



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MJSP - POLÍCIA FEDERAL
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL NO AMAZONAS
SETOR TÉCNICO-CIENTÍFICO**

LAUDO Nº 1357/2021 – SETEC/SR/PF/AM

**LAUDO DE PERÍCIA CRIMINAL FEDERAL
(MEIO AMBIENTE)**

Em 14 de dezembro de 2021, no SETOR TÉCNICO-CIENTÍFICO da Superintendência Regional de Polícia Federal no Estado do Amazonas, designado pelo Chefe Substituto do Setor, Perito Criminal Federal MARLON ANSELMO DUARTE DA COSTA, o Perito Criminal Federal RICARDO LÍVIO SANTOS MARQUES elaborou o presente Laudo de Perícia Criminal Federal no interesse do Procedimento 2021.0090248 – SR/PF/AM, a fim de atender à solicitação do Delegado de Polícia Federal ARTUR DE BRITO LEMOS, contida no Ofício nº 5555666/2021 – DELEMAPH/DRCOR/SR/PF/AM de 14/12/2021, recebido no SETEC/AM em 14/12/2021 e registrado no Sistema de Criminalística sob o nº 1791/2021 - SETEC/SR/PF/AM. Descrevendo com verdade e com todas as circunstâncias tudo quanto possa interessar à Justiça e respondendo a solicitação abaixo transcrita:

- a) É possível aferir das amostras se há vestígios ou evidências de contaminação ambiental? Em caso positivo, por quais substâncias?
- b) Qual o potencial de contaminação identificado?
- c) Outros dados julgados úteis.

I – HISTÓRICO

Os materiais analisados no interesse deste Documento Técnico-Científico, foram coletados durante as atividades da Operação Uiara. A operação policial em questão foi uma resposta ostensiva e célere da Superintendência de Polícia Federal do Amazonas SR/PF/AM, com apoio do Comando de Operações Táticas COT/PF e da Marinha do Brasil para combater ocupação do Rio Madeira conduzida por grupos organizados em torno de atividades ilegais. O foco das atividades ostensivas foi a desarticulação da ocupação, repressão a crimes e a inutilização de materiais utilizados para a perpetração da atividade criminosa. A



A forma eletrônica deste documento contém assinatura digital que garante sua autenticidade, integridade e validade jurídica, nos termos da Medida Provisória nº 2.200-2, de 24 de agosto de 2001.



0056180478
Laudo 1357/21-SETEC/AM

identificação e coleta de vestígios ocorreram no intercurso da operação, meandrando as ações ostensivas, estas focadas em cessar os atos criminosos. Os desafios de logística, inerentes ao ambiente amazônico, são condicionantes que caracterizam a operação.

II – MATERIAIS

As análises químicas foram realizadas sobre amostras (vestígios) coletadas durante a operação conforme a Tabela 01 e Figuras 01, 02 e 03 abaixo. Foram obtidas em locais com indícios de crimes ambientais e coletadas com o objetivo de verificar a materialidade desses. Consistem em 5 amostras de sedimentos, 5 de água, 5 de material vegetal e 8 de material biológico – cabelo.

AMOSTRA	DESCRIÇÃO	COORDENADAS
S1	Sedimentos coletados na esteira da Balsa 2	3°52'57,40"S 59°05'59,15"W
S2	Sedimentos coletados na esteira da Balsa 1	3°52'57,40"S 59°05'59,15"W
S3	Sedimentos coletados na esteira da Balsa 1	3°52'57,40"S 59°05'59,15"W
S4	Sedimentos coletados no fundo de tambor da Balsa 2	3°52'57,40"S 59°05'59,15"W
S5	Sedimentos coletados em fragmento de carpete na esteira da Balsa 1	3°52'57,40"S 59°05'59,15"W
M1	Amostra de água do Rio Madeira coletada nas imediações das balsas periciadas	3°52'57,40"S 59°05'59,15"W
M2	Amostra de água contida no interior de tambor da Balsa 2	3°52'57,40"S 59°05'59,15"W
M3	Amostra de água coletada no leito do Rio Madeira nas imediações da Comunidade Remanso	3°41'12,80"S 59°05'51,40"W
M4	Amostra de água do Rio Madeira coletada às margens da Comunidade Remanso	3°41'14,21"S 59°06'01,53"W
M5	Amostra de água do Rio Madeira coletada nas imediações do porto da comunidade Rosarinho	3°40'39,52"S 59°05'34,53"W



A forma eletrônica deste documento contém assinatura digital que garante sua autenticidade, integridade e validade jurídica, nos termos da Medida Provisória nº 2.200-2, de 24 de agosto de 2001.

