



Poluição por mercúrio em comunidades indígenas pan-amazônicas: um retrato da realidade

Patrick C. Cantuária^{1, 2}; Alejandra Zamora-Jerez³; Diletta Accardo⁴; Fábio M. Alkmin⁵; Lamberto Valqui-Valqui^{6, 7}; Manuel Cabrera-Quezada^{8, 9}; Haru Angelina Garcia Meza¹⁰; Miguel A. Urquijo-Pineda¹¹

¹ Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá-IEPA, Macapá, Amapá-Brasi – patrickcantuaria@iepa.ap.gov.br

² Secretaria de Estado do Meio Ambiente-SEMA, Macapá, Amapá-Brasil – patrick.cantuaria@sema.ap.gov.br

³ Universidad del Valle de Guatemala-UVG, Ciudad de Guatemala- Guatemala – oazamora@uvg.edu.gt

⁴ University of Birmingham-Birmingham, Birmingham-United Kingdom – diletta.accardo@gmail.com

⁵ Universidade de São Paulo-USP, São Paulo-Brasil – fabiogeo@usp.br

⁶ Universitat Jaume I-UJI, Castellón de la Plana-Espana – lambertoalvalqui@gmail.com

⁷ Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA, Lima-Peru

⁸ Universidad Estatal Amazónica-UEA, Sucumbios-Ecuador – manuelcabreraquezada@gmail.com

⁹ Universidad de Pinar del Río Hermanos-UPR, Saiz Montes de Oca – Cuba

¹⁰ Universidad Nacional Agraria La Molina-UNALM, Lima-Peru – harugarciam@gmail.com

¹¹ Universidad Nacional Autónoma de México-UNAM-DGAPA, Ciudad de México-México – miguel1983cps@hotmail.com

* Autor correspondente: Patrick de Castro Cantuária – patrickcantuaria@iepa.ap.gov.br

RESUMO

Este artigo discute a questão da contaminação por mercúrio na Amazônia, um metal bioacumulativo usado na mineração artesanal de ouro. Esse problema socioambiental tem afetado diretamente as comunidades indígenas e ribeirinhas, causando problemas neurológicos, cardiovasculares, digestivos e reprodutivos. Com base em uma perspectiva científica interdisciplinar, que busca considerar a complexa realidade dos povos indígenas amazônicos, o objetivo é propor medidas que possam ajudar essas comunidades a lidar com esse problema. Além da revisão da literatura sobre o tema, tomou-se por referência uma pesquisa produzida pela FioCruz na Terra Indígena Sawré Muybu (Pará), em 2019, atualmente uma das regiões mais contaminadas por mercúrio no Brasil. As propostas de ação incluem medidas educativas e preventivas, orientações ao poder público, monitoramento ambiental e de saúde, além do fortalecimento das capacidades das comunidades indígenas para lidar com a contaminação. O estudo destaca a importância de uma abordagem interdisciplinar e colaborativa para enfrentar esse problema complexo e urgente na Amazônia.

Palavras-chave: Amazônia, mercúrio, povos indígenas.

Introdução

A Amazônia abrange nove países da América do Sul, e sua extensão equivale a um terço de todas as florestas tropicais remanescentes no mundo. Este bioma abriga mais da metade da biodiversidade do planeta e é composto por pelo menos dez tipos distintos de florestas. A bacia amazônica, que se expande por uma área de 6,9 milhões de quilômetros quadrados, desempenha papel indispensável no clima e no ciclo hidrológico global, sendo responsável por armazenar cerca de 20% da água doce do mundo (Ab'Saber 2003). Ao longo dos últimos 11 mil anos, a Amazônia tem sido preservada e cultivada por uma multiplicidade de grupos indígenas. Esses grupos têm mantido uma relação simbiótica com o ecossistema, evidenciando profunda conexão entre as comunidades humanas e o bioma (Neves 2006).

Embora a mineração ilegal de ouro não seja um fenômeno recente na Amazônia brasileira, a expansão dessas atividades tem se acelerado notavelmente nos últimos anos. Essa expansão tem sido alimentada pelo aumento dos preços globais do ouro e pela insuficiência de regulamentação e fiscalização ajustadas às complexas dinâmicas econômicas, sociais e políticas subjacentes a esta prática (Skidmore 2022). No contexto dessa expansão, o uso do mercúrio (Hg), um metal com elevado potencial tóxico, tem apresentado desafios significativos em termos de impactos socioambientais. Embora seu uso na mineração seja permitido sob autorização da Agência Nacional de Mineração (ANM), a fiscalização e o controle efetivos do comércio, uso e descarte do mercúrio têm se mostrado problemáticos, especialmente no Norte do país, onde este metal chega ilegalmente aos garimpos.

Apesar de o Brasil ter assumido compromissos internacionais para a redução do uso de mercúrio, como estabelecido pela Convenção de Minamata, tais compromissos têm enfrentado obstáculos significativos para sua implementação efetiva. A comercialização de ouro clandestino no mercado legal, por exemplo, é facilitada por empresas financeiras autorizadas a comprar esse metal (DTVMs), que muitas vezes carecem de devida diligência ou supervisão sobre o minério citado fornecido pelos vendedores (Skidmore 2022). Tais desafios têm contribuído para tornar a questão do mercúrio um dos principais problemas socioambientais na Amazônia atualmente. A mineração ilegal tem levado a desmatamento significativo e ao deslocamento de comunidades locais, enquanto o uso de mercúrio na extração de ouro tem causado danos graves ao meio ambiente, com a liberação de mais de 1.000 toneladas de mercúrio por ano a partir de minas ilegais (Skidmore 2022).

As comunidades indígenas e ribeirinhas da Amazônia são particularmente afetadas por esse problema, uma vez que sua sobrevivência está diretamente

relacionada ao acesso e interação com a biodiversidade local e com um ambiente potencialmente contaminado (Basta & Hacon 2020). O mercúrio é frequentemente usado para amalgamar o ouro, ajudando a separá-lo de outras substâncias. Essa amálgama é aquecida, fazendo com que o mercúrio evapore e deixe para trás o ouro. No entanto, o mercúrio evaporado não desaparece, ele é liberado no ar e pode ser inalado ou se depositar em solos e corpos d'água na área circundante. Além disso, parcela do mercúrio usado no processo de amalgamação não evapora, permanecendo na forma líquida ou na forma de pequenas gotas, e pode, assim, se depositar nos rios ou no solo, afetando os processos ecológicos essenciais, como a decomposição e a fixação de nitrogênio.

Esse mercúrio também pode entrar na cadeia alimentar, quando é convertido por bactérias em metilmercúrio (MeHg), uma forma orgânica de mercúrio que é facilmente absorvida pelos organismos. O MeHg é bioacumulativo, ou seja, acumula-se nos tecidos dos animais, principalmente dos peixes, e pode ser transferido para os seres humanos quando esses animais são consumidos. A exposição crônica pode causar uma variedade de problemas de saúde, incluindo problemas neurológicos, cardiovasculares, digestivos e reprodutivos (Heck 2014; Basta & Hacon 2020). Além disso, o mercúrio é particularmente prejudicial para as mulheres grávidas, pois pode afetar o desenvolvimento do feto. Em resumo, o mercúrio pode matar ou causar problemas de saúde em ampla gama de animais, incluindo peixes, aves e mamíferos.

A região onde vivem os indígenas Munduruku, às margens do rio Tapajós, no Pará, é atualmente uma das mais contaminadas por mercúrio no Brasil (Risso *et al.* 2021). Um estudo de campo realizado pela FioCruz em 2019, na Terra Indígena Sawré Muybu (TI), constatou que, nas áreas mais afetadas pela mineração ilegal, nove em cada dez Munduruku estavam contaminados pelo metal (Basta & Hacon 2020). Esta pesquisa incluiu avaliações neurológicas, pediátricas e genéticas; amostras de pele e de fios de cabelo; medição dos níveis de hemoglobina, peso e altura; bem como avaliação da contaminação por mercúrio em peixes da área. Considerando esse estudo, o objetivo do presente artigo é discutir medidas de ação que possam ser adotadas pelas comunidades indígenas amazônicas que sofrem processos similares. Para tanto, realizou-se uma revisão bibliográfica da literatura científica sobre o tema, incluindo marcos institucionais e legais, recomendações médicas, planos de ação na área da saúde, ambiental e socioeconômica, bem como uma abordagem antropológica que leva em conta a complexa realidade amazônica. A questão que motivou o desenvolvimento do presente trabalho é: como a poluição por mercúrio causa problemas em comunidades indígenas pan-amazônicas? Esse entendimento vai ser construído com base em experiências encontradas sobre a Comunidade Indígena Munduruku.

Terra Indígena Sawré Muybu: contexto histórico e social

A terra indígena Sawré Muybu, localizada no Estado do Pará (Amazônia brasileira), faz parte do conjunto de territórios habitados pelo povo indígena Munduruku (Wuy jugu), cuja nação se estende ao longo da bacia do rio Tapajós (Figura 1).

