser tomadas para monitorar e encaminhar os casos suspeitos para tratamento.

Por fim, serão apresentados resultados das pesquisas desenvolvidas pelo grupo de pesquisa “Ambiente, Diversidade e Saúde” da Fiocruz junto ao povo indígena Yanomami de Roraima, das regiões de Mucajaí-RR e Maturacá-AM.

### Programação de atividades

29/01/2024: Reunião de planejamento com a equipe da coordenação e DIASI do DSEI-YY (09:00 às 12:00).

29/01/2024: Reunião de prestação de contas com equipe da coordenação regional da Funai-RR (14:00 às 18:00).

30/01/2024: Aula 1 – O ciclo do Mercúrio no ambiente amazônico (atividade teórica): 08:00 às 12:00

31/01/2024 Aula 2 – Biomarcadores de exposição humana ao mercúrio (atividade teórica das 08:00 às 12:00; atividade prática de 14:00 às 18:00)

01/02/2024: Aula 3 – Efeitos do mercúrio à saúde humana. Estudo de caso: Os impactos do garimpo ilegal de ouro e as consequências da contaminação por mercúrio entre o povo indígena Yanomami de Roraima (atividade teórica das 08:00 às 12:00).

01/02/2024: Aula 4 - A notificação de casos e a vigilância de populações expostas ao Mercúrio: (atividade prática das 14:00 às 18:00)

02/02/2024: Aula 5 – Análise da qualidade da água: Estudo de caso na região do Polo Base de Maturacá: (atividade teórica das 08:00 às 12:00)

02/02/2024: Encaminhamentos com equipe do DSEI-YY (14:00 às 18:00)

### Textos de apoio

1. Achatz, R. W., de Vasconcellos, A. C. S., Pereira, L., Viana, P. V. D. S., & Basta, P. C. (2021). Impacts of the Goldmining and Chronic Methylmercury Exposure on the Good-Living and Mental Health of Munduruku Native Communities in the Amazon Basin. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(17), 8994.
2. Arrifano, G.P.; Martín-Doimeadios, R.C.; Jiménez-Moreno, M.; Ramírez-Mateos, V.; da Silva, N.F.; Souza-Monteiro, J.R.; Augusto-Oliveira, M.; Paraense, R.S.; Macchi, B.M.; do Nascimento, J.L.; et al. Large-scale projects in the amazon and human exposure to mercury: The case-study of the Tucuruí Dam. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **2018**, 147, 299–305.
3. Bakker, L.B.; Gasparinetti, P.; de Queiroz, J.M.; Vasconcellos, A.C.S. Economic Impacts on Human Health Resulting from the Use of Mercury in the Illegal Gold Mining in the Brazilian Amazon: A Methodological Assessment. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, 18, 11869. <https://doi.org/10.3390/ijerph182211869>
4. Basta, P.C. Garimpo ilegal de ouro na Amazônia: a raiz da crise sanitária Yanomami. *Cad Saude Publica* 2023, 39 elocation e2023098
5. Basta, P.C.; Vasconcellos, A.C.d. Garimpo de Ouro na Amazônia: Crime, Contaminação e Morte. Lorena-SP, Uk'a Editorial, 2023, 352pp.
6. Basta, P.C.; Viana, P.V.d.S.; Vasconcellos, A.C.S.d.; Périssé, A.R.S.; Hofer, C.B.; Paiva, N.S.; Kempton, J.W.; Ciampi de Andrade, D.; Oliveira, R.A.A.d.; Achatz, R.W.; Perini, J.A.; Meneses, H.d.N.d.M.; Hallwass, G.; Lima, M.d.O.; Jesus, I.M.d.; Santos, C.C.R.d.; Hacon, S.d.S. Mercury Exposure in Munduruku Indigenous Communities from Brazilian Amazon: Methodological Background and an Overview of the Principal Results. *Int. J.*

7. Crespo-Lopez, M.E.; Augusto-Oliveira, M.; Lopes-Araújo, A.; Santos-Sacramento, L.; Yuki Takeda, P.; Macchi, B.M.; Do Nascimento, J.L.M.; Maia, C.S.F.; Lima, R.R.; Arrifano, G.P. Mercury: What can we learn from the Amazon? *Environ. Int.* **2021**, *146*, 106223.
8. Garcia HM, de Garcia Alves Feitosa G, de Menezes HL, Figueiredo TMR, Alves RNP, Lima NNR, Reis AOA, Araújo JEB, de Carvalho SMF, Machado SSF, Lima DGS, Neto MLR, Júnior JG, Feitosa PWG. Pandemic of hunger: The severe nutritional deficiency that kills Yanomami ethnic children. *J Pediatr Nurs.* 2022 Jul-Aug;65:e1-e2. doi: 10.1016/j.pedn.2021.11.024.
9. Kempton, J. W., Périssé, A. R. S., Hofer, C. B., de Vasconcellos, A. C. S., de Sousa Viana, P. V., de Oliveira Lima, M., ... & Basta, P. C. (2021). An assessment of health outcomes and methylmercury exposure in Munduruku indigenous women of childbearing age and their children under 2 years old. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(19), 10091.
10. Oliveira, R. A. A. D., Pinto, B. D., Rebouças, B. H., Ciampi de Andrade, D., Vasconcellos, A. C. S. D., & Basta, P. C. (2021). Neurological Impacts of Chronic Methylmercury Exposure in Munduruku Indigenous Adults: Somatosensory, Motor, and Cognitive Abnormalities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(19), 10270.
11. Santos Serrão de Castro, N.; de Oliveira Lima, M. Hair as a biomarker of long-term mercury exposure in Brazilian Amazon: A systematic review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2018**, *15*, 500.
12. Vasconcellos, A.C.S.d.; Ferreira, S.R.B.; de Sousa, C.C.; de Oliveira, M.W., de Oliveira Lima, M.; Basta, P.C. Health Risk Assessment Attributed to Consumption of Fish Contaminated with Mercury in the Rio Branco Basin, Roraima, Amazon, Brazil. *Toxics.* 2022 Aug 31;10(9):516. doi: 10.3390/toxics10090516.
13. Vasconcellos, A.C.S.d.; Hallwass, G.; Bezerra, J.G.; Aciole, A.N.S.; Meneses, H.N.d.M.; Lima, M.d.O.; Jesus, I.M.d.; Hacon, S.d.S.; Basta, P.C. Health Risk Assessment of Mercury Exposure from Fish Consumption in Munduruku Indigenous Communities in the Brazilian Amazon. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 7940. <https://doi.org/10.3390/ijerph18157940>
14. Vasconcellos, A.C.S.d., Barrocas, P. R. G., Ruiz, C. M. V., Mourão, D. D. S., & Hacon, S. D. S. (2018). Burden of Mild Mental Retardation attributed to prenatal methylmercury exposure in Amazon: local and regional estimates. *Ciencia & saude coletiva*, *23*, 3535-3545.
15. Vega, C. M., Orellana, J. D., Oliveira, M. W., Hacon, S. S., & Basta, P. C. (2018). Human mercury exposure in yanomami indigenous villages from the Brazilian Amazon. *International journal of environmental research and public health*, *15*(6), 1051.
16. World Health Organization. *Guidance for Identifying Populations at Risk from Mercury Exposure*; Mercury Publications: Geneva, Switzerland, 2008.

## **ANEXO 8**





# Impacto do Mercúrio em Áreas Protegidas e Povos da Floresta na Amazônia: Uma Abordagem Integrada Saúde-Ambiente



Participante: **Ninam Ninam** Código: **LA-01-01-01** Aldeia: **Ninam**

Sexo: **Masculino** Data de Nascimento: **XX/XX/XXXX** Data de Coleta: **08/10/2022**

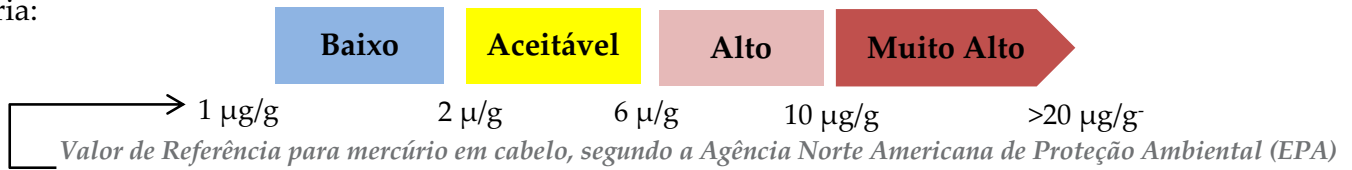
## 1) Sobre a análise de mercúrio em amostras de cabelo (concentração de mercúrio)

Esta análise mediu a quantidade de mercúrio que foi absorvida pelo seu organismo devido ao consumo de pescado contaminado. A parte do cabelo analisada (2 cm próximos à raiz) corresponde ao mercúrio que foi absorvido pelo seu corpo durante os 30 dias anteriores a data da coleta da amostra.