F1	Amostra de folhas coletadas às margens do Rio Madeira na comunidade Remanso	3°41'16,27"S 59°06'02,54"W
F2	Amostra de folhas coletadas às margens do Rio Madeira na Comunidade Rosarinho	3°40'38,09"S 59°05'31,93"W
F3	Amostra de folhas coletadas nas imediações das balsas periciadas	3°52'57,40"S 59°05'59,15"W
F4	Amostra de folhas coletadas às margens do Rio Madeira na comunidade Remanso	3°41'16,27"S 59°06'02,54"W
AMOSTRA	LOCAL	
C1	Comunidade Rosarinho	
C2	Comunidade Rosarinho	
C3	Comunidade Remanso	
C4	Comunidade Remanso	
C5	Comunidade Rosarinho	
C6	Comunidade Rosarinho	
C7	Comunidade Rosarinho	
C8	Comunidade Rosarinho	

III – OBJETIVO

A coleta de vestígios e as análises químicas objetivam verificar indícios de crimes ambientais relacionados ao lançamento de contaminantes no meio ambiente. A intenção primeira deste Documento é a de buscar conhecer, de forma célere e inicial, se a atividade de garimpo por balsas, exercida sem a anuência da Agência Nacional de Mineração, produz danos adicionais ao bem público. A coleta inicial e não sistemática de amostras explora as possibilidades de constatar contaminantes em diferentes ambientes e apontam indícios a serem verificados em trabalhos complementares com recursos financeiros e humanos, tempo e finalidades específicas.



A forma eletrônica deste documento contém assinatura digital que garante sua autenticidade, integridade e validade jurídica, nos termos da Medida Provisória n° 2.200-2, de 24 de agosto de 2001.

IV – EXAME

III.1 – Coleta de amostras

As amostras coletadas durante a Operação Uiara são de natureza prospectiva. Possuem a intenção de, pontualmente, verificar indícios de contaminação por metais pesados, especificamente o elemento mercúrio. Há um total de 7 amostras coletadas diretamente a partir das balsas de garimpo ou em seu contexto imediato e 16 de amostras ambientais. A Tabela 01 especifica as amostras por tipo e contexto.

As amostras diretamente relacionadas as balsas são de água e sedimento. Estas buscam vestígios de como o mercúrio está presente na atividade e como pode ser lançado no meio. As ambientais são amostras de água, cabelo e folha e buscam identificar a presença de mercúrio no meio ambiente próximo das atividades, com fácil acesso para as populações ribeirinhas.

As amostras de cabelo foram coletadas nas comunidades ribeirinhas de Remanso e Rosarinho (Figura 01). Associadas à comunidade de Remanso foram obtidas duas amostras de água, estas diretamente disponíveis no ambiente sem relação direta com o garimpo, e 2 amostras de folhas. À comunidade do Rosarinho foram coletadas uma amostra de água, também sem relação com o garimpo e disponível para o uso da comunidade, e duas amostras de folhas (Figura 01). Todas as amostras relacionadas diretamente ao garimpo foram coletadas em balsas que operavam próximas a Nova Olinda do Norte (Figura 02).

O adensamento da amostragem possibilitará diagnósticos, análises estatísticas, modelamento numérico, dentre outros estudos.