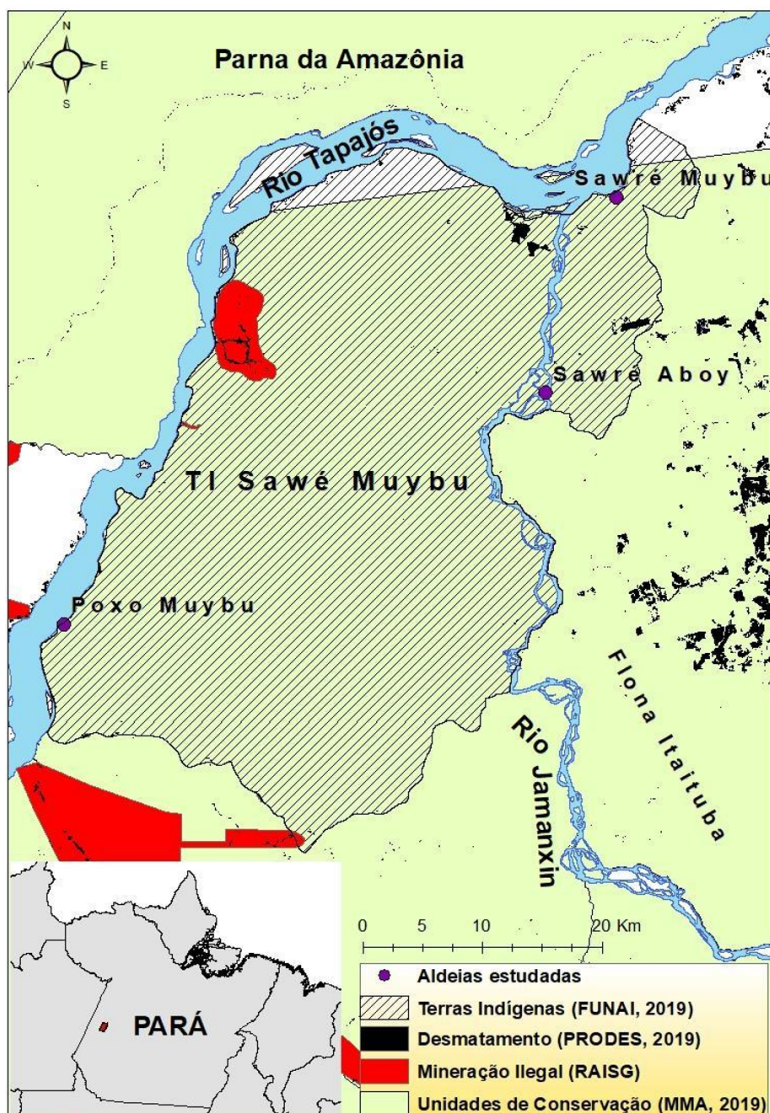


Figura 1 Mapa da área de estudo. Adaptado: Basta & Hacon (2020).

Os Munduruku são um povo historicamente reconhecido por sua inclinação à guerra, o que lhes permitiu impor sua presença cultural no Vale do Tapajós. Após a conquista, os Munduruku conseguiram resistir à invasão europeia até o século XVIII. Nesse período, os missionários lideraram a colonização e facilitaram a exploração de recursos naturais do sertão, como a madeira de cumaru e o cacau. No entanto, a maior expansão extrativista vivenciada pelos Munduruku ocorreu durante o *boom* da borracha, no século XIX. A extração da borracha provocou uma ocupação violenta e acelerada do Tapajós, o que gerou um ataque direto à população indígena. Esses povos eram utilizados como mão de obra escrava na atividade extrativista (Melo 2008).

Após a conclusão do ciclo da extração da borracha, os territórios habitados pelos Munduruku adquiriram um novo valor para o mercado capitalista devido à descoberta de reservas de ouro na área durante o último terço do século XX. Nesse período, o avanço do garimpo ilegal intensificou-se como resultado de processos de colonização interna patrocinados pelo Estado, como a construção da rodovia Transamazônica em 1972. Essa pressão se intensificou nas últimas décadas, particularmente durante a presidência de Jair Bolsonaro, que promoveu políticas voltadas ao fortalecimento das frentes extrativas, o que representou um retrocesso para os avanços até então alcançados na proteção desses povos, como a demarcação de seu território. Como apontam Wark e Wyllys (2022):

As incursões de forasteiros continuam até hoje, trazendo violência e doenças, como a epidemia de sarampo dos anos 40, que dizimou a população, e agora o envenenamento por mercúrio da mineração selvagem. Mais recentemente, desde que Bolsonaro assumiu o cargo, em janeiro de 2019, os ataques de garimpeiros ilegais e, direta ou indiretamente, grandes pecuaristas, plantadores de soja e outros grileiros só aumentaram, com a conivência das autoridades locais e nacionais, especialmente após uma decisão do Supremo Tribunal Federal obrigando o governo a proteger os povos indígenas Yanomami e Munduruku. Bolsonaro prometeu não manter “homens pré-históricos em zoológicos”, não “demarcar mais um centímetro” da Amazônia e incita qualquer tipo de violência para se safar porque, para ele, “onde há terra indígena, há riqueza embaixo dela” (Wark & Wyllys 2022).

A intensificação das atividades extrativistas nos territórios habitados pelos Munduruku tem levado a um aumento acelerado dos níveis de contaminação de recursos essenciais para a sobrevivência desse povo. A pesca é a sua principal

atividade de subsistência, que, por sua vez, apoia as práticas rituais e o intercâmbio comunitário. Além da pesca, a caça, a coleta e a agricultura são práticas indispensáveis à vida dos Munduruku, cujos mecanismos de reprodução cultural estão intrinsecamente relacionados à conservação do meio ambiente, uma vez que garante a continuidade de suas práticas produtivas, religiosas e culturais. Note-se que, para os Munduruku, os elementos que denominam suas tribos repousam sobre a natureza que os rodeia, de modo que a conservação do meio ambiente é um requisito fundamental para a preservação de seus mitos fundadores e a reprodução de sua linguagem ancestral (Scopel *et al.* 2018).

O impacto da poluição da mineração vai além das considerações sobre os efeitos de longo prazo que essa atividade pode causar. Essa situação já mostra um impacto imediato não só nos habitantes do território Munduruku, mas também nas gerações futuras. De acordo com um estudo realizado pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) e pelo Centro de Inovação Científica da Amazônia (Cincia) em cidades adjacentes a áreas de mineração como Sawré Muybu, Sawré Aboy e Poxo Muybu, 57,9% de seus habitantes têm níveis de mercúrio no corpo superiores aos níveis de segurança estabelecidos pelas normas internacionais. A principal fonte de exposição ao MeHg, para os povos indígenas, é o consumo de peixes, que são contaminados nas águas de rios e nascentes provenientes da mineração artesanal. Os peixes contaminados, por sua vez, iniciam uma cadeia alimentar que transmite o mercúrio às pessoas e até mesmo aos seus filhos através da gravidez ou do leite materno (Basta & Hacon 2020).

O acúmulo de problemas que esse grupo enfrenta atualmente põe seriamente em risco a sua sobrevivência material e cultural. Por isso, hoje, sua luta se concentra na defesa territorial pela conservação de suas florestas e rios, contra ameaças como a poluição por mercúrio, derivada da mineração. Diante dessa situação, este estudo tem por objetivo realizar uma abordagem holística da complexa realidade dos Sawré Muybu no âmbito de propostas concretas para a possível realização de ações diretas que visem reduzir o avanço das frentes extrativistas no território.

Quadro institucional e jurídico para a utilização do mercúrio

A Convenção de Minamata acerca do mercúrio (Ministério do Meio Ambiente do Peru 2016) é um tratado global, juridicamente vinculativo, estabelecido para salvaguardar a saúde humana e o ambiente dos impactos nocivos desse elemento. Instituída em 2013 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio

Ambiente, essa convenção contou com a ratificação de 128 nações até 2021. O nome “Minamata” remonta à cidade japonesa que, na década de 1950, foi palco de um devastador episódio de envenenamento por mercúrio, resultando em milhares de vidas perdidas e um duradouro impacto na saúde e qualidade de vida dos sobreviventes. Esse pacto internacional reconhece a magnitude do mercúrio como uma questão ambiental de escala global e tem por meta a gestão adequada desse metal, mitigando seus efeitos deletérios. Para cumprir esse propósito, a Convenção estipula uma série de estratégias visando controlar e diminuir o uso, o comércio e o descarte do mercúrio. Tais estratégias englobam a gradual extinção da mineração de mercúrio e do uso do mesmo em produtos como baterias, lâmpadas fluorescentes e termômetros, além de requerer o armazenamento e descarte seguros de resíduos contendo mercúrio. Ademais, a Convenção ressalta a relevância da cooperação internacional, da transferência de tecnologia e do fortalecimento de capacidades como meios para apoiar a implementação dos compromissos acordados.

Diante dos sérios perigos atrelados ao uso do mercúrio, tanto o Brasil quanto a esfera internacional adotaram ações para disciplinar sua utilização e amenizar seus efeitos deletérios. No contexto brasileiro, a principal estrutura legal orientadora do uso de mercúrio é atualmente constituída pelo Plano Nacional de Redução do Uso de Mercúrio na Mineração de Ouro Artesanal e de Pequena Escala (PNMC), instaurado em 2022 pelo Ministério de Minas e Energia (MME), sendo descrito em detalhes em Sohn (2022). Esse plano delineia diretrizes e estratégias com o objetivo de atenuar o emprego de mercúrio na mineração de ouro, uma atividade que se destaca como uma das principais fontes de poluição ambiental. Além disso, o PNMC almeja incentivar a aplicação de tecnologias alternativas mais seguras e sustentáveis. Embasa-se, ainda, em uma variedade de instrumentos jurídicos internacionais destinados a regular a utilização desse metal tóxico.

O Poder Judiciário e o Legislativo também vêm atuando contra o uso indevido do mercúrio. Em setembro de 2021, o Supremo Tribunal Federal (STF) decidiu, por unanimidade, pela inconstitucionalidade da Lei 1.453/2021, do Estado de Roraima, que permitia o licenciamento para atividades de garimpo com o uso de mercúrio. A lei, questionada pela Rede Sustentabilidade com uma Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADI) 6.672, foi considerada pelo relator, ministro Alexandre de Moraes, como contrária ao modelo federal de proteção ambiental, que exige licenças ambientais específicas para as diferentes fases de atividades potencialmente poluentes. Além disso, a lei foi vista como uma violação ao direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, conforme o

artigo 225 da Constituição Federal, e como usurpação da competência exclusiva da União para legislar sobre recursos minerais e metalurgia, de acordo com o artigo 22, inciso XII, da mesma Constituição.