2) Resultado da sua análise (concentração de mercúrio no cabelo) **→ XX,X µg/g**

## 3) Como interpretar o resultado da sua análise?

Dependendo da quantidade de mercúrio detectada na sua amostra de cabelo, o risco de adoecer varia:



4) A quantidade de mercúrio detectada revela que o seu risco de adoecer é: **Muito Alto**

Concentração de mercúrio na sua amostra de cabelo	xx,x µg/g
Concentração média de mercúrio na comunidade de <b>NINAM</b>	xx,x µg/g
Concentração média de mercúrio em < 12 anos de <b>NINAM</b>	xx,x µg/g

## 5) Quantidade de mercúrio detectada no pescado da sua comunidade, de acordo com a pesquisa da Fiocruz:

Concentração de mercúrio	Baixa (< 0,1 µg/g)	Aceitável (0,1 – 0,5 µg/g)	Alta (> 0,5 µg/g)
Nome dos Peixes	sarapó, jundiá, curimatã, acari-bodó	braço de moça, peixe-cachorro, mandí, piranha, acaratinga	mandubé

## 6) Outras informações importantes sobre a sua saúde:

Pressão Arterial Sistólica (PAS): **XXX mmHg**  
 Pressão Arterial Diastólica (PAD): **XX mmHg**

Valor de Referência:  
 PAS < 140 mmHg  
 PAD < 90 mmHg

Hemoglobina: **XX,X g/dL**

Valor de Referência:  
 2 a 6 anos: 11,5 – 13,5 g/dL | 6 a 12 anos: 11,5 a 15,5 g/dL  
 Homens > 12 anos: 14,0 a 18,0 g/dL  
 Mulheres > 12 anos: 12,0 a 16,0 g/dL | Mulheres Grávidas > 11,0 g/dL

Glicemia Casual: **XXX mg/dL**

Valor de Referência: < 200 mg/dL

## Responsáveis

**Dr. Paulo Cesar Basta**  
 Médico | Pesquisador em Saúde Pública

**Dr. Marcelo de Oliveira Lima**  
 Químico | Pesquisador em Saúde Pública

## **ANEXO 9**

## Article

# Environmental Geochemical Analysis in the Yanomami Indigenous Land, Mucajaí River Basin, State of Roraima, Brazil

Patricia Duringer Jacques <sup>1,\*</sup>, Eduardo Paim Viglio <sup>1</sup>  and Daniel de Oliveira d'El Rei Pinto <sup>2</sup><sup>1</sup> CPRM—Geological Survey of Brazil, Rio de Janeiro 22.290-255, Brazil; eduardo.viglio@sgb.gov.br<sup>2</sup> Habitat Geo and Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro 22.290-255, Brazil; daniel@habitatgeo.com.br

\* Correspondence: patricia.jacques@sgb.gov.br

**Abstract:** The Yanomami Indigenous Land in the Amazon has a long history of illegal artisanal gold mining, leading to concerns about mercury (Hg) contamination. This study has conducted a geochemical analysis to assess Hg contamination from these mining activities. Geological materials, including river water and stream sediments, were collected from 14 predetermined points based on the Geological Survey of Brazil's methodology. The results revealed that water samples did not show Hg contamination above the limits set by the National Council of the Environment (Conama) Resolution 357. However, two stream sediment samples, particularly PJS009 and PJS010 collected from the Mucajaí River, exceeded the Conama Resolution 454's limit of 0.17 mg/kg. A Hg content of 0.344 mg/kg was found in the sediment sample PJS009, the one collected further upstream in the Mucajaí River, and 1.386 mg/kg was found in sample PJS010, also in the Mucajaí River in the region shortly before the Fumaça Waterfall, indicating that the sediments of the Mucajaí River may be contaminated with Hg from the Fumaça Waterfall upstream.

**Keywords:** environmental geochemical; Yanomami Indigenous Land; mercury contamination**Citation:** Jacques, P.D.; Viglio, E.P.; de Oliveira d'El Rei Pinto, D.Environmental Geochemical Analysis in the Yanomami Indigenous Land, Mucajaí River Basin, State of Roraima, Brazil. *Toxics* **2023**, *11*, 861. <https://doi.org/10.3390/toxics11100861>

Academic Editors: Paulo Cesar Basta and Ana Claudia Santiago De Vasconcellos

Received: 7 July 2023

Revised: 19 September 2023

Accepted: 22 September 2023

Published: 14 October 2023



**Copyright:** © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Introduction

There is a long history of metal mining in Brazil, which has polluted geological materials such as sediments, waters, oceans, and soils. These geological materials can reflect anthropogenic contamination sources [1–4] from the Anthropocene Epoch [5,6], when the human race began altering the planet, including long-term global geologic processes, at an increasing rate. This is even the case in places that should be isolated, such as regions designated as indigenous land in the Amazon region.

Being the region with the greatest biodiversity on the planet, the Amazon Region is home to more than half of the indigenous peoples of Brazil. They have developed a traditional way of life, intrinsically marked by their relationship with the environment, provided by the abundance of natural resources.

Although there are marks in the landscape from settlements, structures for managing water and fishing, and small fires from the beginning of the Christian era, it was the contact with European civilization from the 16th century onwards that caused the man–nature relationship in the Amazon to change.

New pressures on the biome are related, among other factors, to population growth, the search for natural resources, the rise of the capitalism model, technological development, the increase in land value, and the expansion of the agricultural frontier [7,8]. Intense migratory flows created cities and municipalities and boosted old urban centers with the discovery of gold deposits in the region. Along with other sociospatial fronts and processes, mining contributed to occupying the demographic frontier and consolidating the regional space [9].

These pressures have been growing over the years. According to data from the MapBiomias Project [10], from 1985 to 2021, there was a loss of 44.16 million hectares of

forest cover in the Amazon biome. On the other hand, in the same period, there was an increase of 44.52 million hectares of areas occupied by agricultural activities, 225,867 ha of urban areas, and 217,387 ha of areas occupied by mining in the Amazon.

Widespread in the region, mining has been developed in different territories and, unfortunately, indigenous lands did not escape this process. Artisanal mining (garimpo) in indigenous lands, in addition to being illegal, is marked by the indiscriminate use of mercury—a metal used to separate gold from sediments, causing serious impacts on the environment and human health. After its release into the environment, this metal undergoes several chemical transformations, being incorporated into the food chain and, thus, reaching humans and being able to cause, in addition to sensory and motor neurological problems, other serious illnesses. The presence of mercury in the food chain is especially harmful in the Amazon since fishing is an essential activity [11]. There is a wide range of exposure, with average levels of mercury in hair samples above 15 µg/g in several Amazonian communities, placing them among the highest levels reported in the world [12,13].

One of the most affected territories by illegal gold mining in the Amazon is the Yanomami Indigenous Land, a place that has seen an explosion in prospecting activity in recent years, based on data from the Mapbiomas project [10]. This data highlights that the area dedicated to this activity surpassed 650 hectares in 2019, reaching 920 and 1,556 hectares, respectively, in subsequent years. Despite the advances obtained with remote sensing methodologies for environmental monitoring in Brazil, some regional specificities are probably not detected in this analysis, as is the case for mining carried out on rafts routinely seen in several Amazonian water bodies. They are smaller than the spatial resolution of Landsat images (30 m) and also migrate easily via the great rivers of the region. This fact was corroborated during this field work when an illegal mining raft was observed to be active on the Mucajaí River (latitude 2.759953°; longitude -62.290173°—Geographical Coordinates/SIRGAS Horizontal Datum 2000), close to the Fumaça Waterfall. However, it was “imperceptible” in Landsat images and in many other images with spatial resolution.

Since 2016, there has been some accelerated growth according to data from the National Institute of Spatial Research (INPE) [13], including in the Yanomami Indigenous Lands, caused by illegal mining, which increased from 0.1 km<sup>2</sup> in 2016 to 4.2 km<sup>2</sup> in 2020. There was an interruption in the identification of artisanal mining between the years 1998 and 2015. This may be related to the limitations of identifying mining by remote management or even the fact that mining in the Yanomami Indigenous Land (IL) in the 1980s and 1990s took place in isolated spots in the Serra do Surucucu. Moreover, tracks were bombed by the federal government, and mining was extinguished in the area. The return in 2017 was due to newly discovered gold and tantalite in another region.

Overlapping data from the National Mining Agency (ANM) within the limits of the Yanomami territory and its immediate surroundings of 5 km reveal the existence of 624 mining processes in different phases, the majority of which (94%) are in the research requirements phase, which is the first step to start the whole mineral process.

According to research carried out in the geographic information system of the National Mining Agency (SIGMINE) [14], the most coveted substance is gold, with more than 700,000 hectares required in that spatial area for this metal of great market value. Despite gold being the main target of the mining sector in the region, cassiterite and tantalite also arouse great interest with a required area of over 320,000 hectares.

A study published by the Geological Survey of Brazil (SGB) [15] in 2017 produced the geochemical atlas of the state of Roraima for approximately 54 chemical elements based on the collection stations of river water, river sediments, and soils from 2011. Among them, 429 river sediment samples were collected throughout the state, with the exception of indigenous areas in the state (including the Mucajaí River Basin). In the case of sediment samples for Hg analysis, only 204 points out of the 429 collected (48%) had an Hg value above the detection limit. The minimum value detected was 0.005 mg/kg and the maximum value was 1.05 mg/kg, the latter recorded in the Jufari River Basin. In the geochemical atlas of the state of Roraima, around 10% of stream sediment samples and 30% of soil samples

showed content above the crustal average for Hg (0.08 mg/kg). Unfortunately, there was no collection of samples in the area studied in this article.

Bearing in mind the impact of such prospecting activity on the health of the Yanomami indigenous people who live on the banks of the Mucajaí River, with a focus on exposure to mercury, this paper analyzes the geological material (river water and stream sediment) collected in the Hydrographic Basin of the Mucajaí River (Roraima, Brazil), in October 2022, using the methodology developed by the Geological Survey of Brazil for a low-density geochemical survey.

This work is part of a research project of the Oswaldo Cruz Foundation—FIOCRUZ, known as “Impact of mercury in protected areas and forest peoples in the Eastern Amazon: an integrated health-environment approach”, which obtained the authorization of Entry into Indigenous Land number 67/AAEP/PRES/2022 from the National Indian foundation—FUNAI on behalf of the coordinator of the Project, Dr. Paulo Cesar Basta, allowing 23 researchers to conduct multidisciplinary research.

