

A CONJUNTURA ATUAL AMBIENTAL DO RIO AMANA, FLORESTA NACIONAL DO PAU-ROSA, AMAZÔNIA, BRASIL: IMPACTOS FÍSICOS DO GARIMPO DE OURO

THE CURRENT ENVIRONMENTAL SITUATION OF THE AMANA RIVER, NATIONAL PAU-ROSA FOREST, AMAZON, BRAZIL: PHYSICAL IMPACTS OF GOLD MINING

Lorena de Paula Cabral¹
Jarbas Honorio de Miranda²
Jacqueline Martins Gomes³

Resumo: A exploração de minérios é umas das atividades econômicas mais importante em termos mundiais, por outro lado, infelizmente é umas das que mais causam impactos ambientais e de saúde pública. Em inúmeros casos, tais atividades são desenvolvidas de forma ilegal, gerando rejeitos que são descartados de forma inadequada e/ou sem nenhum tipo de tratamento remediador. O estudo foi realizado através de uma excursão por via fluvial, organizado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO), com objetivo principal a distribuição de cestas básicas aos povos tradicionais da Floresta Nacional (Flona) do Pau-Rosa, onde foram percorridos os três dos quatro rios principais que banham a Flona: o Paraconi, Parauari e Amana. Foi possível constatar que o rio mais afetado pela atividade de garimpo é o Amana, onde foi possível encontrar vários pontos de garimpo ilegal, com a presença de dragas. Vários trechos apresentam pontos de assoreamento, ocasionando estreitamento do rio. Visivelmente houve um aumento dos sólidos em suspensão, causando uma grande turbidez nas águas que antes eram relatadas como cristalinas pelos moradores mais antigos. Foi constatado também que a população tradicional, entende que as águas têm uma grande probabilidade de estarem contaminadas pelo mercúrio proveniente do garimpo do ouro, porém necessitam consumir o pescado e a água para suas necessidades básicas, não tendo outra opção. Ao final, a analista do ICMBio, conversou com alguns garimpeiros e alertou sobre a ilegalidade da atividade e orientou para que fizessem a retirada dos maquinários.

Palavras-chave: Mineração ilegal. Impactos ambientais. Mercúrio.

¹ Mestre em Agronomia no Trópico Úmido, Professora Assistente, Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, ICET/UFAM, lorenapcabral@ufam.edu.br

² Doutor em Irrigação e Drenagem, Professor Associado, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", ESALQ/USP, jhmirand@usp.br

³ Mestre em Desenvolvimento Sustentável, Analista Ambiental, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBIO Maués, jacqueline.gomes@icmbio.gov.br

Abstract: *Mineral exploration is one of the most important economic activities in the world. On the other hand, unfortunately, it is one of the activities that cause the most environmental and public health impacts. In numerous cases, such activities are illegally performed and generate waste disposed of improperly or improperly without any remedial treatment. This paper was written after an excursion by the river, organized by the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMbio). The primary purpose was to distribute provisions to traditional peoples of the Pau-Rosa National Forest (Flona). Three of the four main rivers that bathe the Flona, the Paraconi, Parauari, and Amana, were covered. It was possible to verify that the most affected river by the mining activity is the Amana, and it was possible to find several points of illegal mining and the presence of dredgers. Several stretches present points of siltation, causing the narrowing of the river. There was a visible increase in suspended solids, causing a strong turbidity in the water. Previously, it was reported as crystal clear by the oldest residents. We mean that the traditional population understands that the waters are highly likely to be contaminated by mercury from gold mining. However, residents need to consume fish and water for their basic needs, having no other option. In the end, the ICMbio analyst spoke to some miners and advised them about the illegality of the activity and advised them to remove the machinery.*

Keywords: *Illegal mining. Environmental impact. Mercury.*

INTRODUÇÃO

A exploração de minérios é uma das atividades econômicas mais importantes em termos mundiais. No entanto, apesar de suas contribuições na geração de riquezas para os países, é inegável os impactos negativos à saúde pública e ao meio ambiente, devido, principalmente, à liberação de inúmeras substâncias tóxicas. Portanto, equilibrar esses dois lados opostos tem se tornado um grande desafio geotécnico e ambiental, sendo necessário o aprimoramento e desenvolvimentos de técnicas que possam identificar, controlar e remediar esses impactos.

