

CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DO LEITO DO RIO ACRE

Ludmilla da Silva Brandão¹
Waldemir Lima dos Santos²

INTRODUÇÃO

A região norte do Brasil abriga a maior parte da água superficial do país, mas enfrenta desafios significativos em relação à cobertura de saneamento básico, com baixos índices de coleta e tratamento de esgoto, que impactam diretamente a qualidade da água dos rios. A ocupação desordenada das margens, sem planejamento urbano e os elevados índices de desmatamento da região também contribuem como fatores de vulnerabilidade ambiental para os rios amazônicos.

A exemplo do rio Acre, objeto de estudo desta pesquisa, rio que é subafluente da margem esquerda do rio Amazonas, e principal manancial de abastecimento de água da cidade de Rio Branco – Acre, entretanto, é também destino de todo efluente gerado nesta e em mais 7 cidades acreanas contempladas pela Bacia Hidrográfica do Rio Acre.

Além do baixo índice de saneamento básico, com cerca de 53,34% do esgoto coletado na cidade de Rio Branco e apenas 1,34% deste sendo tratado (SNIS, 2022), a bacia do rio Acre é impactada também pelos altos índices de desmatamento. No Acre a taxa média anual de desmatamento foi de 680,25 km² entre os anos de 2018 e 2021, só em 2023 foram 597 km², já em Rio Branco no período de 2019 a 2023 foram desmatados 375,289 km² de área de vegetação nativa (MAPBIOMAS, 2023).

No Acre o estabelecimento de povoados e cidades esteve diretamente ligado ao traçado dos rios desde o início do processo de colonização, com a utilização destes para escoamento da produção da borracha, entre os anos de 1877 a 1910 e 1941 a 1945 (GUERRA, 1955). Com o fracasso da atividade extrativista deu-se início ao processo de urbanização dos núcleos urbanos fundados pelas famílias que se estabeleceram nas duas margens do rio Acre, locais que deram origem aos primeiros bairros de Rio Branco,

¹ Mestranda do Programa de Pós-graduação Mestrado em Geografia da Universidade Federal do Acre – UFAC, ludmilla.brandao@ufac.br;

² Doutor em Geografia pelo Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, waldemir.santos@ufac.br.

muitos destes localizados em áreas de inundação e com risco de deslizamento das margens por conta da erosão do solo, além de carentes em estruturas urbanísticas como rede de drenagem de esgoto, por exemplo (FARIAS *et al.*, 2010), padrão observado ainda hoje às margens do rio Acre na cidade de Rio Branco.

Nas áreas não urbanizadas da bacia do rio Acre a região foi e ainda é marcada pela exploração madeireira ilegal e remoção de grandes áreas de vegetação para criação de pastos. Desde a década de 70 a pecuária cresceu e é atividade econômica muito forte no estado, somente no ano de 2022 foi contabilizado um efetivo de rebanho bovino de 4.635.381 “cabeças” de gado (IBGE, 2022) no Acre, uma das principais atividades impulsionadoras do processo de desmatamento. Assim, a vulnerabilidade hídrica do rio Acre quanto à interferência antrópica em suas margens é evidenciada nas áreas urbanas e rurais. A falta de monitoramento por parte do poder público, da qualidade da água e sedimento do rio Acre e seus afluentes é um problema ambiental emergente que podem ter impactos na saúde da população.

É importante ressaltar que o consumo de peixes contaminados em ambiente amazônico vem sendo constantemente alertado por diversos estudos (BASTOS *et al.*, 2004; FIOCRUZ, 2023), principalmente quanto à exposição das comunidades tradicionais que têm no peixe a sua principal fonte de ingestão de proteína (VEIGA *et al.*, 2018). Em amostra de peixes do rio Acre foram identificados níveis de concentração de mercúrio (Hg) até 31,5 vezes maior do que a dose de referência orientada pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos - US.EPA, cuja dose aceitável para consumo é de até 0,1 $\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{dia}$ de Hg (FIOCRUZ, 2023).

Na região estudada não há monitoramento de metais pesados em água, sedimentos ou solos, e faltam registros de estudos ambientais, assim, não há valores de referência estabelecidos para a bacia do rio Acre e há carência de dados para estudos de índices de geoacumulação de metais pesados, por exemplo. A ausência de estudos aprofundados sobre sedimentos desse rio, reflete na falta de registros de processos geoquímicos da região, que podem indicar a distribuição regional das concentrações naturais ou antrópicas de certos elementos.