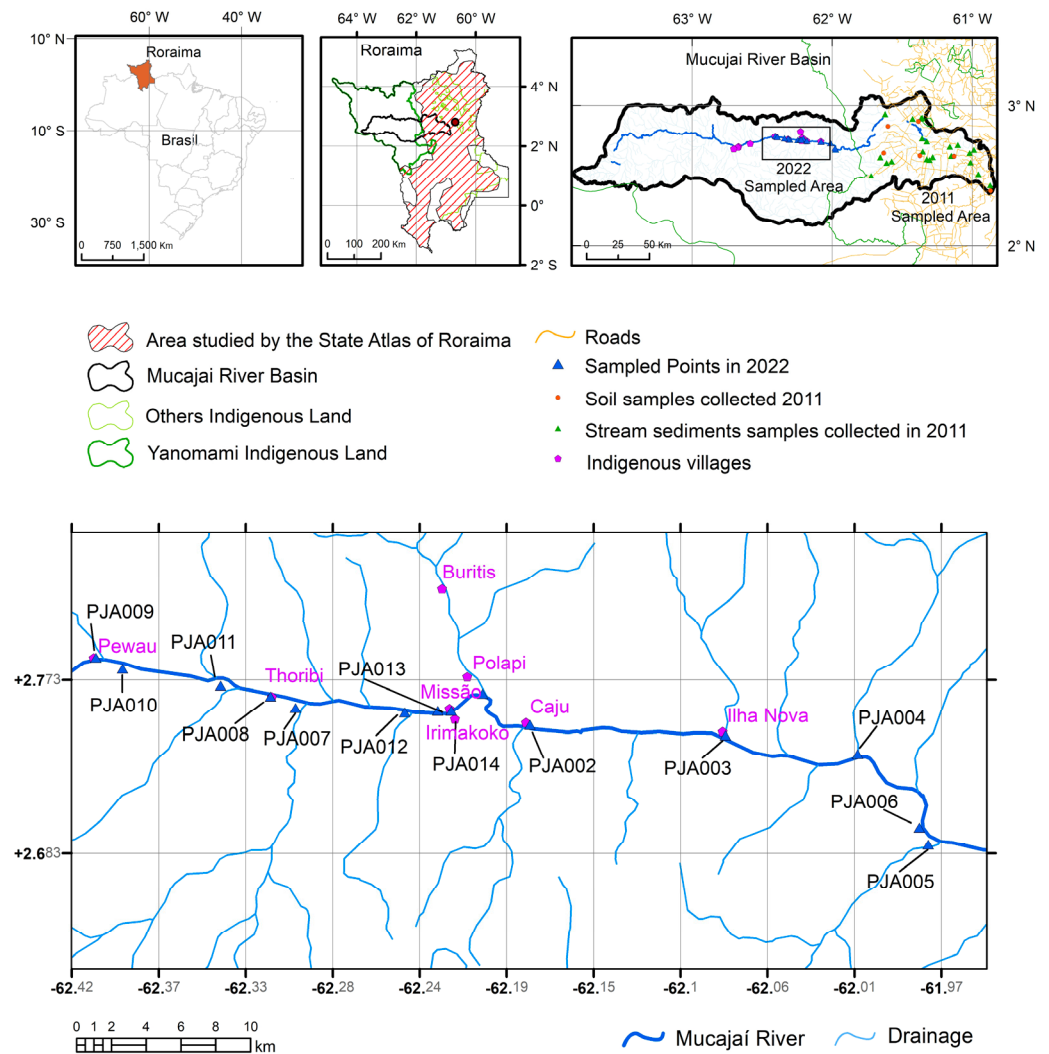
## 2. Materials and Methods

### 2.1. Study Area and Sampling Points

The study area is located in the State of Roraima, Brazil, on the upper course of the Mucajaí River, where 14 sample points of geological material from the rivers (14 samples of river water and 14 samples of stream sediment from the banks) were collected, which were sent for laboratory analysis (Figure 1). Sampling points are described in Table 1.

**Table 1.** Geographical coordinates, elevation, and sampling date of sampling locations.

Sample ID	Lat (N)	Long (W)	Date	Elevation	Location of Sampling Points
PJA001	2.76584	−62.20544	10-October-2022	185	Left bank of Klokonai River, near the left bank of Mucajaí River
PJA002	2.74977	−62.18100	10-October-2022	186	Left bank of Klaitabiu River
PJA003	2.74438	−62.07983	10-October-2022	182	Left bank of Baixukuau River
PJA004	2.73472	−62.01156	10-October-2022	184	Left bank of Sikaimabiu River
PJA005	2.68764	−61.97510	10-October-2022	171	Right bank of Jacaré River
PJA006	2.69650	−61.97961	10-October-2022	176	Right bank of the Mucajaí River. Sandbank abandoned by prospectors, with many pebbles.
PJA007	2.75834	−62.30223	11-October-2022	203	Right bank of Guximai River, a tributary of the right bank of the Mucajaí River
PJA008	2.76437	−62.31511	11-October-2022	209	Left bank of the Yalakapu Creek, a tributary of the left bank of the Mucajaí River
PJA009	2.78466	−62.40548	11-October-2022	221	Left bank of the Pewau River. Indigenous Village of Pewau
PJA010	2.77879	−62.39161	11-October-2022	212	Upper Mucajaí River
PJA011	2.76993	−62.34092	11-October-2022	211	Right bank of the Mucajaí River, near Fumaça Waterfall.
PJA012	2.75605	−62.24571	11-October-2022	189	Left bank of the Mucajaí River
PJA013	2.75697	−62.22869	12-October-2022	200	Left bank of the Maxthak-u River, a tributary of the left bank of the Mucajaí River.
PJA014	2.75700	−62.22169	12-October-2022	200	Left bank of the Mucajaí River. Iasasi Indigenous Village



**Figure 1.** Area of studies and points of collection of a sample of geological material carried out (coordinate system Datum WGS 1984).

**2.2. Data Collection**

Field materials and equipment used for the collection were as follows: (i) Tablet with an application for recording the sample data in the SGB/CPRM geochemistry database (point coordinates, physical–chemical parameters obtained by the probe and records made in loco by the researcher); (ii) probe (AquaRead multiparameter meter) for recording pH, temperature, dissolved oxygen, electrical conductivity, Eh, and turbidity; (iii) bucket, plastic beakers, disposable syringes without tips, 0.45 µm millipore filters, sterilized polyethylene tubes of 50 mL, 20 mL of nitric acid, thermal box to keep the samples under refrigeration after collection; (iv) striped plastic bags, insulating tape, and permanent marker pens for sample identification and storage; (v) water samples were placed in thermal boxes at an average temperature of 10 °C.

The sampling points were previously loaded on the tablet and on the GPS device (Garmin GPSmap 62sc model) and navigation was promoted along the Mucajaí River to the tributaries that were sampled. Upon reaching the previously programmed point, the multiparametric meter was turned on and the probe was placed inside the bucket with a water sample where data on temperature, turbidity, pH, dissolved oxygen, electrical conductivity, and salinity were measured (Figure 2A).



**Figure 2.** (A) Probe with some water measurements. (B) Water collection. (C) Stream sediment collection with sieving.

Water was collected using a syringe, removing water from the beaker, and attaching the filter to its tip. The water was then inserted into the previously identified polyethylene tube and the first 50 mL (anions) were filtered. (Figure 2B).

The process was repeated in a second 50 mL tube acidified with 10 drops of nitric acid and identified with red ribbons for cation analysis. A third collection was performed without a filter but with acidification of the samples (10 drops of nitric acid) for mercury analysis. They were identified with the name of the sample and the sampled river and kept in the thermal boxes.

The stream sediments collection was carried out on the chosen margins with a predominance of fine sediments. The finer sediments were collected and placed directly in the plastic bag when composed of clay. In the case of sandier sediments, these were sieved through a 20# sieve. Only the material that passed this sieving was collected. Each sample contains about 1 kg of fine material (Figure 2C).

The samples were recorded on the tablet, with numerous characteristics noted, such as the following: width of the river; depth; flow speed; water level; type of vegetation on the banks; water color; sediment color; sediment composition; collection margin; all physical-chemical records measured; coordinates and elevation obtained with GPS.

### 2.3. Laboratories

After collection, the water samples were sent to the Geological Survey of Brazil-CPRM laboratory, located in Manaus, Brazil (LAMIN—MA), and analyzed via ICP-OES (Atomic Emission Spectrometry with Plasma Source) for 27 cations (Al, As, B, Be, Ba, Ca, Co, Cd, Cu, Cr, Li, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Se, Si, Sb, Sn, Sr, Ti, V, and Zn) and via

ionic chromatography for 7 anions (fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate, sulfate, and phosphate). Atomic absorption analyses for total Hg (DMA-80) were also performed.

The stream sediment samples were previously dried in ovens at a low temperature (50 °C), homogenized, and sieved at 80#, the passer being crushed at 150#, and aqua regia was used for an acid attack of the sediment. Analyses were performed via ICP-OES or ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) for 53 elements (Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn, and Zr).

#### 2.4. Legal References Used

In Brazil, Conama (National Council of the Environment) is the official agency responsible for determining the limits and quality standards for water, soil, sediment, and effluents, defining the quality values for each.

The maximum permissible value for freshwater class I of Conama Resolution 357 of 17 March 2005 [16] or the groundwater parameters of Conama Resolution 396 of 2008 [17] was applied for the evaluation of water quality. The maximum value allowed by the Ministry of Health Ordinance No. 2914 of 2011 [18] can also be used. In the absence of indications, the prevention values (Threshold Effects Level—TEL) from the 2008 NOAA Screening Quick Reference Tables [19] or the Guidelines for drinking-water quality from the World Health Organization, WHO, from 2011 [20] were applied to the assessment of sediments' quality.

For the bottom sediment samples, level 1 values for freshwater from Conama resolution 454 of 11 January 2012 [21] were used for dredged sediments or the TEL of NOAA—SQiRT for inorganic solids in February 2008 [20].

### 3. Results

All water test results for Hg came out negative. However, in four samples, the values exceeded the limits set by Conama Resolution 357 for Fe (0.300 mg/L), and in one sample, they exceeded the limit for Al (0.100 mg/L). In terms of the physico-chemical parameters, one sample showed a conductivity value above the recommended limit of 100 µS/cm, and two samples exhibited extremely high turbidity values exceeding 1,000 NTU. The following elements—As, B, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Li, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Ti, and V—were not detected in the water samples. On the other hand, the levels of elements Ba, Ca, K, Mg, Mn, Na, Si, Sr, and Zn either remained below the limits specified in the current resolutions or were very low.

The results can be seen in Table 2 and their statistical summary in Table 3.

**Table 2.** Results obtained in water samples.

Sample ID	Physico-Chemical Parameters						-
	Conductivity (µS/cm)	Temp (°C)	pH	Turbidity (NTU)	Eh (mV)	TDS (mg/L)	
PJA001	57	24.90	6.44	23.30	−3.50	37	
PJA002	65	24.70	6.21	8.30	47.40	40	
PJA003	56	26.20	6.22	16.40	−0.50	36	
PJA004	82	-----	6.05	15.10	57.50	52	
PJA005	77	27.30	6.80	30.40	−119.70	49	
PJA006	47	27.50	7.06	1176.00	−149.70	31	
PJA007	118	24.98	6.78	2016.00	−16.10	78	
PJA008	70	24.00	6.41	33.40	−6.00	44	
PJA009	46	24.50	6.44	16.70	8.60	29	



Table 2. Cont.