O Projeto de Lei 1011, proposto pelo senador Randolfe Rodrigues em 2023, institui a Política Nacional de Prevenção da Exposição ao Mercúrio e o Sistema de Controle da Exposição ao Mercúrio (SICEM), ambos voltados para o monitoramento da exposição ao mercúrio pela população brasileira, especialmente em regiões afetadas por garimpo ilegal. O projeto prevê a cooperação entre diferentes níveis de governo e incentiva estudos epidemiológicos, disponibilizando dados coletados pelo SICEM aos pesquisadores. Além disso, estabelece uma campanha contínua de conscientização sobre os riscos da exposição ao mercúrio e designa o dia 8 de novembro como o Dia Nacional de Combate à Exposição e Intoxicação por Mercúrio. Essa legislação é particularmente relevante em um contexto no qual o Brasil, como signatário da Convenção de Minamata, busca reduzir o uso de mercúrio na mineração de ouro e controlar sua importação e uso, especialmente em atividades ilegais, em cumprimento aos compromissos internacionais.

Essas ações foram desencadeadas após estudos revelarem a situação alarmante enfrentada pelo povo Munduruku. Entre 2018 e 2019, foi registrado um aumento de 101,12% na extensão dos rios devastados no território Munduruku, saltando de 88,5 quilômetros para 178 quilômetros. Conforme relatório do Greenpeace de 2020, ano em que o presidente Jair Bolsonaro encaminhou ao Congresso o Projeto de Lei 191/2020 – propondo a liberação de Terras Indígenas (TIs) para mineração e exploração energética –, evidencia-se uma nova onda de atividades intensas na região (Dantas 2021). Em virtude disso, em 29 de maio de 2020, o Greenpeace protocolou uma denúncia junto ao Ministério Público Federal do Pará (MPF-PA), solicitando a imediata e permanente retirada dos garimpeiros das TIs Munduruku e Sai Cinza. Em 16 de junho, o MPF apresentou uma ação requisitando que a Polícia Federal (PF), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e a Fundação Nacional do Índio (Funai) tomassem medidas contra a mineração ilegal nas terras indígenas do sudoeste do Pará e identificassem aqueles que “demonstram consistentemente desrespeito ao cumprimento de leis que reconhecem os direitos indígenas e asseguram a proteção ambiental” (Greenpeace Brasil 2020).

Em síntese, a questão é complexa e requer uma abordagem multidimensional, que una as esferas local, nacional e internacional. A Convenção de Minamata e os planos nacionais, como o PNMC, são passos significativos nessa direção. Contudo, também é fundamental aumentar a consciência pública sobre

os riscos da exposição ao mercúrio, implementar tecnologias alternativas na mineração e fortalecer a legislação e a fiscalização. Afinal, a proteção da saúde humana, a preservação dos direitos indígenas e a conservação do ambiente são responsabilidades compartilhadas, que demandam a colaboração contínua e engajada de todos os atores envolvidos.

Em dezembro de 2022, o Partido Socialista Brasileiro (PSB) ajuizou, no STF, a ADI 7273, para tentar rever o poder fiscalizador do Estado sobre as atividades de mineração na floresta, incluindo em terras indígenas; os argumentos expostos relatam que é altamente questionável e mal posicionado o princípio da boa-fé. Isso posto, as Distribuidoras de Títulos e Valores Mobiliários (DTVM) passam a adotar e armazenar somente as informações prestadas pelos vendedores, que em muitos casos são posseiros e garimpeiros ilegais. É mencionado, ainda, que a Lei 12.844/2013 tem por finalidade prestar socorro aos agricultores familiares que tivessem prejuízos causados por problemas na safra (eventos climáticos, por exemplo) e não tratar de transporte e comercialização de ouro na Amazônia, ou em Terras Indígenas (STF 2023).

Diagnóstico socioambiental

Impacto ambiental causado pelo uso de mercúrio em componentes bióticos (flora e fauna) e componentes abióticos (solo, água e ar)

O mercúrio é o terceiro elemento mais tóxico do planeta, de acordo com a Agência do Governo dos EUA para Substâncias Tóxicas e Registro de Doenças (Rice *et al.* 2014). Esse metal ocorre naturalmente em baixas concentrações em praticamente todos os ambientes geológicos e assume várias formas: elementar (ou metálico), inorgânico (por exemplo, cloreto de mercúrio) e orgânico (como metilmercúrio e etilmercúrio) (Crespo-Lopez *et al.* 2019; Gerson *et al.* 2022). Todas essas formas de mercúrio têm diferentes toxicidades e diferentes implicações para os ecossistemas, porque são poluentes e bioacumuláveis (UN Environment 2019).

O mercúrio é introduzido naturalmente no ambiente por meio de erupções vulcânicas e emissões dos oceanos. Uma vez emitido para o ar, pode viajar milhares de quilômetros na atmosfera antes de se depositar novamente na terra sob a forma de chuva, que envolve a deposição de mercúrio através das ações de precipitação, neve ou nevoeiro (UN Environment 2019), ou de gás seco, que ocorre quando as partículas ou o vapor de mercúrio são depositados diretamente na superfície da terra (Steenhuisen & Wilson 2019). A influência an-

tropogênica no que diz respeito ao mercúrio é evidenciada pela combustão estacionária de combustíveis fósseis (24%), biomassa (21%), atividades industriais (28%) e emissões de resíduos, que incluem produtos com adição de mercúrio e representam cerca de 7% das emissões globais (Global Mercury Assessment 2018).

As atividades antropogênicas, como a mineração, representam um elevado risco para o ambiente devido à desflorestação, à degradação da qualidade da água e aos processos de perturbação dos ecossistemas associados. É ainda mais dramático para a saúde humana, em virtude da contaminação das massas de água, em que os microrganismos podem transformar o mercúrio em MeHg, que se acumula nos peixes, nos crustáceos e nos animais que comem peixe, incluindo os seres humanos. (Steenhuisen & Wilson 2019; Crespo-Lopez *et al.* 2019; UN Environment 2019; Basta *et al.* 2021). Essas atividades têm tido um impacto histórico na Amazônia (Sonter 2017; Paiva 2020; Couto 2021), causando mudanças intensivas no uso da terra (Asner 2016) e poluindo a água doce com rejeitos de mineração (Webb 2004). Além disso, as áreas impactadas continuam a se expandir, abrangem áreas protegidas e não protegidas da bacia amazônica (Roy 2018; Ferrante 2019; Rorato 2020), fazendo com que o impacto ambiental cresça desproporcionalmente e se torne mais difícil de mensurar, deixando consequências graves e impactos negativos que não podem ser remediados ou mitigados (Tarras-Wahlberg 2000, Asner 2016).

Do ponto de vista histórico, o mercúrio foi amplamente utilizado na América do Sul pelos colonizadores espanhóis em atividades de extração de ouro e prata. Entre 1550 e 1880, cerca de 200.000 toneladas métricas de mercúrio foram liberadas no ambiente (Malm 1998). Apesar disso, estima-se que aproximadamente dois terços do mercúrio presente no ambiente tenham sido liberados durante o século XX e que a carga de mercúrio dispersa hoje seja três vezes maior do que a do início dos anos 1900 (ibidem). Atualmente, o mercúrio utilizado pelos garimpeiros ilegais na Amazônia brasileira teria origem em mercados ilícitos localizados principalmente na Bolívia. Para se ter uma ideia de seu alto uso, para cada quilo de ouro extraído ilegalmente, são utilizados cerca de 2,8 quilos de mercúrio (Indaga 2021), e estima-se que a atividade de mineração ilegal libere, em média, cerca de 24 quilos de mercúrio por quilômetro quadrado de área prospectada (OTCA 2018). Como aponta a Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) em sua Análise Diagnóstica Regional Transfronteiriça da Bacia Amazônica de 2018, calcula-se que só a Amazônia brasileira tenha recebido 2.300 toneladas de mercúrio até 1994, e depois registrou volumes em torno de 150 toneladas por ano.

O mercúrio é extremamente volátil e, além disso, não se desintegra, ou seja, não desaparece com o tempo, mas adquire diferentes formas químicas (Crespo-Lopez *et al.* 2019; Gerson *et al.* 2022). De fato, a propagação do mercúrio é regida por um complexo ciclo global e transfronteiriço, que afeta a atmosfera, a hidrosfera e a geosfera (UN Environment 2019; Gerson *et al.* 2022). Este ciclo poluente inicia-se com a separação do ouro das partículas de rochas, areia ou outro material a que está associado através do processo de amalgamação, sendo depois o mercúrio separado do ouro por aquecimento, num processo que ocorre ao ar livre e libera vapores que geram impactos negativos diretos na saúde das pessoas que estão em contato, expressos em déficits orgânicos, neurológicos, cognitivos e psicológicos do indivíduo por inalação. (Mercury & Health 2017). Finalmente, uma vez frio, esse gás pode ser transportado em massas de ar a longas distâncias e reciclado entre os principais compartimentos ambientais, como sedimentos lacustres e solos subsuperficiais, contaminando os seres vivos que dependem desses recursos (UN Environment 2019).

A contaminação do solo e dos recursos hídricos é o impacto mais significativo causado pela descarga incorreta de mercúrio (Calderon 2020). Como mostra a Figura 2(a), a atividade mineradora ilegal não aplica medidas de remediação ou mitigação após o processo de extração mineral. Essas práticas levam à formação de poças de água e enormes extensões de terra contaminada com mercúrio expostas ao ar livre, que, pela ação de microrganismos como bactérias anaeróbias e fungos, têm a capacidade de metilar o mercúrio nos ecossistemas aquáticos e terrestres (Beckers & Rinklebe 2017; ONU Meio Ambiente 2019; Crespo-López *et al.* 2021). O mercúrio bioacumula-se nos seres vivos (peixes, macroinvertebrados, pessoas, plantas, etc.), alterando a cadeia alimentar desses ecossistemas (Bayón 2015; Global Mercury Assessment 2018; El Comercio 2020). Outro impacto negativo é a acumulação de material estéril de resíduos de rocha (Figura 2b), que modifica a fisiografia do terreno e provoca mudanças no uso do solo (Calderón 2020), alterando o habitat e causando problemas de sedimentação nos sistemas lacustres circundantes (Cao 2020).