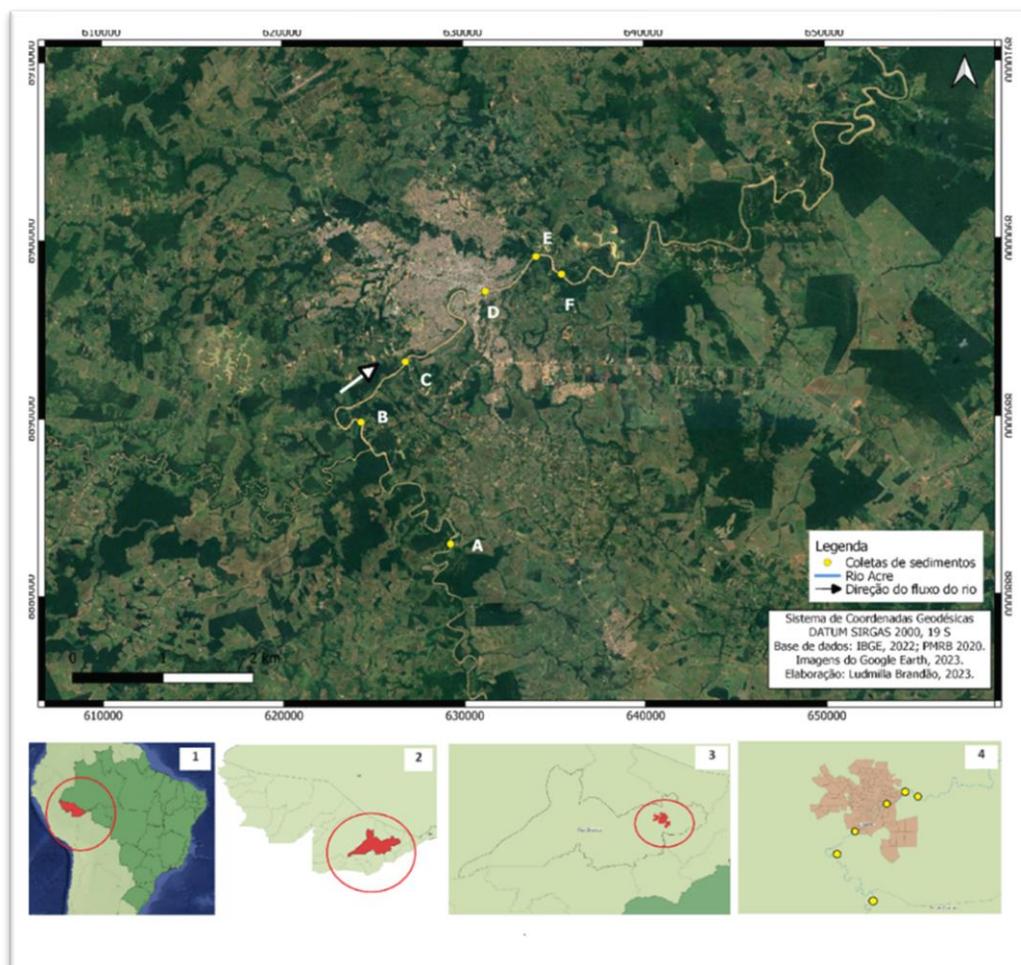
Assim, a fim de contribuir com dados inéditos para a região, este estudo avalia a presença de metais pesados (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn) no sedimento de fundo do rio Acre, caracterizando geoquimicamente o sedimento, com o objetivo de identificar se este corpo d'água apresenta vulnerabilidade quanto a contaminação por metais pesados e possíveis fontes de poluição.

A concentração dos elementos quantificados no sedimento mostrou ser necessário monitoramento e estudos aprofundados a fim de entender o comportamento geoquímico, quanto à acumulação, mobilização e disponibilização para água.

MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras foram coletadas à montante, à jusante e na área urbanizada da cidade de Rio Branco em 12 pontos de coleta distribuídos em 6 pontos de amostragem (A, B, C, D, E e F) (Figura 1) em um trecho de 25 km (Quadro 1), amostrados no mês de julho de 2022, considerando o período de descarga fluvial mínima do rio e o acesso ao leito de fundo do rio Acre no período de seca.

Figura 1: Mapa de localização dos setores de amostragem.



1) Localização do estado do Acre no Brasil; 2) localização da cidade de Rio Branco no Acre; 3) localização do perímetro urbano de Rio Branco; 4) Localização dos pontos de coleta em relação à área urbanizada de Rio Branco. Fonte: Autores (2024).