PJA010	53	26.60	6.73	195.00	15.50	32	
PJA011	49	26.30	6.46	136.00	−87.10	31	
PJA012	48	26.70	6.35	176.00	−47.60	27	
PJA013	63	25.00	6.53	6.50	21.50	42	
PJA014	47	26.80	6.06	209.00	58.70	31	
<b>Anions</b>							
Sample ID	Bromide mg/L	Chloride mg/L	Fluoride mg/L	Phosphate mg/L	Nitrate mg/L	Nitrite mg/L	Sulfate mg/L
PJA001	0.005	3.9274	0.0427	0.005	0.4702	0.005	0.0782
PJA002	0.005	0.6541	0.0674	0.005	0.4639	0.005	0.005
PJA003	0.005	0.6885	0.0586	0.005	0.4903	0.005	0.0882
PJA004	0.005	0.7983	0.0573	0.005	0.5132	0.005	0.0653
PJA005	0.005	0.7815	0.0774	0.005	0.645	0.005	0.1737
PJA006	0.005	0.5686	0.0439	0.005	0.8243	0.005	0.2050
PJA007	0.005	0.6466	0.0396	0.005	0.6286	0.005	0.0911
PJA008	0.01505	0.7984	0.0426	0.005	1.0462	0.0101	0.2494
PJA009	0.005	0.5171	0.0355	0.005	0.4726	0.005	0.0434
PJA010	0.005	0.4845	0.0457	0.005	0.728	0.005	0.2221
PJA011	0.005	0.5298	0.0399	0.005	0.7090	0.005	0.2057
PJA012	0.005	0.5061	0.0434	0.005	0.8378	0.005	0.4135
PJA013	0.005	0.7459	0.0778	0.01275	0.3616	0.005	0.1958
PJA014	0.005	0.7904	0.0444	0.005	0.8783	0.005	0.2568
<b>Cations</b>							
Sample ID	Al mg/L	Ba mg/L	Ca mg/L	Fe mg/L	Hg mg/L	K mg/L	
PJA001	0.01	0.03	1.507	0.175	0.00025	1.696	
PJA002	0.01	0.05	1.945	0.074	0.00025	1.914	
PJA003	0.01	0.042	1.483	0.217	0.00025	1.567	
PJA004	0.01	0.062	2.219	0.34	0.00025	1.419	
PJA005	0.01	0.056	2.16	0.528	0.00025	1.295	
PJA006	0.01	0.021	1.402	0.304	0.00025	1.145	
PJA007	0.01	0.029	1.665	0.316	0.00025	0.949	
PJA008	0.126	0.035	0.981	0.271	0.00025	1.655	
PJA009	0.021	0.005	0.545	0.096	0.00025	0.772	
PJA010	0.01	0.012	0.767	0.13	0.00025	0.792	
PJA011	0.041	0.014	0.695	0.187	0.00025	0.785	
PJA012	0.023	0.013	0.789	0.173	0.00025	0.74	
PJA013	0.01	0.03	2.402	0.197	0.00025	2.168	
PJA014	0.01	0.005	1.713	0.113	0.00025	1.274	
Sample ID	Mg mg/L	Mn mg/L	Na mg/L	Si mg/L	Sr mg/L	Zn mg/L	
PJA001	0.674	0.005	2.078	7.266	0.025	0.018	
PJA002	1.307	0.024	2.927	11.102	0.03	0.011	
PJA003	0.956	0.012	2.296	7.473	0.031	0.005	

**Table 2.** *Cont.*

PJA004	1.144	0.02	3.272	11.442	0.048	0.005
PJA005	1.338	0.03	2.587	8.996	0.039	0.005
PJA006	0.793	0.011	1.587	6.075	0.025	0.005
PJA007	0.824	0.019	1.556	6.015	0.026	0.005
PJA008	0.822	0.015	1.245	4.509	0.021	0.005
PJA009	0.283	0.011	1.002	3.859	0.013	0.005
PJA010	0.642	0.005	1.012	3.256	0.013	0.005
PJA011	0.557	0.005	1.111	3.801	0.014	0.005
PJA012	0.663	0.005	1.219	3.782	0.016	0.005
PJA013	0.851	0.012	3.792	11.748	0.028	0.005
PJA014	0.639	0.005	2.159	7.772	0.015	0.005

**Table 3.** Statistical summary for water results (in mg/L).

	Statistical Parameters for Water Samples								Legal References Parameters				
	Element	Detection Limit	Measures > Limit	Mean	Median	Maximum	Minimum	Std. Dv.	PORT.MS 2914/2011	Conama 357	Conama 396	WHO 2011	
Cations	Al (mg/L)	0.005	4	0.022	0.0100	0.1260	0.0100	0.0312	0.2	0.1	0.2	-	
	As (mg/L)	0.0001	0	-	-	-	-	-	0.01	0.01	0.01	0.01	
	B (mg/L)	0.05	0	-	-	-	-	-	-	0.5	0.5	2.4	
	Ba (mg/L)	0.0005	14	0.029	0.0295	0.0620	0.0050	0.0185	0.7	0.7	0.7	0.7	
	Be (mg/L)	0.0002	0	-	-	-	-	-	-	0.04	0.004	-	
	Ca (mg/L)	0.05	14	1.45	1.50	2.4020	0.55	0.61	-	-	-	-	
	Cd (mg/L)	0.0005	0	-	-	-	-	-	0.005	0.001	0.005	0.003	
	Co (mg/L)	0.0005	0	-	-	-	-	-	0.05	0.05	0.05	0.05	
	Cr (mg/L)	0.0005	0	-	-	-	-	-	-	0.05	-	-	
	Cu (mg/L)	0.005	0	-	-	-	-	-	2	0.009	2	2	
	Fe (mg/L)	0.005	14	0.223	0.1920	0.5280	0.0740	0.1209	0.3	0.3	0.3	-	
	Hg (mg/L)	0.00009	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	K (mg/L)	0.01	14	1.298	1.2845	2.1680	0.7400	0.4610	-	-	-	-	
	Li (mg/L)	0.001	0	-	-	-	-	-	-	2.5	-	-	
	Mg (mg/L)	0.05	14	0.821	0.8075	1.3380	0.2830	0.2907	-	-	-	-	
	Mn (mg/L)	0.001	14	0.013	0.0115	0.0300	0.0050	0.0080	0.1	0.1	0.1	-	
	Mo (mg/L)	0.0005	0	-	-	-	-	-	-	-	0.07	-	
	Na (mg/L)	0.05	14	1.99	1.83	3.7920	1.00	0.90	200	-	200	50	
	Ni (mg/L)	0.001	0	-	-	-	-	-	0.07	0.025	0.02	0.07	
	Pb (mg/L)	0.0005	0	-	-	-	-	-	0.01	0.01	0.01	0.01	
Sb (mg/L)	0.0005	0	-	-	-	-	-	0.005	0.005	0.005	0.02		
Se (mg/L)	0.005	0	-	-	-	-	-	0.01	0.01	0.01	0.04		
Anions	Si (mg/L)	0.5	14	6.935	6.6705	11.7480	3.2560	2.9926	-	-	-	-	
	Sn (mg/L)	0.001	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Sr (mg/L)	0.001	14	0.025	0.0250	0.0480	0.0130	0.0104	-	-	-	-	
	Ti (mg/L)	0.005	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	V (mg/L)	0.0005	0	-	-	-	-	-	-	0.1	0.05	-	
	Zn (mg/L)	0.05	2	0.006	0.0050	0.0180	0.0050	0.0037	5	0.18	5	-	
	Bromide (mg/L)	0.3	1	-	-	0.0151	-	-	-	-	-	-	
	Chloride (mg/L)	1	14	0.89	0.67	3.93	0.48	0.88	250	250	250	-	
	Fluoride (mg/L)	0.3	14	0.051	0.0442	0.0779	0.0355	0.0141	1.5	1.4	1.5	1.5	
	Phosphate (mg/L)	0.5	1	-	-	0.0128	-	-	-	-	-	-	
	Nitrate (mg/L)	0.22	14	0.648	0.6368	1.0463	0.3616	0.1982	10	10	10	50	
	Nitrite (mg/L)	0.16	1	-	-	0.0101	-	-	1	1	1	3	
	Sulfate (mg/L)	1	14	0.164	0.185	0.414	0.005	0.109	250	250	250	-	
	Physic-Chem Parameters	Conductivity (µS/cm)	-	14	62.71	56.50	118.00	46.00	19.69	-	100	-	-
		DO (mg/L)	-	14	1.728	1.67	2.67	1.21	0.44	-	>2	-	-
Temp. (°C)		-	13	25.806	26.20	27.50	24.00	1.16	-	-	-	-	
pH		-	14	6.467	6.44	7.06	6.05	0.29	-	6 to 9	-	-	
Turbidity (NTU)		-	14	289.864	31.90	2016.00	6.50	582.14	-	-	-	-	
Eh (mV)		-	6	-15.786	-2.00	58.70	-149.70	63.96	-	-	-	-	
TDS (mg/L)	-	14	39.929	36.50	78.00	27.00	13.33	-	-	-	-		

Two sediment samples showed mercury levels above level 1 of Conama Resolution 454. Hg contents of 0.344 mg/kg were found in the sediment sample PJS009, the one

collected further upstream in the Mucajaí River, and 1.386 mg/kg in sample PJS010, which was also collected in the Mucajaí River in the region shortly before the Fumaça Waterfall, indicating that the sediments of the Mucajaí River may be contaminated with Hg from Fumaça Waterfall upstream. The presence of Hg in lower concentrations was found in the samples from the Jacaré and Guximaí rivers (water sample numbers PJA005 and PJA007, respectively), indicating the presence of possible gold mines towards their headwaters. High values were found for Al (water sample PJA008) and Fe (water samples PJ004, PJA005, PJA006, and PJA007), and low values for As, Au, Ba, Be, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Ga, Ge, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Rb, Sc, Sn, Sr, Th, Ti, U, V, W, Y, and Zn. The elements Ag, B, Bi, Hf, Nb, Pd, Pt, Re, S, Sb, Se, Ta, Te, Tl, and Zr were not detected.