Na Amazônia, onde é comum o estabelecimento de garimpos de ouro (legais e ilegais), ocorre a geração de rejeitos contendo elevados teores de mercúrio metálico, conhecido popularmente como “azougue”. O mercúrio (Hg) é um elemento não essencial e um metal pesado que se apresenta na forma líquida em temperatura ambiente, solúvel em soluções oxidantes e possui um alto nível de toxicidade, prejudicial às plantas, animais e saúde humana. Este metal é encontrado de forma natural no meio ambiente, ocorrendo no ar, no solo e na água, incorporado através da gaseificação da crosta terrestre, emissões vulcânicas e à evaporação natural dos corpos d'água. Nas últimas décadas a sua concentração vem aumentando consideravelmente por fatores antrópicos relacionados a atividades industriais e de mineração, correspondendo a aproximadamente 30% do que é emitido para a atmosfera. Dessa forma, devido à sua capacidade de atingir longas distâncias da fonte de poluição pelo transporte atmosférico, é considerado um poluente global (WANG et al., 2003; FLOREZ; OSPINA;

LOPES, 2015; ULLAH et al., 2015; BRITO et al., 2021).

Em meio aquático, pode ser encontrado tanto na água quanto nos sedimentos. Neste ambiente, há a possibilidade das espécies inorgânicas do mercúrio sofrerem reações mediadas, principalmente por microrganismos, alterando seu estado inicial, gerando compostos organomercuriais como metil-mercúrio, com maior toxicidade que as formas inorgânicas. Facilmente absorvido por peixes e outros animais aquáticos, o metil-mercúrio é incorporado nos tecidos desses organismos, acumulando-se ao longo do tempo e alcançando, nos níveis tróficos, concentrações bem maiores que as encontradas nas águas e sedimentos (AZEVEDO, 2003; TINÔCO et al., 2010). No solo, o metil-mercúrio afeta principalmente a atividade microbiana do solo (BRITO et al., 2021) e o tempo de retenção é longo, pois esse elemento não apresenta muita mobilidade durante o intemperismo, o que resulta em um maior acúmulo desse elemento, que por meio de erosão e escoamento superficial, pode acarretar seu lançamento em diversos recursos hídricos (TINÔCO et al., 2010).

Essa bioacumulação de Hg pela flora e fauna, acaba atingindo o homem conduzida pelos diferentes níveis da cadeia alimentar, ocasionando efeitos subletais e letais, provenientes de disfunções metabólicas (SOUZA; MORASSUTI; DE DEUS, 2018). Quando presente no corpo humano, pode ocasionar graves danos à saúde devido a sua acumulação ocorrer de forma progressiva e irreversível, ficando retido nos tecidos, causando graves lesões, principalmente aos rins, fígado, aparelho digestivo e sistema nervoso central (TINÔCO