Em ambientes aquáticos, essas circunstâncias geralmente incluem condições anóxicas (baixo oxigênio) e alto nível de matéria orgânica. Esta é também uma condição válida para ambientes terrestres, onde a metilação pode ser facilitada em áreas como zonas úmidas pela presença de determinadas espécies vegetais que favorecem a metilação microbiana (Crespo-López *et al.* 2021; Gerson *et al.* 2022).



Figura 2 Impactos da mineração ilegal no rio Tapajós e em terras indígenas do povo Munduruku. a) Piscinas de águas contaminadas expostas ao longo do rio Tapajós; b) Detritos gerados pela exploração de ouro e a formação de barragens para acúmulo sedimentar. Foto: Adaptado do Greenpeace Brasil (2020).

Nos ecossistemas terrestres, no entanto, esse processo geralmente não é tão problemático, porque o mercúrio inorgânico tende a ser menos biodisponível nos solos e, portanto, menos disponível para absorção pelos organismos. Inversamente, os organismos aquáticos podem absorver diferentes formas de mercúrio, principalmente através dos alimentos (absorção indireta), embora também possam fazê-lo, em menor grau, diretamente a partir da água (absorção direta) (UN Environment 2019). De fato, o mercúrio incorporado nos organismos sofre bioacumulação, um processo através do qual os organismos podem absorver o contaminante mais rapidamente do que removê-lo (Molina *et al.* 2010), e pode ocorrer também a biomagnificação, o que significa que a concentração desse poluente aumenta à medida que se move para um nível trófico mais elevado na cadeia alimentar (Leung *et al.* 2017; Basu *et al.* 2022). Em outras palavras, à medida que aumenta o nível trófico da cadeia alimentar, o MeHg acumula-se e concentra-se nos tecidos de predadores de nível superior, como peixes grandes e mamíferos marinhos. Assim, peixes que têm uma dieta carnívora e se alimentam de outros peixes podem acumular níveis especialmente altos de MeHg em seus tecidos (Mahhaffey 1999; Leung *et al.* 2017; Basu *et al.* 2022).

Outro recurso afetado pela mineração ilegal é a flora. A capacidade de absorção de mercúrio em florestas tropicais perenes é favorecida por fatores como: o grande índice de área foliar e o período em que as folhas permanecem na planta (Wohlgemuth *et al.* 2020; Feinberg *et al.* 2022). Ou seja, o maior tempo de vida das folhas também favorece a absorção e maiores concentrações de mercúrio na vegetação florestal desses ecossistemas (Pleijel *et al.* 2021), o que se traduz em impactos sobre populações indígenas e comunidades que depen-

dem da agricultura de subsistência e do uso de produtos não madeireiros da floresta.

Também, os processos de desmatamento nesses territórios, nas fases de exploração e exploração, têm provocado a degradação e perda de toda a vegetação, conforme pode ser observado na Figura 2(a) e (b), além da alteração dos sistemas de drenagem e da destruição do habitat de inúmeras espécies da fauna associadas a esses ecossistemas (Minam 2016). O desmatamento nessas áreas cresceu 495% entre 2010 e 2020, segundo estudo realizado pela organização MapBiomas (MapBiomas 2020; Salazar 2021). O relatório do MapBiomas salienta que 65% das atividades mineiras na bacia amazônica brasileira são ilícitas e que a instalação de “garimpos” quintuplicou em terras indígenas e cresceu 301% em áreas de conservação. A atividade de mineração teve um aumento de 6.500 hectares por ano entre 2010 e 2020, enquanto no período de 1985 a 2009 apresentou um aumento médio anual de 1.500 hectares (MapBiomas 2020, Salazar 2021).

O território dos Munduruku faz parte das 34 áreas protegidas em que há presença de garimpo ilegal no Brasil (Inpe 2021) e representa 60% dos alertas de desmatamento em terras indígenas na Amazônia identificados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) entre janeiro e abril de 2020 (Instituto Igarapé 2020). Com a ajuda de imagens de satélite constatou-se que, em 2021, houve um aumento de 58% na taxa de desmatamento (Inpe 2021).

Impactos à saúde humana

Do ponto de vista histórico, o mercúrio tem sido empregado há quase 3000 anos (Ye *et al.* 2016). Utilizado pelos egípcios, fenícios e gregos, tinha significado mágico na alquimia, em que era conhecido como “o mensageiro dos deuses”. Seu nome na tabela periódica dos elementos vem da palavra latina *hydrargyrum* (Hg), que significa “prata líquida” (Faria 2003).

A ação tóxica do mercúrio na saúde humana também é conhecida já há algum tempo. De fato, a partir do século XVII, a fabricação de chapéus era uma ocupação notoriamente perigosa, uma vez que envolvia a utilização de grandes quantidades desse metal. O envenenamento por mercúrio tornou-se tão comum entre os fabricantes de chapéus na Grã-Bretanha vitoriana que se acredita que Lewis Carroll tinha a doença em mente quando inventou a personagem do Chapeleiro Louco em *As Aventuras de Alice no País das Maravilhas*. Além disso, os sintomas psicóticos da intoxicação por mercúrio têm sido estudados desde o século XVIII, quando as drogas por mercúrio começaram a ser amplamente utilizadas no tratamento da sífilis (Waldron 1983).

A história do envenenamento por mercúrio em pequena e grande escalas foi amplamente ilustrada por Coulter (2016). Como mencionado anteriormente, o primeiro caso bem documentado de intoxicação aguda por mercúrio devido ao consumo de peixes contaminados ocorreu em Minamata, Japão, em 1953. A condição clínica foi oficialmente reconhecida e nomeada de doença de Minamata em 1956. No entanto, muitos anos depois, ainda se discute a definição dessa doença em termos de sintomas clínicos e extensão das lesões. Em termos gerais, a medição biológica (biomonitorização) do mercúrio no cabelo, sangue, unhas e urina, por exemplo, permite quantificar a exposição e relacioná-la com possíveis efeitos na saúde.

Atualmente, a literatura sobre intoxicação e exposição ao mercúrio inorgânico em humanos consiste em relatos de casos clínicos (Teixeira *et al.* 2018). A investigação mais recente centra-se no estudo dos efeitos na saúde em casos de exposição crônica, de baixo ou moderado grau (Ye *et al.* 2016). A esse respeito, deve-se notar que inúmeros estudos ainda estão sendo realizados e que as manifestações clínicas da síndrome mercurial e a fisiopatologia da intoxicação por mercúrio também dependem da forma e, em alguns casos, da via de contaminação pela substância.

O metilmercúrio é uma molécula lipossolúvel facilmente absorvida e bioacumulada por organismos de baixo táxon (Mahaffey 1999) e, portanto, biomagnificada ao longo da cadeia alimentar (Basu *et al.* 2022). Na Amazônia, isso representa um grande problema, já que várias comunidades dependem dos peixes como fonte de proteína (Azevedo *et al.* 2020). A neurotoxicidade do MeHg foi documentada em vários estudos (Branco *et al.* 2021; Santos-Sacramento *et al.* 2021; Paduraru *et al.* 2022). Esta toxina pode interagir com enzimas, funções da membrana celular e neurônios, causando estresse oxidativo, peroxidação lipídica e mau funcionamento das mitocôndrias. Além disso, faz com que a transmissão da sinapse (união entre um neurônio e outra célula) não ocorra satisfatoriamente e que o transporte adequado de aminoácidos nas células seja interrompido (Crespo-López *et al.* 2005).

No caso do sistema reprodutor, a toxicidade por MeHg pode levar a anormalias cromossômicas (National Research Council 2000). Altas concentrações de MeHg causam a redução da contagem de espermatozoides e a atrofia dos testículos (United States Environmental Protection Agency 2001). Em mulheres grávidas, o mercúrio é transmitido ao feto pela placenta (National Research Council 2000), causando problemas durante o desenvolvimento dos órgãos (Ha *et al.* 2017). Grandjean *et al.* (2010) relataram problemas em recém-nascidos, como baixo peso ao nascer, atraso no desenvolvimento neuronal e crescimento lento das crianças

em geral (United States Environmental Protection Agency 2001). Foi documentada uma correlação positiva significativa entre as concentrações de mercúrio no cabelo das mães e das crianças, transmitidas pelo leite materno (Marques *et al.* 2016).

Vários sintomas da doença de Minamata foram observados em comunidades na Amazônia, que estão associados a altos níveis de exposição ao mercúrio (Crespo-Lopez *et al.* 2021). Os habitantes dessas comunidades podem consumir entre duas e seis vezes os níveis máximos recomendados de MeHg (Crespo-Lopez *et al.* 2021), acumulando níveis de mercúrio superiores a 6,0 µg/g, o que é considerado um risco à saúde (Basta *et al.* 2021).

Lacerda *et al.* (2020) determinaram que os habitantes da comunidade do Tapajós (Pará) tinham concentrações de mercúrio significativamente maiores do que os garimpeiros expostos a vapores de mercúrio na Serra Pelada (Pará). Isso foi relacionado ao comprometimento da capacidade visual na comunidade do Tapajós. Basta *et al.* (2021) encontraram alterações somatossensoriais e problemas de fluência verbal em pessoas com mais de 12 anos de idade. A prevalência foi mais elevada nas comunidades de Sawré Aboy e Sawré Muybu, cujos níveis de exposição ao mercúrio foram superiores a 10 µg/g (de acordo com a OMS, os níveis seguros de acumulação devem ser inferiores a 6 µg/g). Oliveira *et al.* (2021) encontraram padrões semelhantes nos habitantes de Poxo Muybu, apesar de as concentrações de mercúrio serem mais baixas, em comparação com as comunidades acima mencionadas. No entanto, os níveis populacionais estão acima da concentração-limite segura para o organismo.