The results can be seen in their statistical summary in Table 4 and in the results in Table 5.

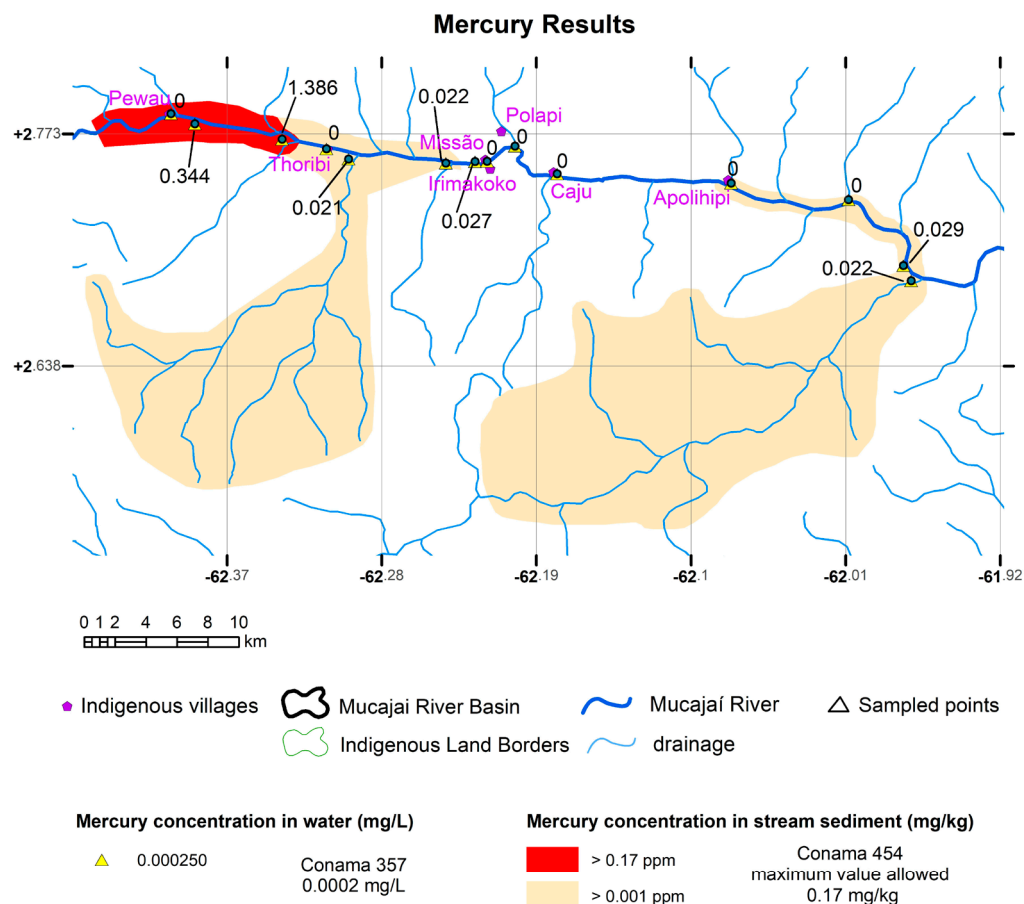
**Table 4.** Statistical description for stream sediment samples of the study area.

Element	Detection Limit	Measures > Limit	Statistical Parameters for Stream Sediments Samples					Legal References Parameters	
			Mean	Median	Maximum	Minimum	Std. Dv	Conama 454 (Level 1)	NOAA SQUIRT 2008 (TEL)
Ag (mg/kg)	0.01	0						-	-
Al (%)	0.01	14	0.127	0.099	0.307	0.033	0.088	-	-
As (mg/kg)	1	10	0.076	0.075	0.240	<LOD	0.072	5.9	5.9
Au (µg/kg)	0.1	14	5.979	5.750	7.000	5.200	0.596	-	-
B (mg/kg)	10	0						-	-
Ba (mg/kg)	5	14	22.833	16.960	53.430	4.090	16.745	-	-
Be (mg/kg)	0.1	8	0.121	0.055	0.670	<LOD	0.182	-	-
Bi (mg/kg)	0.02	0						-	-
Ca (%)	0.01	13	0.013	0.008	0.033	<LOD	0.012	-	-
Cd (mg/kg)	0.05	1			0.100			0.6	0.596
Ce (mg/kg)	0.05	11	7.664	6.435	19.430	<LOD	6.919	-	-
Co (mg/kg)	0.1	14	2.116	1.515	6.140	0.390	1.657	-	-
Cr (mg/kg)	1	14	5.059	3.980	10.700	0.960	3.375	37.3	37.3
Cs (mg/kg)	0.05	9	0.203	0.095	0.530	<LOD	0.212	-	-
Cu (mg/kg)	0.5	11	1.736	1.400	3.900	<LOD	1.359	35.7	35.7
Fe (%)	0.01	14	0.314	0.235	0.718	0.069	0.218	-	-
Ga (mg/kg)	0.1	5	0.264	<LOD	1.600	<LOD	0.521	-	-
Ge (mg/kg)	0.1	14	8.357	7.400	12.800	5.900	2.370	-	-
Hf (mg/kg)	0.05	0						-	-
Hg (mg/kg)	0.01	7	0.132	0.011	1.386	<LOD	0.372	0.17	0.174
In (mg/kg)	0.02	0						-	-
K (%)	0.01	14	0.034	0.024	0.087	0.001	0.028	-	-
La (mg/kg)	0.1	8	1.907	1.250	7.000	<LOD	2.347	-	-
Li (mg/kg)	1	14	1.200	1.000	2.700	0.200	0.760	-	-
Mg (%)	0.01	14	0.040	0.028	0.097	0.003	0.032	-	-
Mn (mg/kg)	5	14	56.579	39.950	170.300	16.200	44.401	-	-
Mo (mg/kg)	0.05	1			0.025			-	-
Na (%)	0.01	1			0.017			-	-
Nb (mg/kg)	0.05	0						-	-
Ni (mg/kg)	0.5	14	1.607	1.400	3.300	0.200	1.058	18	18
P (mg/kg)	50	12	34.857	29.500	8 < LOD	1 < LOD	21.707	-	-
Pb (mg/kg)	0.2	14	2.028	1.845	4.610	0.490	1.382	35	35
Pd (mg/kg)	0.2	0						-	-
Pt (mg/kg)	0.1	0						-	-
Rb (mg/kg)	0.2	1			1.000			-	-
Re (mg/kg)	0.1	0						-	-
S (%)	0.01	0						-	-
Sb (mg/kg)	0.05	0						-	-
Sc (mg/kg)	0.1	13	1.493	1.200	3.500	<LOD	1.001	-	-
Se (mg/kg)	1	0						-	-
Sn (mg/kg)	0.3	1			0.100			-	-
Sr (mg/kg)	0.5	13	1.457	1.050	3.800	0.200	1.121	-	-
Ta (mg/kg)	0.05	0						-	-
Te (mg/kg)	0.05	0						-	-
Th (mg/kg)	0.1	1			0.500			-	-
Ti (%)	0.01	14	0.008	0.007	0.017	0.001	0.005	-	-
Tl (mg/kg)	0.02	0						-	-
U (mg/kg)	0.05	14	0.278	0.201	0.569	0.051	0.176	-	-
V (mg/kg)	1	14	9.426	7.115	23.270	2.290	6.894	-	-
W (mg/kg)	0.1	1			0.100			-	-
Y (mg/kg)	0.05	9	0.750	0.500	2.920	<LOD	0.913	-	-
Zn (mg/kg)	1	7	5.393	4.250	13.000	<LOD	4.896	123	123
Zr (mg/kg)	0.5	0						-	-