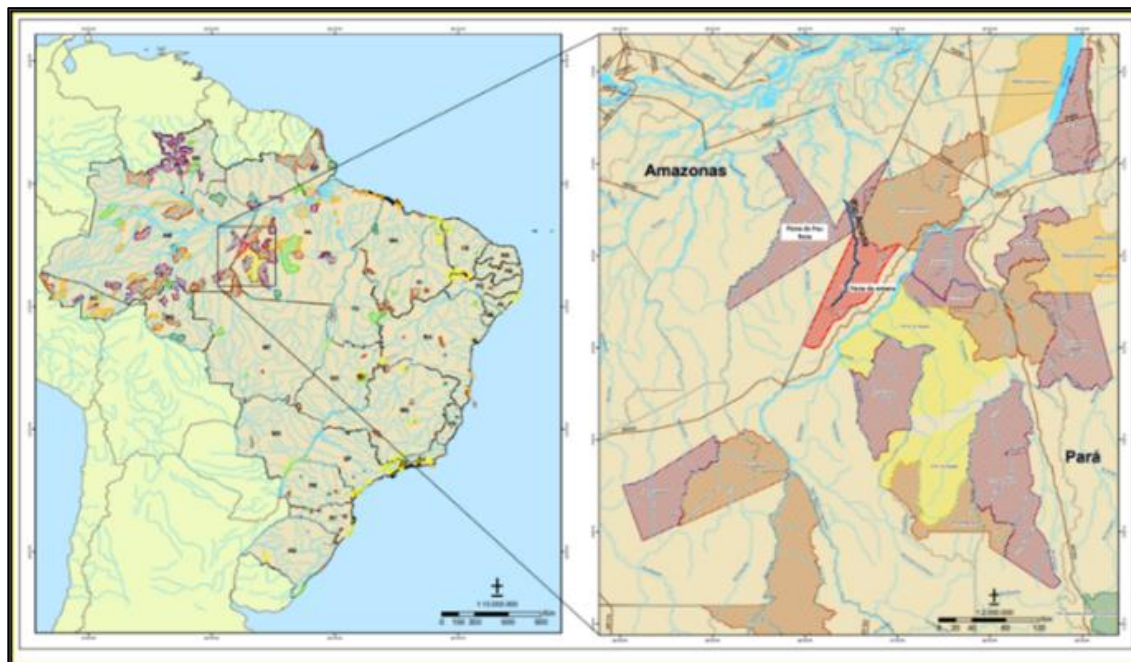
et al., 2010). Especificamente na região Amazônica, Arrifano et al. (2018) afirmam que a principal fonte de contaminação por mercúrio é pela ingestão de animais contaminados, principalmente organismos aquáticos.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo, relatar a situação encontrada na Flona do Pau-Rosa, em especial no Rio Amana, em relação a impactos ambientais presenciados pelas atividades ilegais de garimpo durante uma visita técnica realizada juntamente com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio, órgão gestor da Unidade de Conservação.

LOCALIZAÇÃO DO RIO AMANA

A bacia hidrográfica do rio Amana possui uma área total de 552.455,8 hectares (5.524,5 km²), dos quais 281.396,3 (2.814 km²) hectares estão inseridos na Flona do Amana e 271.059,5 hectares (2.710,5 km²) na Flona do Pau-Rosa, com extensão estimada de 165 km até o seu ponto de confluência com o rio Parauari, quando juntos dão origem ao rio Maués-Açú (ICMBIO, 2010) (Figura 1). Este é submetido à influência das atividades de garimpo, sendo que aquelas que são realizadas a montante, na Flona do Amana, atingem diretamente a qualidade da água a jusante, na Flona de Pau-Rosa.

Figura 1. Localização geográfica da Bacia do Rio Amana.



Fonte: Adaptado de ICMBio, 2010.

Se por um lado, atividades de garimpo não foram permitidas em nenhuma hipótese desde a criação do plano de manejo da Flona do Pau-Rosa, por outro lado, a Flona do Amana contém em seu

decreto de criação a previsão desse tipo de atividade, desde que regularizada, isso porque já existiam garimpos estabelecidos antes da sua delimitação como área de preservação. Ainda assim, mesmo havendo

essa flexibilização, ainda é comum encontrar atividades irregulares, sem o devido licenciamento e autorização de lavra (ICMBIO, 2010). Esse fato é gerador de graves consequências para os solos e para qualidade da água que, segundo os técnicos da CPRM, é imprópria inclusive para banho devido à quantidade elevada de metais pesados detectados nas medições realizadas nesse rio (ICMBIO, 2010). É perceptível, ao longo da bacia, nos igarapés onde estão instalados os garimpos, elevada turbidez da água, modificação no leito dos igarapés, carreamento de solo para os corpos hídricos e outras pressões associadas (ICMBIO, 2010, 2018).