Outros sintomas documentados nas comunidades amazônicas incluem déficits motores (problemas na coordenação de movimentos, por exemplo) (Costa *et al.* 2017; Basta *et al.* 2021) e distúrbios emocionais como ansiedade e insônia (Costa *et al.* 2017). Foram detectados problemas no desenvolvimento neuronal em crianças, bem como problemas psicomotores, perturbações da visão (Fillion *et al.* 2013) e dificuldade em processar e recordar informação (Santos-Lima *et al.* 2020).

Impactos socioeconômicos

Além dos graves impactos na saúde humana, a mineração ilegal de ouro e seus efeitos poluentes alteram a vida das comunidades, que sofrem com ela de diversas formas. Em primeiro lugar, é fundamental reconhecer a amplitude do problema gerado pela constante expansão da frente mineira sobre os territórios de reserva tradicionalmente ocupados pelos povos indígenas na Pan-Amazônia, em especial os Munduruku, do rio Tapajós. Essa ameaça é sistemática, porque o Brasil faz parte de uma cadeia de extração de ferro e ouro na qual o país desempenha um papel decisivo, uma vez que atualmente está entre os territórios

que possuem as maiores reservas de ouro do mundo, juntamente com outros na bacia amazônica, como a Venezuela (Manzoli *et al.* 2021), que também concentra uma grande reserva localizada em áreas habitadas principalmente por povos indígenas amazônicos.

Nesse cenário, os povos indígenas vivenciam as maiores externalidades do processo extrativo nas esferas ecológica, cultural e econômica, a partir das atividades ilegais derivadas da extração de minérios, principalmente ouro, por meio de técnicas artesanais que não são regulamentadas por qualquer tipo de legislação que contenha ou controle o impacto derivado do passivo ambiental deixado por essa atividade no território.

No caso da população Munduruku e outras da bacia amazônica, destacam-se impactos na concentração de bens comuns, como a poluição nos aquíferos, a deterioração do solo e o impacto na flora e fauna frequentemente consumidas por esses grupos. Por outro lado, a mineração ilegal está desvinculada do sistema tributário dos estados, porque sua atividade não é declarada, fazendo com que o estado assuma suas consequências (remediação ambiental), mas não se beneficie de seus lucros. Segundo relatório do IWGIA, na bacia do Tapajós, território Munduruku, pelo menos “30 toneladas de ouro por ano, aproximadamente R\$ 4,5 bilhões em renda não declarada, ou seja, seis vezes mais do que a atividade jurídica na região”, são extraídos (Alcántara 2021).

Na área das comunidades indígenas, a mineração se vale de atos de violência e chantagem dos grupos mineradores em relação aos seus habitantes, da degradação do tecido comunitário indígena, dos processos de recrutamento e pressão exercidos pelos garimpeiros, da ocupação e criação de núcleos externos cujo desenvolvimento social se dá no quadro de uma dinâmica urbana e amplamente poluente. A isto se combina a alteração dos hábitos de consumo das comunidades, com a introdução de novos produtos nocivos para a sua saúde e para o tecido social, como o álcool e as drogas.

Esses impactos desenvolvem-se paralelamente a um contexto ecológico amplamente contaminado por resíduos químicos como o mercúrio, que se espalha na água e nos peixes que essas populações implantadas consomem. Ao mesmo tempo, devemos acrescentar o deslocamento forçado de comunidades ameaçadas pela presença de garimpeiros, que, concomitantemente, leva a outros fenômenos, como a exploração laboral das comunidades, bem como o tráfico e a exploração sexual de crianças (Matos 2016).

Estudo realizado pela ONG Global Initiative against Transnational Organized Crime, em 2016, mostrou as ligações entre a mineração ilegal de ouro e o crime organizado em países como Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, México,

Nicarágua, Peru e Venezuela. A investigação mostrou que essa atividade contribui para fenômenos como o financiamento de grupos insurgentes, lavagem de dinheiro e corrupção. Além disso, provoca o deslocamento forçado da população local, acelera a destruição ambiental e promove a exploração laboral e sexual de seus habitantes (Global Initiative Against Transnational Organized Crime 2016).

Nesse cenário, a mineração tem contribuído para o aprofundamento de um dos problemas fundamentais historicamente enfrentados pelas comunidades indígenas amazônicas, que é a falta de demarcação de seus territórios. A partir disso se pode ter uma ideia do vácuo legal que possibilita a apropriação, contaminação e destruição da vida e do meio ambiente dessas comunidades. Essa situação de abandono radicalizou-se durante o período de governo de Jair Bolsonaro, cuja política se tornou genocida e anti-indígena, promovendo o avanço das frentes extrativistas nos territórios amazônicos, mesmo naqueles considerados como áreas protegidas.

Planos de ação

O desenvolvimento de um plano de ação requer uma boa compreensão da realidade do setor no qual decorrem as atividades mineiras, a fim de apoiar a formulação de estratégias realistas e eficazes enquadradas pela lei e medir o progresso na sua implementação (Keane *et al.* 2023). Isto exige a coleta de dados sobre a utilização e práticas de mercúrio nos locais de extração de ouro em pequena escala (ASGM) e consultas às partes interessadas, bem como literatura confiável, informação socioeconômica, de saúde e ambiental, como demonstrado por O'Neill & Telmer (2017).

As informações devem se concentrar em dados como: a quantidade estimada de mercúrio utilizada pelo setor, a quantidade estimada de ouro extraído, número estimado de mineiros envolvidos no setor (por gênero) e informação geográfica pormenorizada sobre a extração artesanal e em pequena escala de ouro. Além disso, foram coletadas informações qualitativas, incluindo a presença de piores práticas, bem como várias informações ambientais, sanitárias e socioeconômicas documentadas (Keane *et al.* 2023).

Impactos ambientais

Avaliação da importância dos impactos

A avaliação do impacto ambiental será realizada em função da importância e dos impactos adversos causados ao ambiente, a extensão geográfica do impacto, a duração e a frequência, a irreversibilidade do impacto e a magnitude

da alteração da componente. A aplicação desses critérios é subjetiva e exigirá justificação com dados quantitativos e qualitativos da avaliação ambiental. Os critérios sugeridos para avaliar a importância do impacto no ambiente serão os seguintes: fisionomia da vegetação, área ou espécie protegida; importância regional ou global do recurso (flora e fauna); relação do recurso com as populações locais; e fatores socioeconômicos. Os critérios sugeridos para avaliar a extensão geográfica do impacto no ambiente estarão relacionados com o fato de o impacto ser local, regional ou internacional; a duração do impacto estará ligada à escala temporal da atividade, seja ela temporária, de curto prazo, de longo prazo ou permanente; a frequência, de acordo com a taxa em que a atividade ocorre ou se repete durante determinado período de tempo, seja ela intermitente, sazonal ou constante; o risco, baseado na probabilidade de ocorrência do impacto: improvável ou provável; a reversibilidade (resiliência), determinada pelo fato de o impacto ser irreversível ou a recuperação do recurso ser de curto ou longo prazo; e a magnitude da alteração da componente ambiental, seja ela pequena, média ou grande; além de um plano de monitorização permanente da influência do mercúrio no ambiente. Essas informações serão utilizadas para propor medidas de controle e mitigação dos impactos causados ao meio ambiente.

Revisão e reforço do quadro regulamentar e processual

Propõe-se a revisão dos regulamentos e procedimentos de formalização e regularização, através da revisão do quadro regulamentar e da verificação da necessidade de atualização. Além da realização de um censo minerário e da atualização do cadastro para conhecer a situação atual (número de mineradores envolvidos no setor).

Estratégia para a redução das liberações e riscos de exposição ao mercúrio e eliminação das piores práticas

Promover a adoção de tecnologias eficientes para a extração e transformação do ouro sem utilização de mercúrio, realizando uma pesquisa de tecnologias disponíveis no mercado que possam ser aplicáveis à realidade, transferindo para a comunidade o conhecimento de tecnologias aplicáveis e promovendo acordos com universidades e centros de pesquisa para a inclusão de pesquisa em tecnologias alternativas à utilização de mercúrio. Além disso, formação e informação através do desenvolvimento de programas de formação, baseados em lições aprendidas e casos de sucesso.

Estratégia para o controle do comércio ilegal e da utilização de mercúrio

Reforçar o sistema de controle e monitorização do comércio e utilização de mercúrio, através do planejamento e execução de operações de controle em coordenação com as instituições estaduais competentes, para verificar a utilização de mercúrio.

Estratégia para a redução da extração mineira ilegal

Através do aumento das capacidades locais de prevenção e combate ao garimpo ilegal e da promoção de atividades produtivas alternativas ao desenvolvimento do garimpo em áreas sensíveis, além da implementação de planos de intervenção e de alerta precoce em áreas vulneráveis à expansão do garimpo ilegal.

Alimentação humana

As espécies de peixes carnívoros, estando no topo da cadeia alimentar, tendem a acumular maior quantidade de mercúrio no corpo (Leung *et al.* 2017). Por conseguinte, é prudente evitar essas espécies para consumo humano até que os níveis de mercúrio sejam considerados toleráveis como alimentos.

Nesse sentido, propõe-se realizar um trabalho direto com as comunidades locais, em conjunto com a Funai, para sensibilizá-las para o problema do mercúrio e as consequências que isso acarreta. Pode-se determinar quais espécies de peixes cujo consumo é mais seguro; por exemplo, peixes herbívoros e/ou detritívoros com concentrações mais baixas de mercúrio. No entanto, a abundância de espécies aquáticas com essas características é menor. Outra medida importante seria implementar outras fontes de proteína. Na região amazônica existem diversas espécies de plantas com alto teor proteico, como (Shanley *et al.* 2012):

- ◆ Bacuri (*Platonia insignis* Mart.) – 100 g de polpa têm 1,9 g de proteína.
- ◆ Burití (*Mauritia flexuosa* L.f.), cuja polpa contém 11% de proteína.
- ◆ Castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl), cuja farinha contém até 46% de proteína. A noz pode conter 12% a 17% de proteína, o que representa metade do conteúdo presente na carne bovina e o dobro de calorias.
- ◆ Pataúá (*Oneocarpus bataua* Mart.) – 100 g de óleo contém 3,3 g de proteína, um pouco mais do que o leite de vaca.