**Table 5.** Chemical analysis results of stream sediment samples of the studied area.

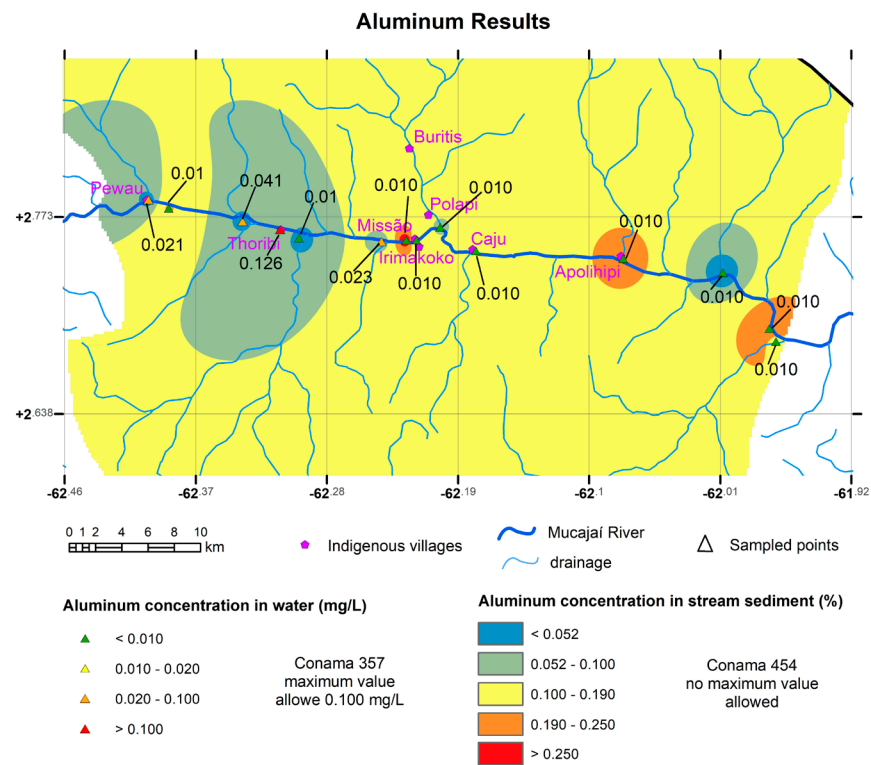
Sample ID	Al (%)	As (mg/kg)	Au (mg/kg)	Ba (mg/kg)	Be (mg/kg)	Ca (%)	Cd (mg/kg)	Ce (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)
PJS001	0.089	<LOD	5.200	11.680	<LOD	0.008	<LOD	2.190	0.780	2.900
PJS002	0.137	0.050	5.500	21.540	0.130	0.005	0.025	8.030	1.550	5.420
PJS003	0.21	0.070	5.700	46.120	0.670	0.031	<LOD	11.090	3.450	9.700
PJS004	0.032	<LOD	5.800	6.340	<LOD	0.001	<LOD	<LOD	0.690	1.390
PJS005	0.171	0.130	7.000	53.430	0.270	0.012	0.100	19.110	6.140	9.070
PJS006	0.249	0.240	6.100	43.580	0.170	0.031	<LOD	19.430	4.040	8.970
PJS007	0.033	<LOD	6.000	4.440	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	0.640	1.560
PJS008	0.099	0.010	5.600	14.190	0.130	0.007	<LOD	2.900	0.800	4.630
PJS009	0.037	<LOD	5.500	4.090	0.030	0.001	0.025	<LOD	0.390	0.960
PJS010	0.196	0.130	5.700	33.240	0.210	0.026	0.025	8.800	3.470	6.590
PJS011	0.045	0.130	7.000	11.660	<LOD	0.033	<LOD	15.390	1.480	2.380
PJS012	0.071	0.080	6.200	12.100	<LOD	0.005	0.025	3.110	2.140	3.230
PJS013	0.307	0.110	5.500	37.520	0.080	0.001	<LOD	12.410	2.640	10.700
PJS014	0.098	0.120	6.900	19.730	<LOD	0.018	<LOD	4.840	1.420	3.330
Sample ID	Cs (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (%)	Ga (mg/kg)	Ge (mg/kg)	Hg (mg/kg)	In (mg/kg)	K (%)	La (mg/kg)	Li (mg/kg)
PJS001	0.070	0.800	0.179	<LOD	8.000	<LOD	<LOD	0.027	<LOD	0.600
PJS002	0.210	2.200	0.344	<LOD	6.100	<LOD	<LOD	0.031	1.700	1.100
PJS003	0.520	3.400	0.687	0.300	9.000	<LOD	<LOD	0.086	2.000	2.700
PJS004	<LOD	0.250	0.105	<LOD	7.200	<LOD	<LOD	0.008	<LOD	0.200
PJS005	0.440	3.200	0.485	0.400	12.400	0.022	<LOD	0.045	4.400	1.800
PJS006	0.530	3.500	0.518	1.600	7.400	0.029	0.010	0.065	5.800	1.800
PJS007	<LOD	0.250	0.084	<LOD	5.900	0.021	<LOD	0.004	<LOD	0.500
PJS008	0.110	1.300	0.242	<LOD	11.200	<LOD	<LOD	0.021	<LOD	1.400
PJS009	<LOD	<LOD	0.068	<LOD	6.600	<LOD	<LOD	0.001	<LOD	0.600
PJS010	0.380	2.500	0.407	0.100	7.000	0.344	<LOD	0.066	2.000	2.400
PJS011	0.025	0.800	0.131	<LOD	12.800	1.386	<LOD	0.011	7.000	0.800
PJS012	0.025	0.700	0.191	<LOD	5.900	0.027	<LOD	0.015	<LOD	0.500
PJS013	0.450	3.900	0.7	1.300	7.400	0.022	0.010	0.069	3.000	1.500
PJS014	0.080	1.500	0.22673	<LOD	10.100	<LOD	<LOD	0.020	0.800	0.900
Sample ID	Mg (%)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Na (%)	Ni (mg/kg)	P (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Rb (mg/kg)	Sc (mg/kg)	Sn (mg/kg)
PJS001	0.025	18.600	<LOD	<LOD	0.800	22.000	0.840	<LOD	0.800	<LOD
PJS002	0.038	23.600	<LOD	<LOD	1.500	41.000	2.160	<LOD	1.800	0.050
PJS003	0.097	109.100	<LOD	<LOD	3.300	60.000	3.060	1.000	2.200	0.050
PJS004	0.008	37.900	<LOD	<LOD	0.500	15.000	0.640	<LOD	0.900	<LOD
PJS005	0.046	170.300	<LOD	<LOD	2.600	80.000	4.610	<LOD	2.600	<LOD
PJS006	0.084	86.100	<LOD	<LOD	2.900	66.000	3.550	<LOD	3.000	0.050
PJS007	0.008	18.500	<LOD	<LOD	0.400	10.000	0.490	<LOD	0.800	<LOD
PJS008	0.020	22.900	<LOD	<LOD	1.000	24.000	1.380	<LOD	1.400	<LOD
PJS009	0.003	16.200	<LOD	<LOD	0.200	10.000	0.560	<LOD	<LOD	<LOD
PJS010	0.078	92.800	<LOD	<LOD	2.500	38.000	2.240	<LOD	1.400	<LOD
PJS011	0.016	38.400	0.025	0.017	0.900	46.000	1.850	<LOD	1.000	<LOD
PJS012	0.017	65.100	<LOD	<LOD	1.600	33.000	0.890	<LOD	0.800	<LOD
PJS013	0.082	51.100	<LOD	<LOD	3.000	17.000	4.280	<LOD	3.500	0.100
PJS014	0.031	41.500	<LOD	<LOD	1.300	26.000	1.840	<LOD	0.700	<LOD
Sample ID	Sr (mg/kg)	Th (mg/kg)	Ti_%	U (mg/kg)	V (mg/kg)	W (mg/kg)	Y (mg/kg)	Zn (mg/kg)		
PJS001	0.600	<LOD	0.007	0.177	4.990	<LOD	<LOD	2.500		
PJS002	0.900	<LOD	0.010	0.297	9.990	<LOD	0.660	7.000		
PJS003	3.800	<LOD	0.016	0.460	15.370	<LOD	1.040	1 < LOD		
PJS004	0.400	<LOD	0.002	0.051	2.290	<LOD	<LOD	<LOD		
PJS005	1.900	<LOD	0.009	0.569	17.370	<LOD	2.170	11.000		
PJS006	3.200	<LOD	0.013	0.549	18.550	<LOD	2.920	12.000		
PJS007	0.300	<LOD	0.001	0.073	2.570	<LOD	<LOD	<LOD		
PJS008	1.200	<LOD	0.005	0.191	7.250	<LOD	<LOD	<LOD		
PJS009	0.200	<LOD	0.001	0.178	2.610	<LOD	<LOD	<LOD		
PJS010	2.700	<LOD	0.013	0.340	12.700	<LOD	1.290	13.000		
PJS011	1.700	<LOD	0.002	0.203	3.810	<LOD	0.440	2.500		
PJS012	0.800	<LOD	0.004	0.111	4.210	<LOD	0.090	6.000		
PJS013	0.900	0.500	0.016	0.497	23.270	0.100	1.330	9.000		
PJS014	1.800	<LOD	0.005	0.198	6.980	<LOD	0.560	2.500		

Maps were generated for the elements Hg, Al, and Fe in sediment, which are shown in Figure 3, Figure 4, and Figure 5, respectively. In the region of influence of the sampled basins, a polygon was delimited within which a raster surface was generated that represents the probable spatial and mathematical variation in the concentrations of elements in the stream sediments. For Hg, the sampled basins were delimited, indicating those with the presence of Hg and the region of the Mucajaí River from Fumaça Waterfall upstream were still open (because we were prevented from collecting samples further upstream for safety reasons), with values above the legislation.

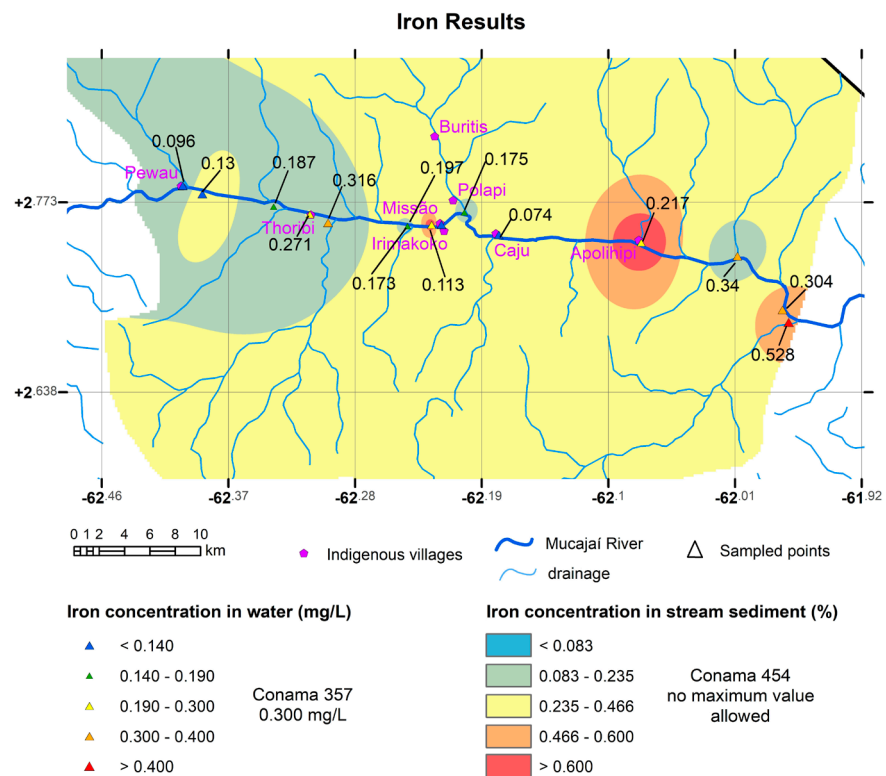


**Figure 3.** Map of mercury concentration in sediment (mg/kg) with the points collected from water in mg/L. Mercury was not detected in water, only in sediments (using the Conama 454 limits <0.0002 mg/L for water and 0.17 mg/kg for Hg). Coordinate system—Datum WGS 1984).

For Al (Figure 4) and Fe (Figure 5), maps interpolated in the ArcGIS 10.8.2 software using the IDW (Inverse Distance Weighted) method are presented.



**Figure 4.** Map of aluminum concentration in sediment (mg/kg) with the points collected from water in mg/L. Both the water samples and the sediments have high values (using the Conama 357 limit of 0.100 mg/L for water). Coordinate system Datum WGS 1984.