Este estudo, foi resultado de uma visita técnica, organizada pelo ICMBio, com a finalidade de realizar a distribuição de cestas básicas aos povos tradicionais da Flona do Pau-Rosa, fornecidas pelo Ministério da Cidadania visando amenizar os impactos causados pelas medidas de distanciamento social, provenientes do combate à pandemia de COVID-19. Foram percorridos três dos quatro rios principais que banham a Flona: o Paraconi, o Parauari e o Amana. Em relação ao Rio Amana, foi percorrido apenas o trecho localizado dentro do Estado do Amazonas, onde, em teoria, nenhuma atividade garimpeira deveria ser encontrada. O local é habitado por povos com descendência indígena das etnias Sateré Mawé e Munduruku que desenvolvem atividades agrícolas no formato tradicional, com ênfase nas culturas do guaraná (*Paullinia cupana*), mandioca (*Manihotesculenta*), frutíferas regionais (cupuaçu, goiaba, açaí etc.), além das atividades de caça e pesca (SOUZA *et al.*, 2020).

ORGANIZAÇÃO DA VISITA TÉCNICA

A Flona do Pau-Rosa é gerida pelo ICMBio, que constantemente promove encontros, palestras e parcerias com outras entidades públicas, visando o desenvolvimento sustentável da região. Dessa forma, o órgão realiza periodicamente visitas às comunidades. Porém, em 2020, com o avanço da pandemia de COVID-19, todas as atividades presenciais, não essenciais, foram suspensas visando a prevenção da contaminação das comunidades tradicionais estabelecidas na região.

O ano de 2021 foi marcado pelo início da vacinação contra o COVID-19, o que permitiu que em meados de setembro, as atividades presenciais do ICMBio fossem retomadas gradativamente. E foi assim que ocorreu o planejamento de uma visita técnica, por via fluvial, com duração de 13 dias na Flona do Pau-Rosa, visando executar as seguintes atividades: entrega de cestas básicas para famílias cadastradas como beneficiárias da Flona, emissão de Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP), atualização do cadastro de beneficiários da Flona de Pau-Rosa e articulação institucional no âmbito do Conselho Consultivo junto às comunidades representadas.

Mesmo com restrição em relação ao quantitativo da equipe, por conta do distanciamento social, foi possível a inclusão da autora na viagem. Formalmente, o profissional interessado em realizar pesquisas dentro da Flona precisa submeter uma proposta de pesquisa por meio do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO),

disponível no link:
<https://sisbio.sisicmbio.icmbio.gov.br/>

Após avaliação dos analistas, é então emitida uma Autorização para Atividades com Finalidade Científica. Adicionalmente, por conta da pandemia de COVID-19, foi exigido também o cartão de vacinação, contendo a comprovação com pelo menos uma dose de imunização.

A equipe técnica foi composta por integrantes de diferentes instituições públicas: Claudio Silva, Paulo Ramos e Jacqueline Martins Gomes (ICMBio); Eder Junior e Givanildo Oliveira (IDAM); Fábio Magalhães (IFAM) e Lorena Cabral (UFAM) - (Figura 2). Todas as medidas fitossanitárias recomendadas pelo Ministério da Saúde, como uso de máscara, álcool em gel e distanciamento social, foram devidamente respeitadas.

Figura 2. Equipe e tripulação da embarcação Comandante Araújo I responsável pela visita técnica na Floresta Nacional do Pau-Rosa, na comunidade de São João do Cacoal, em setembro de 2021.



Fonte: Próprio autor, 2021.

A embarcação partiu do município de Itacoatiara-Am e percorreu três dos quatro rios principais que banham a Flona: o Paraconi, Parauari e Amana. E, dessa forma, as atividades propostas foram realizadas nas comunidades locais.