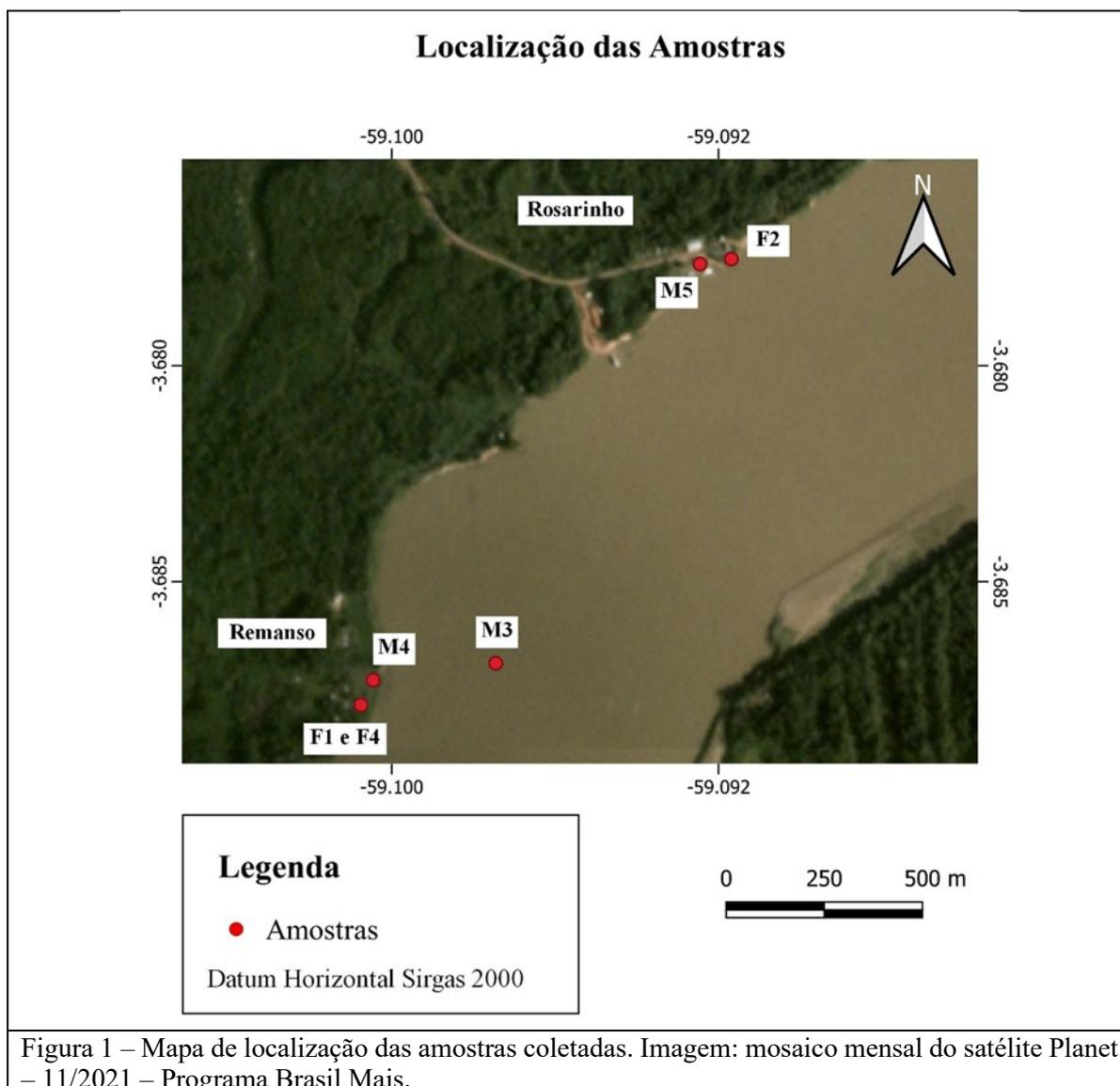


Figura 1 – Mapa de localização das amostras coletadas. Imagem: mosaico mensal do satélite Planet – 11/2021 – Programa Brasil Mais.



A forma eletrônica deste documento contém assinatura digital que garante sua autenticidade, integridade e validade jurídica, nos termos da Medida Provisória nº 2.200-2, de 24 de agosto de 2001.

III.2 – Análises e preparação de amostras

Os materiais foram analisados no equipamento BRUKER S4 T-Star no laboratório analítico do Setor Técnico-Científico da Superintendência de Polícia Federal do Amazonas – SETEC/SR/PF/AM. O S4 T-Star é um espectrômetro de bancada para análises multielementares, produz resultados na faixa de sub-ppb¹ a 100% para amostras líquidas, sólidos em suspensão, partículas, filmes, dentre outras (BRUKER, 2017). Utiliza o princípio físico da Espectroscopia de Fluorescência de Raios-X por Reflexão Total – TXRF (*Total Reflection X Ray Fluorescence Spectroscopy*).