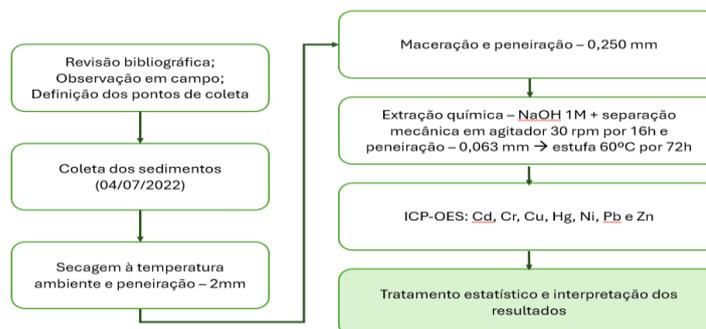
Quadro 1: Descrição dos pontos de coleta.

| Ponto de coleta | Setor | Descrição | Latitude | Longitude |
|-----------------|-------|--|---------------|---------------|
| P1 | A | Área rural | 10° 4'0.84"S | 67°51'3.19"O |
| P2 | A | Área rural | 10° 3'59.45"S | 67°51'4.47"O |
| P3 | B | Área rural/Área de dragagem | 10° 2'36.95"S | 67°52'18.17"O |
| P4 | B | Área rural/Área de dragagem | 10° 2'37.85"S | 67°52'16.66"O |
| P5 | C | Área urbana/ Captação da Estação de Tratamento de Água | 10° 0'29.45"S | 67°50'21.70"O |
| P6 | C | Área urbana/ Captação da Estação de Tratamento de Água | 10° 0'27.30"S | 67°50'21.64"O |
| P7 | D | Área urbana/Ponto de lançamento de efluente | 9° 58'31.50"S | 67°48'9.97"O |
| P8 | D | Área urbana/Ponto de lançamento de efluente | 9° 58'29.97"S | 67°48'11.03"O |
| P9 | E | Área rural/foz do Igarapé São Francisco | 9° 57'26.64"S | 67°46'36.42"O |
| P10 | E | Área rural/foz do Igarapé São Francisco | 9° 57'25.15"S | 67°46'37.25"O |
| P11 | F | Área rural/foz do Igarapé Judia | 9° 57'55.87"S | 67°46'0.13"O |
| P12 | F | Área rural | 9° 57'53.98"S | 67°45'59.48"O |

Fonte: Autores (2024)

Na ausência de coletores de aço inoxidável, foi utilizado artefato de PVC manufaturado em laboratório baseado na metodologia orientada pela Embrapa (2017), previamente submetido à limpeza com solução de ácido nítrico. A coleta da amostra de sedimento, foi feita a uma distância de ± 50 cm da margem do rio, transferindo a amostra coletada para saco plástico, as amostras foram transportadas sob refrigeração até o laboratório para dar seguimento aos procedimentos metodológicos (Figura 2).

Figura 2: Fluxograma dos procedimentos analíticos



Fonte: Autores (2024)

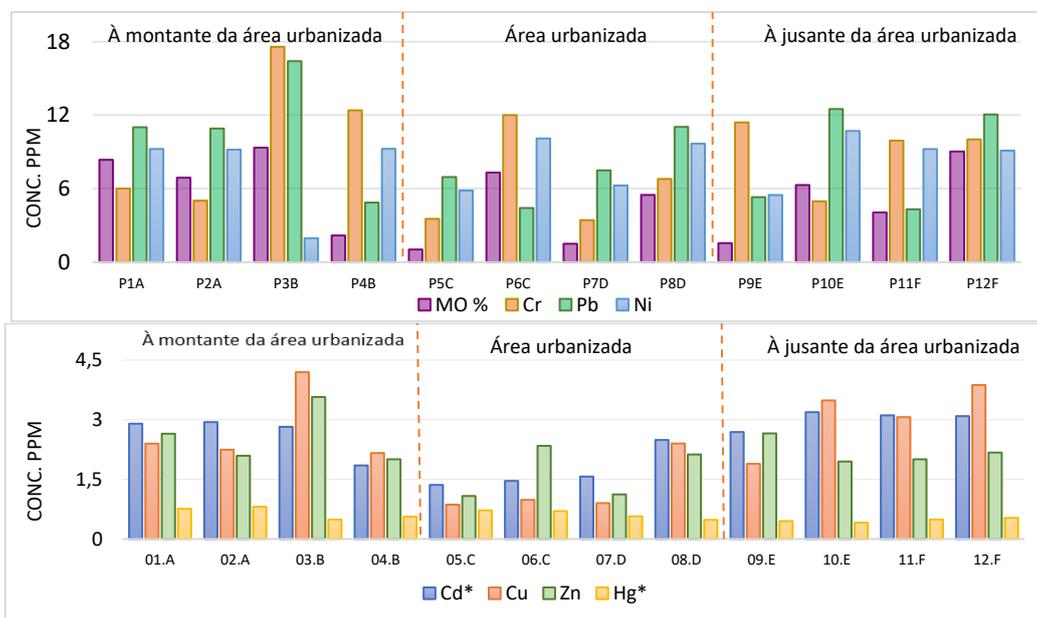
Todos os recipientes utilizados para armazenamento e transporte foram previamente limpos com solução de HNO₃ 10%, após separação granulométrica as amostras foram congeladas até o envio para o laboratório. As análises foram realizadas através de Espectrometria de Absorção Atômica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-AES) de acordo com os métodos EPA 3050 e EPA 7471 (USEPA, 1996; 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição das concentrações da matéria orgânica e dos metais analisados no sedimento do Rio Acre está representada no gráfico de distribuição (Figura 3). O ponto