Baseando-se no Plano de Manejo das Flonas do Amana e do Pau-Rosa, que define que as atividades de garimpo podem ser autorizadas em situações específicas na primeira e completamente proibida na segunda, é possível inferir que qualquer atividade relacionada que ocorrer ao longo do curso do rio que estiverem no território do estado do Amazonas é completamente proibida. Especificamente no caso do rio Amana, a embarcação principal precisou ser ancorada na comunidade Monte Sinai e com a lancha auxiliar, percorrer mais 2 horas ao longo do Rio Amana até a região chamada de Salto do Amana, divisa com o estado do Pará.

ANÁLISE DA CONJUNTURA AMBIENTAL ATUAL

A maioria dos habitantes da Flona do Pau-Rosa é composta por povos indígenas das etnias Sateré Mawé e Munduruku. As atividades agrícolas em grande parte são destinadas a subsistência, desenvolvida em roçados tradicionais e o excedente é comercializado. As culturas mais comuns são: o guaraná (*Paullinia cupana*); maniva (*Manihotesculenta*) e frutos regionais (cupuaçu, goiaba, açaí, entre outros). Ocorre também a criação de pequenos animais como a galinha caipira, principalmente em épocas que a disponibilidade de peixes diminui e de gado bubalino (permitida no plano de manejo). Atualmente, as comunidades iniciaram o interesse no cultivo de Pau-Rosa (*Anibaroseadora*) devido a grande demanda pelas indústrias de cosméticos (SOUZA et al., 2020). Por este

motivo, o ICMBio realizou recentemente a contratação de uma equipe técnica para realizar treinamentos a respeito de boas práticas no cultivo do Pau-Rosa.

Em média, a equipe passava um dia em cada comunidade, onde a embarcação pernoitava e se deslocava para a próxima no dia seguinte. A energia elétrica era proveniente de geradores de energia abastecidos por diesel que eram ligados assim que o sol se punha e depois desligados entre 22:00h e 00:00h. Em algumas comunidades havia antenas parabólicas que recebiam sinal da internet, sendo algumas privadas, as quais o serviço era adquirido por um morador e revendido por tempo de acesso aos demais. O que não é produzido pelos comunitários é comprado nas cidades próximas como Maués e Nova Olinda do Norte, e é necessário se deslocar com frequência para acessar outros serviços, como consultas médicas e agências bancárias.

Vivenciar a realidade e costumes dos povos tradicionais da Amazônia é sempre uma experiência ímpar por possibilitar a visão holística da realidade local. É inegável a íntima relação entre os comunitários e o meio ambiente, as quais coexistem de forma harmônica, tornando os recursos naturais essenciais para as suas necessidades básicas, pois é de onde retiram água para beber, cozinhar, higiene básica, pesca e lazer (Figura 3). Da mesma forma os solos, pois é onde cultivam e colhem os alimentos básicos de sua alimentação. Analisando esse contexto, é inegável que a qualidade ambiental dos recursos precisa de atenção e conservação.

Figura 3: Momentos da excursão na Flona de Pau-Rosa: (A) comunitários descascando mandioca para produção de farinha e tucupi; (B) a analista do ICMBIO Jaqueline Gomes (à esquerda), um dos líderes comunitários mais antigo, Sr. Valtinho (no centro) e a autora (à direita) na comunidade Santa Maria do Caiuê e; (D) crianças da comunidade de Guadalupe tendo um momento de lazer às margens do Rio Paraconi.



Fonte: Próprio autor, 2021.

De todos os três rios principais percorridos, o que mais se apresenta potencialmente degradado fisicamente é o Rio Amana. Em vários pontos foi possível observar o desmatamento da mata ciliar. Em um ponto específico, em completo abandono, foi possível verificar rastros de escavadeiras de grande porte (Figura 4).