Essa é uma estratégia de emergência que poderia reduzir drasticamente a ingestão de mercúrio nas comunidades indígenas. No entanto, devem ser im-

plementadas pouco a pouco e sem desprezar os costumes locais, uma vez que se trata de recursos naturais utilizados para a sua sobrevivência.

Socioeconômico

É preciso reconhecer o papel fundamental desempenhado por comunidades indígenas como os Mundurucu no processo de defesa de seus espaços vitais e de seus bens para a correta gestão, organização, delimitação e uso de seus recursos. Para isso, é necessário estabelecer um marco legal de reconhecimento (demarcação territorial) e consulta sobre o uso e exploração do território por terceiros ou sob dinâmicas alheias às condutas tradicionais da comunidade.

Nesse cenário, apresentam-se três eixos fundamentais para a reconstituição do território e do tecido social comunitário afetado pela deterioração ecológica e espacial derivada da atividade minerária. O primeiro refere-se à descontaminação de solos e rios que afetam a flora e, principalmente, a fauna (peixes) de consumo, das quais derivam a intoxicação dos habitantes do território. Em segundo lugar, a reparação econômica derivada da atividade minerária que afeta diretamente as comunidades e as impede de continuar com suas dinâmicas produtivas tradicionais. E, em terceiro lugar, o fortalecimento do tecido comunitário do povo Munbukurucu e de outras comunidades indígenas e quilombolas amazônicas, socialmente afetadas pelo recrutamento, violência e outras táticas de dissolução do núcleo comunitário na presença de frentes extrativistas como a mineração voltada para o ouro.

Em nível internacional, deve-se ressaltar a consciência ecológica e a solidariedade humana de modo a sensibilizar para as consequências do consumo de produtos ou bens cujo impacto ecológico e social esteja comprovado, como, neste caso, o ouro e outros metais. A degradação cultural das comunidades também deve ser evitada através da presença concreta da autoridade do Estado em defesa das populações indígenas, como os Mundurucu e outros povos pan-amazônicos.

Também é importante controlar os recursos derivados dessa atividade, evitando-se, assim, a introdução excessiva de assentados vinculados ou próximos desse tipo de ocupação. Dessa forma, contém-se a criação de centros semiurbanos ou vilas dentro do território amazônico que tenham forte impacto social e ecológico, por serem altamente poluentes. É necessário, também, considerar o monitoramento constante dos processos de descontaminação e reparação ecológica, e neste a participação auto-organizada dos povos desempenha papel fundamental.

Conclusões

Dentre as práticas implementadas para a mineração, uma das que tem causado maior impacto é o uso do mercúrio como parte intrínseca do processo de amalgamação e posterior recuperação do ouro, atividade que vem sendo desenvolvida há décadas no território Munduruku, ameaçando sistematicamente a saúde humana e o meio ambiente. Impactos como desmatamento, perda de biodiversidade, contaminação de corpos hídricos, bioacumulação em organismos vivos e saúde humana têm feito parte da realidade dessa área. Diante dessa problemática, fazem-se necessários o protagonismo e o compromisso das instituições do Estado com o monitoramento constante e o estabelecimento de indicadores qualitativos e quantitativos que permitam o acompanhamento e a avaliação, com vistas à proposição de estratégias que contemplem a revisão e o fortalecimento do marco regulatório e processual, o controle do comércio e do uso ilegal do mercúrio, a capacitação, a transferência de tecnologia e a inclusão social e de gênero.

Nos últimos anos, os governos nacionais signatários da Convenção de Minamata elaboraram relatórios de "Avaliação Inicial de Minamata" para verificar o cumprimento das obrigações estabelecidas no protocolo que entrou em vigor em 2017. Os resultados desses relatórios ensejam preocupação, uma vez que, aparentemente, os governos e ministérios da saúde de vários países não se comprometeram com o cumprimento dos acordos assinados. Em particular, parece que muitos países não implementaram nem as estratégias de saúde pública (levantamento de dados de saúde, formação de profissionais de saúde e iniciativas de sensibilização através de instalações de saúde) nem as estratégias para prevenir a exposição de populações vulneráveis.

Neste cenário, identificaram-se três eixos fundamentais para resolver o problema de forma integral, focados tanto no ambiente ecológico quanto nas comunidades que o habitam. O primeiro refere-se à implementação urgente de processos de descontaminação de rios e solos, por meio do desenvolvimento de soluções inovadoras em articulação com as próprias comunidades e seus conhecimentos sobre o meio ambiente. Em segundo lugar, a reparação econômica das comunidades afetadas pela mineração, bem como a promoção de atividades produtivas tradicionais que constituam alternativas viáveis de sobrevivência para afastar a população das dinâmicas ilegais promovidas pela mineração de ouro. E, em terceiro lugar, estratégias que visem recuperar e fortalecer o tecido comunitário das comunidades indígenas e quilombolas amazônicas, limitando,

por meio de intervenção efetiva do Estado, o avanço das frentes colonizadoras e a penetração de atores externos no território dessas comunidades.

Esses processos, sem dúvida, devem agregar os líderes comunitários de forma proeminente. Para isso, a Lei 1011 de 2023 (mencionada no Marco Legal) traz inovações positivas, em especial ao apontar a necessidade de desenvolver estratégias locais, partindo das comunidades e coordenando-as com projetos mais amplos nos níveis federal e nacional (Capítulo III).

No entanto, estas são recomendações gerais, porque as propostas devem ser adaptadas à realidade dos povos que habitam esse território. Evidentemente, a elaboração de um plano geral de intervenção, estudado em larga escala, tem suas limitações, uma vez que cada realidade empírica apresenta especificidades etnográficas que devem ser consideradas no desenvolvimento de soluções concretas reais. Neste sentido, a etnobiologia e a etnoecologia – entendidas como o estudo dos conhecimentos, percepções e práticas das comunidades humanas perante o ambiente que as rodeia – são ferramentas analíticas indispensáveis para garantir a eficácia de qualquer plano de ação concreto.

Em relação à implementação de um plano de intervenção em saúde, por exemplo, é fundamental considerar os limites da medicina, tendo por base técnicas de intervenção terapêutica em que se leve em conta as dimensões anatômico-fisiológicas de cada organismo. Em outras palavras, é imperativo considerar o significado que os pacientes atribuem às suas experiências de doença. Ignorar essa dimensão pode prejudicar a própria eficácia terapêutica. A experiência humana é simbolicamente organizada, e a própria doença deve ser vista como uma experiência culturalmente moldada. Para melhor compreensão, o impacto do mercúrio na saúde encontra-se descrito na Figura 3.



Figura 3 Infográfico sobre mercúrio e mineração.

Agradecimentos – Os autores agradecem aos membros da Escola Paulista de Ciências Avançadas, Amazônia Sustentável e Inclusiva.

Contribuições dos autores – Todos os autores contribuíram igualmente para a conceitualização, metodologia e redação das versões inicial e final do texto.

Conflitos de interesse – Os autores declaram que não têm conflitos de interesse relacionados à publicação deste manuscrito.

Ética – O presente estudo não envolve seres humanos e/ou ensaios clínicos que deveriam ser aprovados pelo Comitê de Ética Institucional.

Referências bibliográficas

AB'SABER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ALCANTARA, M.L. **El dilema colonial de Brasil: minería del oro y deforestación en la Amazonia**. 2021. Disponível em: <https://debatesindigenas.org/notas/137-dilema-colonial-de-brasil.html>. Acesso em: 23 mar. 2023.

ASNER, Gregory P; TUPAYACHI, Raul. Accelerated losses of protected forests from gold mining in the Peruvian Amazon. **Environmental Research Letters**, [S.L.], v. 12, n. 9, p. 094004, 1 set. 2016. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/aa7dab>.

AZEVEDO, Lucas Silva; PESTANA, Inácio Abreu; NERY, Adriely Ferreira da Costa; BASTOS, Wanderley Rodrigues; SOUZA, Cristina Maria Magalhães. Mercury concentration in six fish guilds from a floodplain lake in western Amazonia: interaction between seasonality and feeding habits. **Ecological Indicators**, [S.L.], v. 111, p. 106056, abr. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106056>.

BASTA, P. C, HACON, S. S. **Impacto do mercúrio na saúde do povo indígena Munduruku, na bacia de Tapajós**. Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), 2020.

BASTA, Paulo Cesar; VIANA, Paulo Victor de Sousa; VASCONCELLOS, Ana Claudia Santiago de; PÉRISSÉ, André Reynaldo Santos; HOFER, Cristina Barroso; PAIVA, Natalia Santana; KEMPTON, Joseph William; ANDRADE, Daniel Ciampi de; OLIVEIRA, Rogério Adas Ayres de; ACHATZ, Rafaela Waddington. 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**, [S.L.], v. 18, n. 17, p. 9222, 1 set. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph18179222>.

BASU, Niladri; ABASS, Khaled; DIETZ, Rune; KRÜMMEL, Eva; RAUTIO, Arja; WEIHE, Pal. The impact of mercury contamination on human health in the Arctic: a state of the science review. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 831, p. 154793, jul. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154793>.

BAYÓN, A.; JAPHY, W. **Tundayme: El Despojo Minero Avanza**. 17 Dec. 2015. Disponível em: <https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/tundayme-el-despojo-minero-avanza>. Acesso em: 21 mar. 2023.

BECKERS, Felix; RINKLEBE, Jörg. Cycling of mercury in the environment: sources, fate, and human health implications. **Critical Reviews In Environmental Science And Technology**, [S.L.], v. 47, n. 9, p. 693-794, 3 maio 2017. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10643389.2017.1326277>.