de amostragem que apresentou maior concentração de Cd (0,319 mg/kg) foi a foz do Igarapé São Francisco e a menor concentração (0,136) o ponto de captação de água da Estação de Tratamento (E.T.A.) (Figura 4). Há maior concentração de Cd na área rural, do que na área urbana. A inserção do metal pode ocorrer pelo uso de fertilizantes e desmatamento destas áreas, que disponibiliza o metal do solo para água. A alta solubilidade do Cd pode explicar a mobilidade do metal do sedimento/solo para a água na área urbanizada (pontos C e D) havendo poucas espécies adsorvidas ao sedimento nestas áreas.

Figura 3: Distribuição de conc. metais (mg/kg) e matéria orgânica (%) no rio Acre.



Fonte: Autores (2024).(conc. de Cd e Hg x 10).

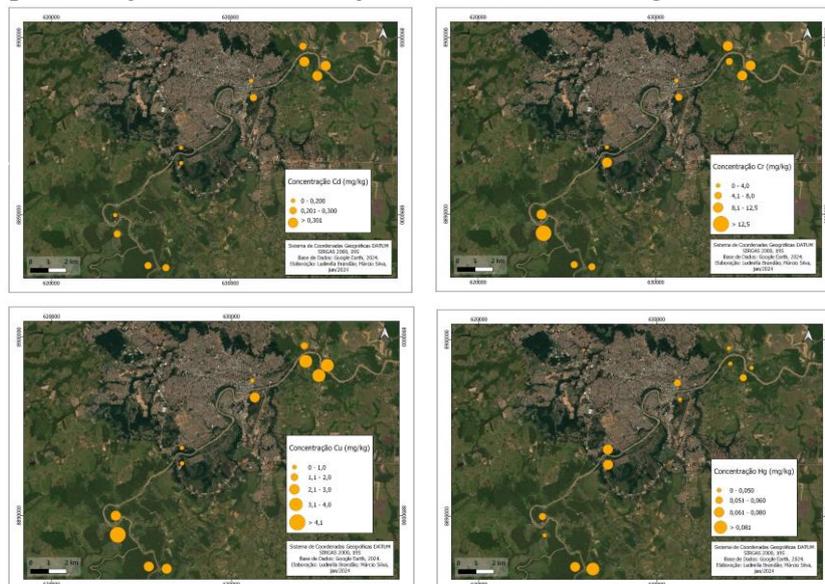
Para o Cr o mínimo encontrado foi 3,44 mg/kg, no ponto P7D e o máximo (17,6) no setor de coleta B, onde há intensa atividade de dragagem no leito do rio. Em comparação com o estudo de Viana (2005) em sedimentos da margens do rio Acre, a média desta pesquisa ($8,6 \pm 3,6$), é 9 vezes menor do que os reportados pela autora (33,09). Benchimol e Kronberg (1992) encontraram concentração de Cr nas margens do rio Acre variando entre 35 à 77 mg/kg, já no sedimento do rio Purus encontraram concentração de 270 mg/kg, 30 vezes maior que desta pesquisa. No Lago do Amapá (formado a partir de um meandro do rio Acre) Carvalho (2006) encontrou média de 76 mg/kg. Mostrando elevadas concentrações de Cr em toda a bacia do rio Acre.