Antes, conhecido por suas águas claras e cristalinas (relato dos comunitários da região), hoje encontra-se com as águas turvas devido à alta concentração de sedimentos em suspensão, consequência

principalmente da atividade das dragas que aspiram o solo do fundo dos rios em busca do ouro. Conforme relato dos moradores, a largura do rio também vem sendo comprometida pelo assoreamento, a qual vem se observando ao longo dos últimos anos a formação de inúmeras “praias” na extensão no rio, tanto às margens como em regiões centrais, registradas durante a visita técnica (Figura 5). É bem provável que em pouco tempo, embarcações medianas de transporte de carga e passageiros não consigam mais trafegar pela região.

Figura 4. Área de desmatamento em mata ciliar do Rio Amana, utilizada para atividade de garimpo.



Fonte: Próprio autor, 2020.

Durante a viagem, foi relatado pelos comunitários e depois confirmado em conversa com alguns trabalhadores do garimpo, que a visita técnica estava causando grande movimentação na Flona. Os rumores eram de que iria ser realizada uma grande operação de multa e apreensão nos garimpos envolvendo órgãos governamentais como ICMBio, Polícia Federal e IBAMA. Isso ocorreu pelo fato de que na mesma época, a Polícia Federal estava realizando operações de combate ao garimpo ilegal na região do médio Amazonas, mais especificamente no Rio

Madeira. Devido a isso, durante a pernoite da embarcação na comunidade de Santa Clara, noite anterior à ida ao Salto do Amana, foi possível observar a saída de aproximadamente cinco dragas do Rio Amana. No dia seguinte, ao chegar no salto do Amana, em um ponto de apoio dos trabalhadores do garimpo, a analista do ICMBio, Jacqueline Gomes, informou que a missão principal da viagem era a entrega das cestas básicas, porém foi orientado firmemente sobre a ilegalidade da atividade de garimpo na região pertencente ao estado do Amazonas e que, a qualquer momento, eles poderiam ser alvo de autuação.

Figura 5. Registros durante o percurso pela extensão do Rio Amana, Flona do Pau-Rosa: (A) presença de elevada turbidez das águas devido à alta concentração de sedimentos em suspensão; (B) e (C) dragas encontradas no Rio Amana, e; (D), (E) e (F), “praias” formadas às margens e no meio do Rio Amana ocasionadas pelo funcionamento das dragas.



Fonte: Próprio autor, 2021.

E foi durante essa roda de conversa que ocorreu uma troca interessante de pontos de vista. Se por um lado existe toda uma problemática ambiental sobre uso sustentável dos recursos naturais; por outro, os trabalhadores do garimpo afirmam que são como quaisquer outros trabalhadores comuns, que entendem que pode haver diversos impactos ambientais. No entanto, eles visam buscar o sustento de suas famílias. Isso pelo fato de que as pessoas que mais lucram são os donos propriamente ditos. Concluiu-se do diálogo que realmente é uma questão complexa de ser resolvida, por inúmeros aspectos inclusive a necessidade de políticas públicas que ofereçam alternativas de renda para que esses trabalhadores possam abandonar essas atividades ilegais.

Em relação à visão dos moradores às margens do Rio Amana, foi possível constatar que não se utilizam de nenhum tratamento para melhorar a qualidade da água do rio antes do consumo e desconhecem a gravidade da ingestão da água e alimentos contaminados com mercúrio. Na realidade, a maioria mantém uma postura cética em relação a esta contaminação. Conforme alguns relatos apresentados a seguir, de alguns moradores que não serão identificados.

“(…) não acho que tenha mercúrio no rio e no peixe, eu nunca cortei peixe e encontrei mercúrio dentro.”

“(…) usa o mercúrio só quando queima o ouro, nunca vi jogando mercúrio dentro da água.”

Na primeira fala, observa-se o desconhecimento ao potencial de contaminação do mercúrio, uma vez que

como não “se pode ver”, não existe, tornando-se um mal silencioso. Na segunda fala reflete outro ponto de vista apresentado pelos moradores, sobre o fato de o mercúrio não ser despejado diretamente nos rios e nos solos, no entanto, é comprovado cientificamente que grande parte da contaminação do mercúrio é ocasionada pela volatilização do elemento no momento da queima da liga metálica com o ouro.