Análises por Fluorescência de Raios-X fundamentam-se nos princípios físicos que envolvem a irradiação da amostra com um feixe de energia no comprimento de ondas de Raios-X, os átomos constituintes desta, ao receber a energia, perdem elétrons dos orbitais internos e entram em estado excitado de energia; ao voltar para a neutralidade o elétron perdido é repostado em um processo que emite fótons de energia no comprimento de ondas do Raios-X; esses fótons são captados e registrado pelo equipamento analisador; cada elemento químico emite fótons de energia característicos, com níveis de energia típicos, possibilitando a identificação, a quantidade de energia (de fótons de energia) para cada ponto do espectro é proporcional a quantidade do elemento na amostra (GOMES, 1984; FERNÁNDEZ et al., 2017; MALTSEV et al., 2021).

As amostras foram analisadas integralmente, sem segmentação de fases ou fração granulométrica, objetivam avaliar a ocorrência dos elementos como disponíveis no ambiente de coleta. Foram preparadas seguindo os protocolos encontrados em CALLE et al, 2013 e BRUKER, 2017. As amostras foram homogeneizadas e quarteadas, em seguida separada uma alíquota para preparação. As amostras de sedimento, cabelo e folha foram preparadas pelo método de suspensão (CALLE et al, 2013 e BRUKER, 2017) incluindo pulverização, adição do agente de suspensão e do padrão interno; as amostras líquidas foram preparadas com a adição do padrão interno na alíquota.

¹ Ppb – Partes por bilhão = ug/kg



III.3 – Resultados

A tabela 02 apresenta os resultados obtidos para as amostras líquidas – água.

Tabela 02 – Resultados analíticos por TXRF para as amostras de água.		
Amostra	Elementos	
	Pb($\mu\text{g kg}^{-1}$)	Hg($\mu\text{g kg}^{-1}$)
M1	15.44	15.93
M2	67.24	95.40
M3	14.09	14.94
M4	14.34	18.06
M5	13.70	16.23

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA, nº 396, de 3 de abril de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências, apresenta no Anexo 1, os valores máximos de concentração permitidos para os numerosos elementos e para diversas finalidades de uso d'água. O Anexo estabelece que: quando o “uso preponderante da água for o consumo humano ou a recreação, a concentração máxima de mercúrio no corpo d'água deve ser de $1\mu\text{g.L}^{-1}$; e o VMP para irrigação é de $2\mu\text{g.L}^{-1}$.

Os resultados evidenciam que as 5 amostras apresentadas para exames retornaram valores de mercúrio superiores aos estabelecidos pela Resolução nº 396. O excesso é de 15 a 95 vezes superiores aos preconizados como máximos para consumo e uso recreativo. A amostra M2 foi coletada diretamente de um tambor utilizado para concentração do minério e amalgamação dos mesmos (Figura 03).



Figura 03 – Local de coleta das amostras M2 e S4.



A forma eletrônica deste documento contém assinatura digital que garante sua autenticidade, integridade e validade jurídica, nos termos da Medida Provisória nº 2.200-2, de 24 de agosto de 2001.

Estes tambores são utilizados para amalgamação do ouro, retirando o metal dos sedimentos mediante o uso de mercúrio. A água excedente no tambor e o sedimento já processado são devolvidos para o meio ambiente sem qualquer tratamento e levam consigo o mercúrio.

A tabela 03 mostra os resultados para os sedimentos.

Tabela 03 – Resultados analíticos por TXRF para as amostras de sedimentos.

Amostras	Elementos			
	As(mg kg-1)	Au(mg kg-1)	Pb(mg kg-1)	Hg(mg kg-1)
S1	0.00	0.67	2.25	0.36
S2	3.89	0.00	18.61	0.00
S3	5.53	0.00	27.89	0.00
S4	3.25	0.00	13.63	57.21
S5	0.00	2.69	34.75	22.88

A Resolução CONAMA n° 344 de 25 de março de 2004, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências, assim dispõe em seu art 1°: “as diretrizes gerais e procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado visando ao gerenciamento de sua disposição em águas jurisdicionais brasileiras”. Assim sendo, define o valor máximo aceitável de mercúrio nos sedimentos de fundo de rio, em locais a serem utilizados para dragagem, preconizando os limites em mg Hg/kg (miligramas de mercúrio por quilograma de sedimentos) Nível 1 – com menor probabilidade de efeitos adversos à biota – é de 0,170 mg Hg/kg e para Nível 2 – acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota – é de 0,486 mg/kg.