O mínimo de cobre encontrado foi 0,86 mg/kg, no ponto P5C (captação ETA – área urbanizada) e máximo 4,20 mg/kg no ponto P3B (área de dragagem). Concentração

menor do que a encontrada nas margens do rio Acre por Benchimol e Kronberg (1992) (15 à 72 mg/kg) e Viana (2005) (62,79 mg/kg). Em amostras de sólidos sedimentáveis decantados de amostras de água do rio Acre e lago do Amapá, Carvalho (2006) encontrou médias de 0,064 e 0,026 mg/kg respectivamente, até 160 vezes menor do que os desta pesquisa. Os resultados mostram haver elevadas concentrações de Cu nas margens e pouca disponibilização do metal para a coluna d'água.

O mínimo encontrado de Hg (0,04 mg/kg), no ponto P10E (foz do igarapé São Francisco), é superior ao mínimo reportado por Mascarenhas *et al.* (2004) no sedimento de fundo dos afluentes do rio Acre (igarapés Quixadá, Santa Cruz, Queimada, Preto e Nazaré) com variação de 0,027 a 0,078 mg/kg e do rio Acre nas cidades de Assis Brasil e Brasiléia, com variação de 0,018 a 0,184 mg/kg, coletados em 1998. Com relação as médias encontradas nesta pesquisa houve aumento de 100% no teor mínimo de Hg quantificado no sedimento do rio Acre de 1998 à 2022. A quantidade mínima de Hg também foi superior as reportadas por outras literaturas na bacia do rio Madeira em Rondônia nas campanhas de 2002 (0,0096 mg/kg) (AYRES, 2007), 2009 (0,033 mg/kg) (VERGOTTI *et al.*, 2009) e 2013 (0,037 e 0,040 mg/kg) (BELEM, 2013; SIQUEIRA, 2013), é importante ressaltar que esses são corpos d'água impactados diretamente pela mineração, inclusive pelo garimpo ilegal de ouro (TORREZANI *et al.*, 2016; VERGOTTI *et al.*, 2009).

Figura 4: Espacialização das concentrações de Cd, Cr, Cu e Hg no rio Acre.

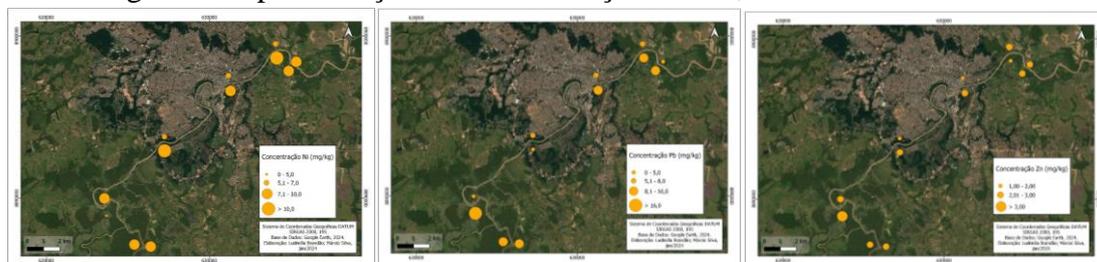


Fonte: Autores (2024)

A concentração máxima de Hg (0,08 mg/kg) foi registrada no ponto P2A (área de dragagem), superior às concentrações máximas analisadas em afluentes do Rio Acre (0,078 mg/kg) em 1998 por Mascarenhas *et al.* (2004), e sedimentos suspensos no lago do Amapá (0,072 mg/kg) (CARVALHO, 2006). Quanto ao níquel o menor valor foi de 1,96 mg/kg no ponto P3B (Figura 5), diferente das demais espécies químicas analisadas até aqui, e o valor máximo (10,72) na foz do igarapé São Francisco (P10E). Na região o único registro encontrado foi do lago do Amapá quantificado por Carvalho (2006), 37 mg/kg, média 400% maior do que a do presente estudo. Ni encontra-se associado à depósitos de Cu e elevadas concentrações de Cu nas margens do rio Acre foram relatadas por estudos anteriores, como já citado. Quanto à inserção antrópica a principal fonte são os efluentes industriais, assim, o rio Acre ainda encontra algum estado de preservação em relação à contaminação por Ni por haver baixa atividade industrial na bacia.

A concentração mínima de Pb encontrada foi 4,31 mg/kg na foz do Igarapé São Francisco. A concentração máxima de 16,41 no ponto P3B (Figura 5), é 150% maior que as médias de Viana (2005) 14,5 mg/kg, porém é menor que a variação encontrada por Benchimol e Kronberg (1992) de 30-65 mg/kg, ambos nas margens do rio Acre. Há elevadas concentrações de Pb em toda a bacia, possivelmente originadas do próprio solo.