BRANCO, Vasco; ASCHNER, Michael; CARVALHO, Cristina. Neurotoxicity of mercury: an old issue with contemporary significance. **Neurotoxicity Of Metals: Old Issues and New Developments**, [S.L.], p. 239-262, 2021. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/bs.ant.2021.01.001>.

CAO, Yanbo; ZHU, Xinghua; LIU, Bangxiao; NAN, Yalin. A Qualitative Study of the Critical Conditions for the Initiation of Mine Waste Debris Flows. **Water**, [S.L.], v. 12, n. 6, p. 1536, 28 maio 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w12061536>.

ROBLES, Paola Valentina Calderón. **Estado actual de la minería de oro en Ecuador**: gran minería vs minería artesanal. 2021. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Recursos Naturais, Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, 2021.

COSTA JUNIOR, José Maria Farah; LIMA, Abner Ariel da Silva; RODRIGUES JUNIOR, Dario; KHOURY, Eliana Dirce Torres; SOUZA, Givago da Silva; SILVEIRA, Luiz Carlos de Lima; PINHEIRO, Maria da Conceição Nascimento. Manifestações emocionais e motoras de ribeirinhos expostos ao mercúrio na Amazônia. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, [S.L.], v. 20, n. 2, p. 212-224, jun. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1980-5497201700020003>.

COULTER, Margaret A.. Minamata Convention on Mercury. **International Legal Materials**, [S.L.], v. 55, n. 3, p. 582-616, jun. 2016. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.5305/intelegamate.55.3.0582>.

COUTO, Thiago B. A.; MESSENGER, Mathis L.; OLDEN, Julian D.. Safeguarding migratory fish via strategic planning of future small hydropower in Brazil. **Nature Sustainability**, [S.L.], v. 4, n. 5, p. 409-416, 11 jan. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41893-020-00665-4>.

RESPO-LOPEZ, Maria Elena; AUGUSTO-OLIVEIRA, Marcus; LOPES-ARAÚJO, Amanda; SANTOS-SACRAMENTO, Leticia; TAKEDA, Priscila Yuki; MACCHI, Barbarella de Matos; NASCIMENTO, José Luiz Martins do; MAIA, Cristiane S.F.; LIMA, Rafael R.; ARRIFANO, Gabriela P.. Mercury: what can we learn from the amazon?. **Environment International**, [S.L.], v. 146, p. 106223, jan. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2020.106223>

DANTAS, J. E. **A morte dos rios**. 01 Dez. 2021. Disponível em: <https://www.greenpeace.org/brasil/blog/a-morte-dos-rios/>. Acesso em: 25 mar. 2023.

SILVA, Stephani Ferreira da *et al.* Seasonal variation of mercury in commercial fishes of the Amazon Triple Frontier, Western Amazon Basin. **Ecological Indicators**, [S.L.], v. 106, p. 105549, nov. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105549>.

DOS SANTOS-LIMA, Cassio *et al.* Neuropsychological Effects of Mercury Exposure in Children and Adolescents of the Amazon Region, Brazil. **Neurotoxicology**, [S.L.], v. 79, p. 48-57, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuro.2020.04.004>.

EL COMERCIO: LIMA, PERÚ. 2020. **La Actividad Minera Ilegal en el Norte de Esmeraldas se realiza en 52 Frentes**. 2020. Disponível em: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/mineria-ilegal-intensa-prohibiciones-esmeraldas.html>. Acesso em 21 mar. 2023.

EISENBERG, L., KLEINMAN, A. Clinical social Science. *In: The relevance of social science for medicine*. 1981. p. 1-23.

FARIA, Marcília de Araújo Medrado *et al.* Mercuralismo metálico crônico ocupacional. **Revista de Saúde Pública**, [S.L.], v. 37, n. 1, p. 116-127, fev. 2003. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0034-89102003000100017>.

FERRANTE, Lucas; FEARNSIDE, Philip M. Brazil's new president and 'ruralists' threaten Amazonia's environment, traditional peoples and the global climate. **Environmental Conservation**, [S.L.], v. 46, n. 4, p. 261-263, 24 jul. 2019. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s0376892919000213>.

FILLION, Myriam; LEMIRE, Mélanie; PHILIBERT, Aline; FRENETTE, Benoît; WEILER, Hope Alberta; DEGUIRE, Jason Robert; GUIMARÃES, Jean Remy Davée; LARRIBE, Fabrice; BARBOSA JUNIOR, Fernando; MERGLER, Donna. Toxic risks and nutritional benefits of traditional diet on near visual contrast sensitivity and color vision in the Brazilian Amazon. **Neurotoxicology**, [S.L.], v. 37, p. 173-181, jul. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuro.2013.04.010>.

GERSON, Jacqueline R. *et al.* Amazon forests capture high levels of atmospheric mercury pollution from artisanal gold mining. **Nature Communications**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 559, 28 jan. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-022-27997-3>.

GLOBAL INITIATIVE AGAINST TRANSNATIONAL ORGANIZED CRIME. **Organized Crime and Illegally Mined Gold in Latin America**. 2016. Disponível em: <https://globalinitiative.net/wp-content/uploads/2016/03/Organized-Crime-and-Illegally-Mined-Gold-in-Latin-America.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2023.

GRANDJEAN, Philippe *et al.* Adverse Effects of Methylmercury: environmental health research implications. **Environmental Health Perspectives**, [S.L.], v. 118, n. 8, p. 1137-1145, ago. 2010. Environmental Health Perspectives. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.0901757>.

GREENPEACE BRASIL. 2020. **Em meio à Covid, 72% do garimpo na Amazônia foi em áreas "protegidas"**. 25 Jun. 2020. Disponível em: <https://www.greenpeace.org/brasil/blog/em-meio-a-covid-72-do-garimpo-na-amazonia-foi-em-areas-protegidas/>

HA, Eunhee *et al.* Current progress on understanding the impact of mercury on human health. **Environmental Research**, [S.L.], v. 152, p. 419-433, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2016.06.042>.

HECK, C. **La realidad de la minería ilegal en países amazónicos**. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental, 2014.

IGARAPE INSTITUTE. **Terra Indígena Munduruku**. 2020. Disponível em: <https://terrasindigenas.org.br/pt-br/terras-indigenas/3770>. Acesso em: 21 mar. 2023.

INDAGA - OBSERVATORIO NACIONAL DE POLÍTICA CRIMINAL. **La minería ilegal en la Amazonía Peruana. Amazonía y Crimen**. Ministerio de Justicia y Derechos Humanos del Perú, 2021.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. São José dos Campos: 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br>. Acesso em: 21 mar. 2023.

LACERDA, Eliza Maria da Costa Brito *et al.* Comparison of Visual Functions of Two Amazonian Populations: possible consequences of different mercury exposure. **Frontiers In Neuroscience**, [S.L.], v. 13, p. 1, 21 jan. 2020. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fnins.2019.01428>.

LEUNG, H. M. *et al.* Monitoring and assessment of heavy metal contamination in a constructed wetland in Shaoguan (Guangdong Province, China): bioaccumulation of pb, zn, cu and cd in aquatic and terrestrial components. **Environmental Science And Pollution Research**, [S.L.], v. 24, n. 10, p. 9079-9088, 10 maio 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-016-6756-4>.

MAHAFFEY, K.R. Methylmercury: a new look at the risks. **Public Health Reports**. v. 114, n. 5, p. 396-399, 1999.

MAPBIOMAS. **Mapeo Anual de Cobertura y Uso del Suelo de la Amazonía**. 2020. Disponível em: <https://amazonia.mapbiomas.org/>

MARQUES, Rejane C. *et al.* Traditional living in the Amazon: extended breastfeeding, fish consumption, mercury exposure and neurodevelopment. **Annals Of Human Biology**, [S.L.], v. 43, n. 4, p. 360-370, 21 jun. 2016. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/03014460.2016.1189962>.

MINISTERIO DEL AMBIENTE DE PERÚ - MINAM. **Aprende a prevenir los efectos del mercurio**. 2016. Disponível em: <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/bitstream/handle/123456789/92/BIV01760.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 21 mar. 2023.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (US). **Toxicological Effects of Methylmercury**. Washington (DC): National Academies Press (United States), 2000.

NEVES, E.G. **Arqueologia da Amazônia**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2006.

ORGANIZACIÓN DEL TRATADO DE COOPERACIÓN AMAZÓNICA - OTCA. **Informe Análisis de Diagnóstico Transfronterizo Regional de la Cuenca Amazónica**. 2018. Disponível em: <http://otca.org/project/analisis-diagnostico-transfronterizo-regional-de-la-cuenca-amazonica-adt/>.

OLIVEIRA, Rogério Adas Ayres 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**, [S.L.], v. 18, n. 19, p. 10270, 29 set. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph181910270>.

PADURARU, Emanuela *et al.* Comprehensive Review Regarding Mercury Poisoning and Its Complex Involvement in Alzheimer's Disease. **International Journal Of Molecular Sciences**, [S.L.], v. 23, n. 4, p. 1992, 11 fev. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijms23041992>.

PAIVA, Paula Fernanda Pinheiro Ribeiro *et al.* Deforestation in protect areas in the Amazon: a threat to biodiversity. **Biodiversity And Conservation**, [S.L.], v. 29, n. 1, p. 19-38, 16 out. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-019-01867-9>.

QUARANTA, Ivo *et al.* La trasformazione dell'esperienza. Antropologia e processi di cura. **Antropologia e Teatro. Rivista di Studi**, [S.L.], p. 3, 17 out. 2012. Antropologia e Teatro. Rivista di Studi. <http://dx.doi.org/10.6092/ISSN.2039-2281/3187>.