Quando questionados, se fossem feitas pesquisas que comprovassem a contaminação do mercúrio na água, no solo e/ou no pescado, qual seria a reação deles, a maioria já vive há muito tempo na região e não teriam interesse e nem oportunidade para se mudarem dali.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho relatou, de forma preliminar, como a atividade de garimpo ilegal de ouro vem sendo realizada no rio Amana, Flona do Pau-Rosa e como os impactos ambientais como o assoreamento, estreitamento do leito do rio e turbidez das águas são evidentes. Sugestões de pesquisas futuras consistem na análise química da qualidade da água, do solo, dos pescados e da própria população em relação à contaminação por mercúrio.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade pelo apoio logístico, ao permitir a participação da autora na equipe da excursão e a todos os comunitários da Flona do Pau-Rosa pela troca de conhecimentos e saberes.

REFERÊNCIAS

- ARRIFANO, G. P.F.; MARTÍN-DOIMEADIOS, R.; JIMÉNEZ-MORENO, M.; RAMÍREZ-MATEOS, V.; SILVA, N. F. S.; SOUZA-MONTEIRO, J. R.; AUGUSTO-OLIVEIRA, M.; PARAENSE, R. S. O.; MACCHI, B. M.; NASCIMENTO, J. L. M.; CRESPO-LOPEZ, M. E. Large-scale projects in the amazon and human exposure to mercury: The case-study of the Tucuruí Dam. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.147, 2018, p. 299-305.
- AZEVEDO, F. A. *Toxicologia do mercúrio*. São Carlos: Rima, 2003.
- BRITO, W. J. P.; HOLANDA, B. S.; MOREIRA, F. S.A.; SILVA, J. C. C.; FERNANDES, A. R. Mercúrio no meio ambiente: uma revisão sobre seus efeitos toxicológicos e as principais fontes de emissão. *Revista DAE*, v. 69, n.230, 2021, p. 127-139.
- FLOREZ, M. C. J.; OSPINA, L. F.V.; LÓPEZ, T. M. Fitorremediación de mercúrio a partir de Elodea sp. *Ingenierías USBMed*, v. 6, n. 2, 2015, p. 42-45.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. *Plano de manejo da Floresta Nacional de Pau-rosa: volume I - diagnóstico*. Itacoatiara/AM: ICMBIO, 2018. 203p.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. *Plano de manejo da Floresta Nacional do Amaná: volume I - diagnóstico*. Curitiba/PR: ICMBIO, 2010. 140 p.
- SOUZA, A. K.R.; MORASSUTI, C. Y.; DE DEUS, W. B. Poluição do ambiente por metais pesados e utilização de vegetais como bioindicadores. *Acta Biomedica Brasiliensia*. v. 9, n. 3, 2018, p. 95-106.
- SOUZA, R. T. Y. B.; MEDEIROS, D. O.; FERRAZ, R. A.; MAGALHÃES, F. R. Uma descoberta: alunos e servidores do IFAM Campus Itacoatiara conhecem a realidade do Rio Paraconí na Floresta Nacional do Pau Rosa. *Nexus - Revista de Extensão do IFAM*, n.10, 2020, p.167 - 179.
- TINÔCO; A. M. P.; AZEVEDO, I. C. A. D.; MARQUES, E. A. G.; MOUNTEER, A. H.; MARTINS, C. P.; NASCENTES, R.; REIS, E. L.; NATALINO, R. Avaliação de contaminação por mercúrio em Descoberto, MG. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 15, 2010, p. 305-314.
- ULLAH; S. HENG; M. F. HUSSAIN MUNIS; S. FAHAD; X. Yang. Phytoremediation of heavy metals assisted by plant growth promoting bacteria: a review. *Environmental and Experimental Botany*, v. 117, 2015, p. 28-40.
- WANG, D.; SHI, X.; WEI, S. Accumulation and transformation of atmospheric mercury in soil. *The Science of the Total Environment*, v. 304, 2003, p. 209-214.