Figura 5: Espacialização das concentrações de Ni, Pb e Zn no rio Acre.



Fonte: Autores (2024)

Para o zinco a quantidade mínima foi 1,08 mg/kg no ponto P5C (captação da ETA) e o máximo 3,57 mg/kg no ponto P3B (Figura 5). Viana (2005) associou a quantidade de Zn encontrada nos barrancos do rio Acre (70,87 mg/kg) com os argilominerais do solo acreano, mostrando haver forte correlação entre Zn-Fe₂O₃ e Zn-MgO. Para alguns metais como Cr, Pb, Cu, Ni e Zn são encontradas elevadas concentrações também nas margens do rio Acre o que sugerem a presença destes no solo da região.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não foram encontradas evidências de enriquecimento de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn ao longo desses anos nos sedimentos e margens do rio Acre, diferente do Hg que teve concentrações maiores que o de estudos anteriores nesta bacia e na bacia do rio Madeira, o que causa preocupação. A maior concentração na área onde há intensa atividade de dragagem e diminuição da concentração ao longo do rio expõe um problema emergente, essas camadas de sedimento mais antigas podem estar disponibilizando essas espécies químicas para a coluna d'água. As condições oxidativas da água podem não favorecer a fixação desses metais ao sedimento, o que causa preocupação pois as dragas encontram-se à monte das bombas de captação da estação de tratamento de água do município.

Palavras-chave: Caracterização geoquímica; Sedimentos; Metais pesados.

REFERÊNCIAS

AYRES, G. A. **Distribuição do mercúrio nas águas superficiais do Rio Madeira.** Dissertação (mestrado em Geociências). UFF. Niterói, 2004. F.69.

BÉLEM, F. L. **Estudo da distribuição de mercúrio em sedimentos no período da cheia do Rio Mutum-Paraná, Rondônia.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente). UNIR. Porto Velho, Rondônia, 2013. F. 98.

BENCHIMOL, R. E.; KRONBERG, B. I. Geochemistry and geochronology of surficial Acre basin sediments (western amazonia): key information for climate reconstruction. *Acta Amazonia*, V. 22, P. 51-69, 1992.

CARVALHO, L. C. F. de. **Caracterização físico-química da água e mineralógica e química do material em suspensão e de sedimento de fundo do lago Amapá (Acre).** Dissertação (Mestrado). UFPA. Belém, 2006.

FIOCRUZ. Nota Técnica: maio 2023 - **Análise regional dos níveis de mercúrio em peixes consumidos pela população da Amazônia brasileira: um alerta em saúde pública e uma ameaça à segurança alimentar.** Rio de Janeiro, p.1-10, 2023.

GUERRA, A. T. **Estudo Geográfico do Território do Acre.** Rio de Janeiro: Serviço Gráfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1955.

MASCARENHAS, A. F. S. et al. Avaliação da concentração de mercúrio em sedimentos e material particulado no rio Acre, estado do Acre, Brasil. *Acta Amazonica*, V. 34, P. 61-68, 2004.

SIQUEIRA, A. G. **Características e avaliação dos níveis basais de mercúrio do sedimento na área de influência do aproveitamento hidrelétrico Jirau – Rio Madeira – Rondônia - Brasil.** Dissertação (Mestrado em Ciência de Materiais). 80 F. UNB, 2013.

TORREZANI, L. et al. Índice de Geoacumulação de mercúrio na Bacia do Igarapé do Educandos (Manaus/Amazonas). **Journal of Chemical Engineering and Chemistry**, V. 2, P. 161-170, 2016.

VEIGA, C. et al. Human Mercury Exposure in Yanomami Indigenous Villages from the Brazilian Amazon. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, V. 15, P. 10-51, 2018.

VERGOTTI, M. et al. Influência da matéria orgânica na adsorção de Hg e outros elementos em sedimentos de lagos da bacia do rio Madeira (RO). *Geoquímica Ambiental da Bacia do Rio Madeira, RO. Geochimica Brasiliensis*, V. 23, P. 100-158, 2009.

VIANA, E. C. A. **Aspectos granulométricos, mineralógicos e químicos de sedimentos de praias (barras em pontal) do rio Acre e sua relação com a fertilidade.** Dissertação (Mestrado em Ciências) – UFPA, Belém. 2005.