RICE, Kevin M. *et al.* Environmental Mercury and Its Toxic Effects. **Journal Of Preventive Medicine & Public Health**, [S.L.], v. 47, n. 2, p. 74-83, 31 mar. 2014. Korean Society for Preventive Medicine. <http://dx.doi.org/10.3961/jpmph.2014.47.2.74>.

RISSO, M.; SEKULA, J.; BRASIL, L. *et al.* **Impacts on Yanomami and Mundurucu Populations**. [s.l.]: Igarape Institute, 2021. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/resrep30586.11>. Acesso em 23 mar. 2023

RORATO, Ana C *et al.* Brazilian amazon indigenous peoples threatened by mining bill. **Environmental Research Letters**, [S.L.], v. 15, n. 10, p. 1040a3, 1 out. 2020. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/abb428>.

ROY, Bitty A.; ZORRILLA, Martin; ENDARA, Lorena; THOMAS, Dan C.; VANDEGRIFT, Roo; RUBENSTEIN, Jesse M.; POLICHA, Tobias; RÍOS-TOUMA, Blanca; READ, Morley. New Mining Concessions Could Severely Decrease Biodiversity and Ecosystem Services in Ecuador. **Tropical Conservation Science**, [S.L.], v. 11, p. 194008291878042, jan. 2018. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/1940082918780427>.

SALAZAR, J. Brasil: **Mineria ilegal creció un 495% en la última década**. 2021. Disponível em: <https://camiper.com/tiempominero-noticias-en-mineria-para-el-peru-y-el-mundo/brasil-mineria-ilegal-crecio-un-495-en-la-ultima-decada/>. Acesso em 21 mar. 2023.

SANTOS-SACRAMENTO, Leticia *et al.* Human neurotoxicity of mercury in the Amazon: a scoping review with insights and critical considerations. **Ecotoxicology And Environmental Safety**, [S.L.], v. 208, p. 111686, jan. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111686>.

SCOPEL, D.; DIAS-SCOPEL, R.; LANGDON, E. J. Community Health Workers in Central-Southern Amazonia: Na Ethnographic Account of the Mundurucu People of Kwatá Laranjal Indigenous Land. **Journal of the Society for The Anthropology of Lowland South America**, [S.L.], v. 18, n. 1, p. 72-91, 2022.

SCOPEL, Daniel *et al.* A cosmografia Mundurucu em movimento: saúde, território e estratégias de sobrevivência na amazônia brasileira. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 89-108, abr. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1981.81222018000100005>.

SENADO FEDERAL. **Projeto de Lei nº 1011**, Institui a Política Nacional de Prevenção da Exposição ao Mercúrio no país e dá outras providências. 2023.

SHANLEY, P. CYMEYS, M. SERRA, M. & MEDINA, G. **Frutales y plantas útiles en la vida amazónica**. 2 ed. [S.L.]: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Centro para la investigación Forestal Internacional y Pueblos y Plantas Internacional, 2012. ISBN 978-92-5-307007-7

SOHN, Hassan. **Desenvolvimento do Plano de Ação Nacional para a Mineração Artesanal e de Pequena Escala de Ouro no Brasil**: avançando para a extração de ouro sem mercúrio. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-lanca-projeto-para-plano->

de-acao-nacional-para-extracao-de-ouro-sem-mercuro/DesenvolvimentodoPlanodeAo.pdf. Acesso em: 17 jun. 2023.

SONTER, Laura J. *et al.* Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. **Nature Communications**, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 1, 18 out. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-017-00557-w>.

TARRAS-WAHLBERG, N. Håkan *et al.* Environmental Impact of Small-scale and Artisanal Gold Mining in Southern Ecuador. **Ambio: A Journal of the Human Environment**, [S.L.], v. 29, n. 8, p. 484-491, dez. 2000. Royal Swedish Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1579/0044-7447-29.8.484>.

UNITED STATES AGENCY INTERNATIONAL DEVELOPMENT - USAID. **Minería aurífera ilegal**. 2022. Disponível em: <https://www.usaid.gov/peru/our-work/illegal-gold-mining>. Acesso em: 21 mar. 2023.

UN ENVIRONMENT. **Global Mercury Assessment**. 2018. Disponível em: https://www.unep.org/resources/publication/global-mercury-assessment-2018?_ga=2.227987165.1902135672.1680109127-65431850.1679843779. Acesso em 29 mar. 2023.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Methylmercury (MeHg)**. 2021. (CASRN 22967-92-6).

WARK, J., WYLLYS, J. **La resistencia Munduruku en Brasil evidencia la perversidad del sistema**. 2022. Disponível em: <https://www.opendemocracy.net/es/lucha-munduruku-evidencia-perversidad-sistema-brasil/>. Acesso em 23 mar. 2023.

WALDRON, H., A., Did the Mad hatter have mercury poisoning? **British Medical Journal**, v. 287, p. 1961, 24-31 dec. 1983.

WEBB, Jena; MAINVILLE, Nicolas; MERGLER, Donna; LUCOTTE, Marc; BETANCOURT, Oscar; DAVIDSON, Robert; CUEVA, Edwin; QUIZHPE, Edy. Mercury in Fish-eating Communities of the Andean Amazon, Napo River Valley, Ecuador. **Ecohealth**, [S.L.], v. 1, n. 2, p. 59-71, nov. 2004. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10393-004-0063-0>.

YE, Byeong-Jin *et al.* Evaluation of mercury exposure level, clinical diagnosis and treatment for mercury intoxication. **Annals Of Occupational And Environmental Medicine**, [S.L.], v. 28, n. 1, p. 1-8, 22 jan. 2016. Korean Society of Occupational and Environmental Medicine. <http://dx.doi.org/10.1186/s40557-015-0086-8>.

TEIXEIRA, Francisco B. *et al.* Exposure to Inorganic Mercury Causes Oxidative Stress, Cell Death, and Functional Deficits in the Motor Cortex. **Frontiers In Molecular Neuroscience**, [S.L.], v. 11, p. 125, 15 maio 2018. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fnmol.2018.00125>.

WHO. **Guia passo a passo para o desenvolvimento de uma estratégia de saúde pública para a extração de ouro artesanal e em pequena escala no âmbito da Convenção de Minamata sobre o Mercúrio**. 2021. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/340411/9789240023246-por.pdf>. Acesso em 25 mar. 2023.

Sobre os autores

Diletta Accardo é Antropóloga pela Universidade de Bologna, com mestrado em Antropologia Cultural e Etnolinguística pela Universidade de Veneza. Após o mestrado, realizou três anos (2018/19 e 20) de pesquisa independente em várias prisões da Bolívia, incluindo pequenas prisões em áreas rurais do país. Atualmente é doutoranda em Geografia e Ciências Ambientais na Universidade de Birmingham <https://orcid.org/0009-0009-8239-5117>

Fábio Márcio Alkmin é Geógrafo e mestre pela Universidade de São Paulo (USP), onde também é doutorando em Geografia Humana. Sua pesquisa se concentra em temas envolvendo autonomias indígenas na América Latina, com foco na Amazônia brasileira. <https://orcid.org/0000-0001-5115-5916>

Haru Angelina Garcia Meza é Engenheira Florestal formado pela Universidade Nacional Agrária La Molina, no Peru, com mestrado em inovação agrária para o desenvolvimento rural pela Universidade Nacional Agrária La Molina. Atualmente trabalha em projetos de reflorestamento ambiental e florestação em uma empresa privada. <https://orcid.org/0000-0001-9432-0694>

Lamberto Valqui Valqui é Engenheiro Ambiental formado pela Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas/UNTRM, com mestrado em Eficiência Energética e Sustentabilidade pela Universidad Jaume I/UIJ da Espanha e candidato a doutorado em Tecnologias Industriais e Materiais pela Universidad Jaume I/UIJ da Espanha. Atualmente é pesquisador do Projeto de Agricultura de Precisão do Instituto Nacional de Innovación Agraria/INIA. <https://orcid.org/0000-0002-1012-3907>

Manuel Cabrera-Quezada é Engenheiro Florestal, licenciado pela Universidad Nacional de Loja no Equador, com um mestrado em Administração Ambiental pela Universidad Nacional de Loja no Equador; doutoramento em Ciências Florestais pela Universidad Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca – Cuba. Professor investigador na Universidad Estatal Amazónica Sede Sucumbíos-Ecuador. <https://orcid.org/0000-0001-9903-3977>

Miguel Angel Urquijo Pineda é formado em Ciências Políticas e Administração Pública pela Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) e em Antropologia Social pela Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH). É mestre e doutor em Estudos Latino-Americanos pela Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). É formada em Estudos Asiáticos (UNAM), bem como em Perspectivas Antropológicas do Campo e da Ruralidade (Instituto Nacional de Antropología e História). Atualmente é bolsista de pós-doutorado no Centro de Estudos Latino-Americanos da Faculdade de Ciência Política (UNAM). <https://orcid.org/0009-0001-4933-5173>

Olga Alejandra Zamora é Bióloga guatemalteca formada pela Universidad Del Valle de Guatemala (UVG). Ela tem mestrado em Ciências Ambientais pela University of Manchester, Reino Unido, e doutorado em Genética da Conservação pela Manchester Metropolitan University. Sua pesquisa se concentra em ecologia, genética e conservação de anfíbios neotropicais. Atualmente, ela é professora sênior do Departamento de Biologia da UVG e diretora do Centro de Estudos de Biotecnologia. <https://orcid.org/0000-0001-7039-4322>

Patrick de Castro Cantuária é Biólogo formado pelo Centro Universitário do Pará (CE-SUPA), especialista em Ensino de Biologia pela Faculdade Única (Faculdade Única), mestre em desenvolvimento regional pela Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), doutor em biodiversidade e biotecnologia pela Rede BIONORTE na Universidade Federal do Pará (UFPA), e pós-doutorado pela Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). Atualmente, é pesquisador Pesquisador do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA), desenvolve suas atividades no Herbário Amapaense (HAMAB), e é Secretário Adjunto da Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Amapá (SEMA). <https://orcid.org/0000-0002-3676-7866>