**Figure 5.** Map of iron concentration in sediment (mg/kg) with the points collected from water in mg/L. Both the water samples and the sediments have high values (using the Conama 357 limit of 0.300 mg/L for water). Coordinate system Datum WGS 1984.

#### 4. Discussion

The high values of Al and Fe, in this work, are interpreted as a result of lateritization processes in the Amazon Region. Eroded materials from the rocks are carried to the river sediments. The entire Amazon region is affected by processes that concentrate metallic elements, mainly Fe, Al and Mn, in the horizons that develop lateritization processes, generating ferruginous, manganese and bauxite crusts. The physical weathering of these horizons carries these metals to the river, where they are deposited with the heaviest sediments and end up partly solubilized and incorporated into the water. It is normal for values above those defined by the Brazilian legislation to occur in Amazonian waters for Al and Fe.

The comparison of the distribution patterns and grades of Hg obtained by the SGB's study Geochemical Atlas of the State of Roraima and the ones obtained by this present study show a similarity among the number of samples below the detectable level (about 50%) and also with 14% (two of the 14 samples) with levels above the crustal average.

The origin of Hg in the region deserves more detailed investigations to try to define the origin of the enrichment of Hg in these sediments. Mercury is a transition metal, dense, highly volatile, which rarely occurs free in nature and is liquid under room temperature conditions and the known ore mineral is cinnabar (HgS), whose main deposits are found in Spain [22]. There are no cinnabar mines in Brazil and in the Amazon region there is no occurrence of Hg. Therefore, the possibility of the origin of high levels of Hg in the sediments of the state of Roraima and the area of the watershed of the Mucajaí River is that it is anthropic contamination, arising from the activity of illegal mining, which uses Hg to amalgamate gold in prospecting and mining.

Part of the metallic mercury may be converted to methylmercury via the action of microorganisms that live in river sediment [23]. Studies carried out in 2021 by Crespo-López et al. [24] demonstrate that there are methanogenic bacteria in two large dams in the Amazon (Tucurí and Balbina), which promote the methylation of Hg. At the bottom of the lakes of these dams, there are favorable conditions for the existence of these bacteria, which allow the entry of MeHg into the food chain. According to the same study, methanogenic bacteria can transform Hg into MeHg both from water and directly from sediment. There are contaminated people and contaminated fish around the dams, downstream, and in regions quite far from the artisanal mining region.

In the Mucajaí River Basin, methylmercury exists and is incorporated by aquatic biota with higher concentrations for organisms at the top of the food chain. Many of these organisms are part of the traditional diet of the Amazonian population, especially in indigenous communities, where access to other food resources is reduced.

Several studies in the region point to the presence of methylmercury at levels higher than those recommended by FAO/WHO [25]. As an example of this scenario, a study conducted by de Vasconcelos et al. 2021 [26] reveals a prevalence of methylmercury contamination ( $\text{MeHg} \geq 0.5 \mu\text{g/g}$ ) of 53% of fish analyzed in the lower Rio Mucajaí.

Anthropogenic mercury contamination, especially in the Amazon region, poses a great risk to human health. The consumption of contaminated fish can cause various health effects. Specifically in the Amazon, cognitive skills loss, psychomotor alterations, and mental development problems were observed in children exposed during the first months of the prenatal period [27]. In adults, symptoms such as depression, aggressiveness, insomnia, motor coordination problems, and visual capacity are commonly reported due to chronic exposure to mercury [27,28].

#### 5. Conclusions

The results obtained show the existence of mercury in the bottom sediment of part of the Mucajaí, Jacaré, and Guximaí rivers. The high values above those allowed by Conama 454 are found close to Fumaça Waterfall, and also the indigenous community of Pewau, probably coming from the mines in Alto Mucajaí, according to data from MapBiomass [10]. Hg beads are heavy and are usually transported to the bottom of the main channel. The

sudden break in the water flow immediately above Fumaça Waterfall must be the cause of the high concentration found just before it.

The absence of Hg in the surface water sampled indicates that there are no active processes in the region that promote the solubilization of Hg, allowing the passage of Hg found in the sediment to the water. If methylated Hg is present in the food chain, it is necessary to carry out a specific study to describe and understand the processes operating at the sediment–water interface at the bottom of the river that promote this methylation. But it is possible that the region of quiet waters caused by the Fumaça Waterfall allows the existence of bacteria that cause the methylation of Hg directly from the sediment, allowing its entry into the food chain.

The next stage of the study should include the integration of the geological material with the biological material collected in the study area for the evaluation of human contamination via the contamination of fish and hair samples from local communities, especially the communities close to points PJS0010 and PJS0011, Pewau and Thoribi indigenous communities.

Based on the absence of cinnabar (ore mineral of Hg) and the fact that in the field, during the sample collection in the field, illegal mining dredgers were found in the Mucajá River, it can be deduced that the contamination of the river sediment samples is of anthropic origin caused by illegal mining, as a consequence of the use of amalgams for gold extraction.

**Author Contributions:** Methodology, P.D.J., E.P.V. and D.d.O.d.R.P.; Investigation, P.D.J., E.P.V. and D.d.O.d.R.P. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research was funded by CPRM—Geological Survey of Brazil and Fundação Oswaldo Cruz.

**Institutional Review Board Statement:** Not applicable.

**Informed Consent Statement:** Not applicable.

**Data Availability Statement:** The geochemical results mentioned in this article can be found in GeoSGB, a database of the Geological Survey of Brazil at <http://www.sgb.org.br> (accessed on 31 October 2022), or requested from the authors by email.

**Acknowledgments:** Special thanks to researchers from Fundação Oswaldo Cruz, mainly to Paulo Basta, Project Chief, and researchers from the Geological Survey of Brazil—CPRM.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

## References

1. Doufexi, M.; Gamvroula, D.E.; Alexakis, D.E. Elements' Content in Stream Sediment and Wildfire Ash of Suburban Areas in West Attica (Greece). *Water* **2022**, *14*, 310. [[CrossRef](#)]
2. Alexakis, D.E. Diagnosis of stream sediment quality and assessment of toxic element contamination sources in East Attica, Greece. *Environ. Earth Sci.* **2011**, *63*, 1369–1383. [[CrossRef](#)]
3. Ambrosino, M.; El-Saadani, Z.; Khatita, A.A.; Mingqi, W.; Palarea-Albaladejo, J.; Cicchella, D. Geochemical Speciation, Ecological Risk and Assessment of Main Sources of Potentially Toxic Elements (PTEs) in Stream Sediments from Nile River in Egypt. *Water* **2023**, *15*, 2308. [[CrossRef](#)]
4. Melfi, A.J.; Forti, C. Estudo do Ciclo de Mercúrio no Ecossistema da Floresta Amazônica: Avaliação do Impacto da Mineração de ouro com Utilização de Mercúrio. Relatório Científico Final PADCT/CIAMB—CNPq No 620375/92.2. Edição Revisada em 2019. Available online: [http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2019/10.04.14.36/doc/Relat-Hg-2019\\_datapaper.pdf](http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2019/10.04.14.36/doc/Relat-Hg-2019_datapaper.pdf) (accessed on 6 July 2023).
5. Steffen, W.P.; Crutzen, P.J.; McNeill, J.R. The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature? In *Crutzen and the Anthropocene: A New Epoch in Earth's History 2021. The Anthropocene: Politik—Economics—Society—Science*; Benner, S., Lax, G., Crutzen, P.J., Pöschl, U., Lelieveld, J., Brauch, H.G., Paul, J., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, 2007; Volume 1. [[CrossRef](#)]
6. Waters, C.N.; Zalasiewicz, J.; Summerhayes, C.; Barnosky, A.D.; Poirier, C.; Gałuszka, A.; Cearreta, A.; Edgeworth, M.; Ellis, E.C.; Ellis, M.; et al. The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science* **2016**, *351*, aad2622. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
7. Diegues, A. *A Dinâmica Social do Desmatamento na Amazônia: Populações e Modos de Vida em Rondônia e Sudeste do Pará*; UNRISD: São Paulo, Brazil; USP: North Bethesda, MD, USA; NUPAB: Cincinnati, OH, USA, 1993.



8. Margulis, S. *Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira*; Banco Mundial: Brasília, Brazil, 2003.
9. Wanderley, L. *Geografia do Ouro na Amazônia Brasileira: Uma Análise a Partir da Porção Meridional*. Ph.D. Thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil, 2015.
10. Mapbiomas. Coleção 7 da Série Anual de uso e Cobertura da Terra do Brasil. Available online: <https://mapbiomas.org/> (accessed on 31 October 2022).
11. 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 Andrade, D.; Oliveira, R.A.A.; Achatz, R.W.; et al. 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**, *18*, 9222. [[PubMed](#)]
12. Passos, C.J.S.; Mergler, D. Human mercury exposure and adverse health effects in the Amazon: A review. *Cad. Saúde Pública* **2008**, *24*, s503–s520. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
13. Mataveli, G.; Chaves, M.; Guerrero, J.; Escobar-Silva, E.V.; Conceição, K.; Oliveira, G. Mining Is a Growing Threat within Indigenous Lands of the Brazilian Amazon. *Remote Sens.* **2022**, *14*, 4092. [[CrossRef](#)]
14. SIGMINE. Available online: <https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=6a8f5ccc4b6a4c2bba79759aa952d908> (accessed on 31 March 2023).
15. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a Classificação dos Corpos de água e Diretrizes Ambientais para o seu Enquadramento, bem como Estabelece as Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes e dá Outras Providências*; Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, ano 142, n. 53; Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília, Brazil, 2005; pp. 58–63.
16. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução no 396, de 3 de Abril de 2008. Dispõe Sobre a Classificação e Diretrizes Ambientais Para o Enquadramento das Águas Subterrâneas e dá Outras Providências*; Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, ano 145, n. 66; Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília, Brazil, 2008; pp. 64–68.
17. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução no 454, de 01 de Novembro de 2012. Estabelece as Diretrizes Gerais e os Procedimentos Referenciais para o Gerenciamento do Material a ser Dragado em Águas sob Jurisdição Nacional*; Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, ano 149, n. 216; Conselho Nacional do Meio Ambiente: Brasília, Brazil, 2012; pp. 66–69.
18. Buchman, M.F. *Screening Quick Reference Tables*. Seattle: NOAA. 2008; (NOAA OR & R Report 08-1). Available online: <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/9327> (accessed on 28 November 2016).
19. World Health Organization. *Guidelines for Drinking Water Quality: Recommendations*, 3rd ed.; WHO: Geneva, Switzerland, 2008; Available online: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/fulltext.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/fulltext.pdf) (accessed on 13 September 2010).
20. Freitas, A.F.; Marmos, J.L. *Atlas Geoquímico do Estado de Roraima: Projeto Levantamento Geoquímico de Baixa Densidade do Estado de Roraima*; CPRM: Recife, Brazil, 2017; 225p.
21. Azevedo, F.A. *Toxicologia do Mercúrio*; Edição 1; Editora Rima: São Carlos, Brazil, 2003; 272p.
22. Morel, F.M.; Kraepiel, A.M.; Amyot, M. The chemical cycle and bioaccumulation of mercury. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **1998**, *29*, 543–566.
23. FAO/WHO. *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)*; Report of the Tenth Session; FAO/WHO: Rotterdam, The Netherlands, 2016. Available online: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace> (accessed on 6 July 2023).
24. de Vasconcellos, A.C.S.; Ferreira, S.R.B.; de Sousa, C.C.; de Oliveira, M.W.; de Oliveira Lima, M.; Basta, P.C. Health Risk Assessment Attributed to Consumption of Fish Contaminated with Mercury in the Rio Branco Basin, Roraima, Amazon, Brazil. *Toxics* **2022**, *10*, 516. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. 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. [[PubMed](#)]
26. Reuben, A.; Frischtak, H.; Berky, A.; Ortiz, E.J.; Morales, A.M.; Hsu-Kim, H.; Pendergast, L.L.; Pan, W.K. Elevated Hair Mercury Levels Are Associated with Neurodevelopmental Deficits in Children Living Near Artisanal and Small-Scale Gold Mining in Peru. *GeoHealth* **2020**, *4*, e2019GH000222. [[CrossRef](#)]
27. Crespo-López, M.; Augusto-Oliveira, M.; Lopes-Araújo, A.; Santos-Sacramento, L.; Takeda, P.; Macchi, B.; Nascimento, J.; Maia, C.; Lima, R.; Arrifano, G. Mercury: What can we learn from the Amazon? *Environ. Int.* **2021**, *146*, 106223. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. Junior, J.M.F.C.; Da Silva Lima, A.A.; Junior, D.R.; Khoury, E.D.T.; Da Silva Souza, G.; De Lima Silveira, L.C.; Pinheiro, M.D.C.N. Manifestações emocionais e motoras de ribeirinhos expostos ao mercúrio na Amazônia. *Rev. Bras. Epidemiol.* **2017**, *20*, 212–224. [[CrossRef](#)]

**Disclaimer/Publisher’s Note:** The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

**ANEXO 10**



Apresentação da equipe e obtenção do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



Entrevistas com as famílias na comunidade



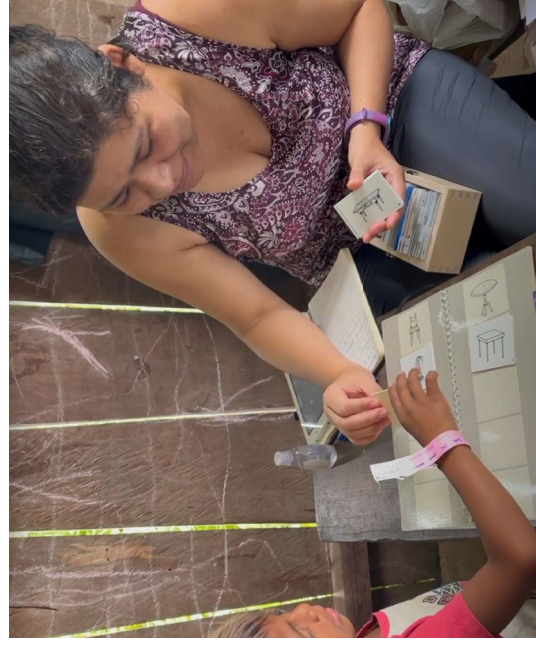
Avaliações clínicas com adultos e crianças



Avaliações pediátricas



Aplicação de testes de neurodesenvolvimento com crianças





Avaliações clínicas neurológicas com adultos



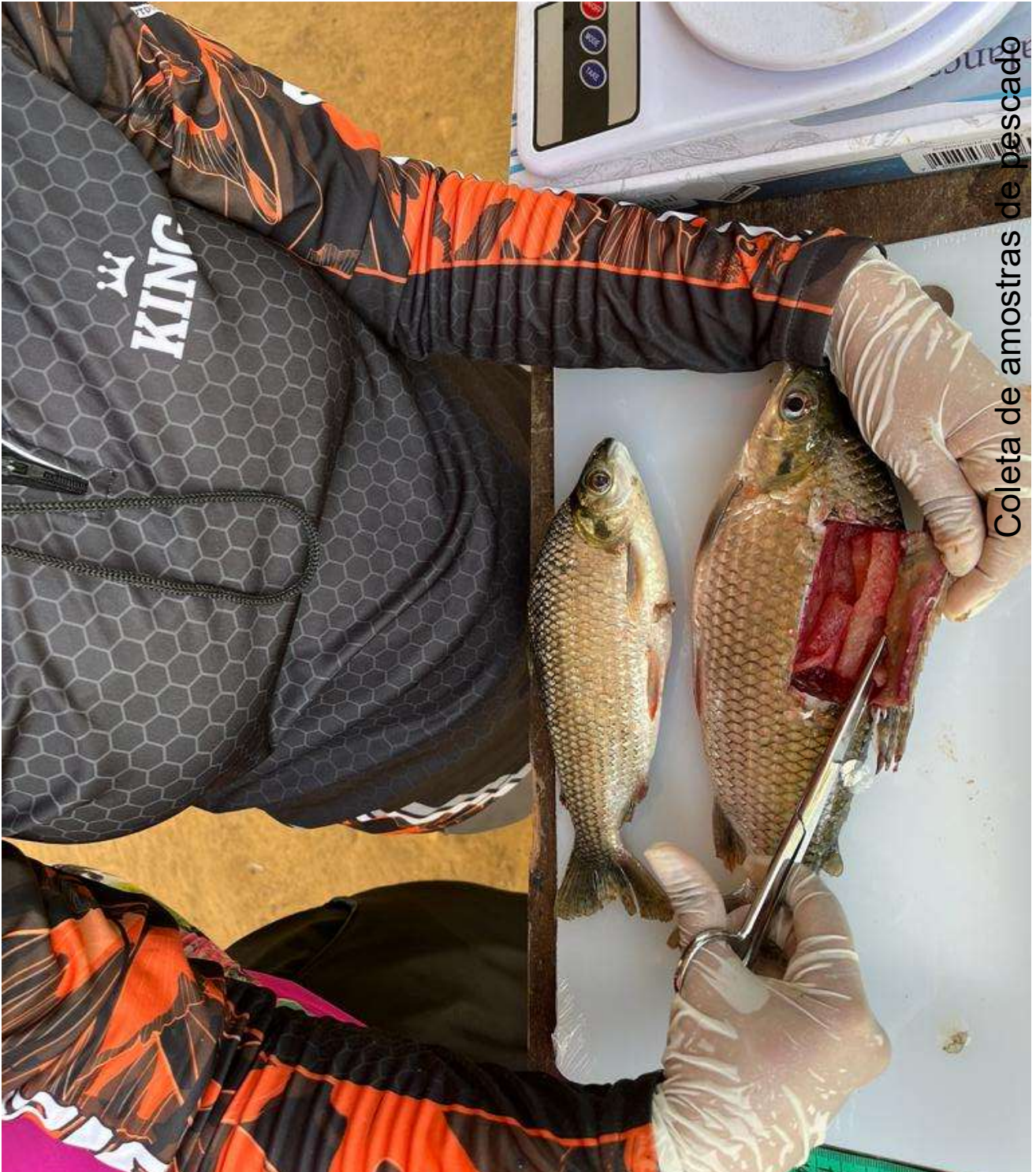
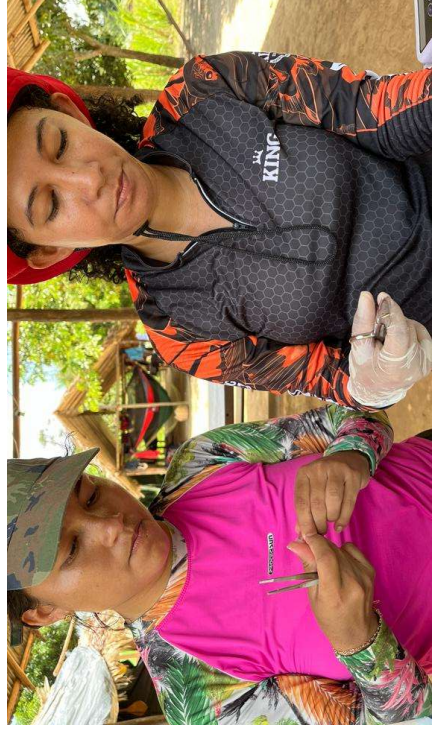


Coleta de amostras de cabelo





Coleta de amostras de células da mucosa oral



Coleta de amostras de pescado



Coleta de amostras de água e sedimentos

Este documento contém o relatório técnico do projeto “*Impacto do mercúrio em áreas protegidas e povos da floresta na Amazônia: Uma abordagem integrada saúde-ambiente*”, realizado pela Fundação Oswaldo Cruz, em parceria com a Hutukara Associação Yanomami, a Texoli Associação Ninam do Estado de Roraima e o Instituto Socioambiental. O apoio financeiro para as atividades foi obtido por intermédio da Emenda Parlamentar 4151004 (PLN 22/2019 – LOA 2020) da Deputada Federal Joênia Wapichana; do Programa Rio Negro do Instituto Socioambiental (ISA); e do Programa Inova Fiocruz da Vice-Presidência de Ambiente, Atenção e Promoção da Saúde (VPAAPS/Fiocruz) via projeto: “*Contribuição para o desenvolvimento de estratégias para o fortalecimento do SasiSUS, considerando as vulnerabilidades emergentes e reemergentes em saúde*”.