Observa-se que as amostras S2 e S3 não retornaram valores de mercúrio. A amostra S1 retornou valor superior ao Nível 1 e inferior ao Nível 2, situando essa amostra no limiar de maior probabilidade de causar danos à biota. As amostras S4 e S5 apresentaram teores muito superiores ao Nível 2 da Resolução; com valores excedendo o limiar em até 120 vezes. Estas amostras (S4 e S5) foram coletadas diretamente das balsas, são sedimentos



A forma eletrônica deste documento contém assinatura digital que garante sua autenticidade, integridade e validade jurídica, nos termos da Medida Provisória n° 2.200-2, de 24 de agosto de 2001.

utilizados no processo de extração de ouro e que seriam retornados ao rio Madeira na forma de rejeito².

A tabela 04 apresentam os resultados para amostras de folhas.

Tabela 04 – Resultados analíticos por TXRF para as amostras de folhas.			
Amostras	Elementos		
	As(mg kg-1)	Pb(mg kg-1)	Hg(mg kg-1)
F1	0.00	0.75	0.00
F2	3.47	0.39	71.85
F3	0.00	0.06	0.21

As amostras F4 e F5 não foram processadas – apresentaram mofo durante o transporte. Não foi identificada contaminação para a amostra F1. A amostra F2 apresenta valores altos de mercúrio e a amostra F3 valores mais baixos. Indicam que a contaminação por mercúrio pode ser encontrada nos materiais vegetais próximos as margens do rio Madeira.

A tabela 05 mostra os resultados para as amostras de cabelo

Tabela 05 – Resultados analíticos por TXRF para as amostras de cabelo.		
Amostras	Elementos	
	Pb(mg kg-1)	Hg(mg kg-1)
C1	4.46	4.91
C2	7.06	18.38
C3	24.14	18.46
C4	2.10	16.77
C5	34.42	6.95
C6	11.69	12.17
C8	7.35	14.94

As amostras de cabelo foram coletadas com autorização dos doadores. Os formulários com identificação e local de coleta encontram-se arquivados no SETEC/SR/AM.

A amostra C7 não foi processada pois não foi coletada em quantidade suficiente. A Organização Mundial da Saúde (OMS) – *World health Organization* (WHO) – considera como admissível para cabelo o limite de (6 mg Hg/kg). A amostra C1 encontra-se

² Material processado de mineração que após retirado o minério é descartado.



abaixo desse limiar, porém indica a presença do contaminante. As amostras C2, C3, C4, C5, C6 e C8 demonstram que os indivíduos possuem contaminação por mercúrio até 3 vezes superior ao limite máximo considerado como admissível pela OMS.

IV – RESPOSTAS AOS QUESITOS

- a) É possível aferir das amostras se há vestígios ou evidências de contaminação ambiental? Em caso positivo, por quais substâncias?

Sim, dos materiais analisados, 85% apresentaram indícios de contaminação pelo elemento mercúrio (Hg). As amostras de água e sedimento demonstram fortes indícios de contaminação ambiental e confirmam o lançamento dos contaminantes a partir das balsas, carregados para o meio ambiente mediante os materiais utilizados no processo de exploração do ouro e principalmente no rejeito da atividade. As amostras de folhas indicam que pode haver contaminação da vegetação às margens do rio Madeira; a presença de mercúrio nas folhas pode ser indicativa de que o metal está sendo dispersado pela atmosfera e se precipitando no entorno do rio, podendo alcançar inclusive pequenas lavouras. As amostras de cabelo advertem que as populações ribeirinhas estão consumindo água e/ou alimentos contaminados e concentrando nos seus tecidos o metal pesado.

- b) Qual o potencial de contaminação identificado?

Durante os exames e as coletas de material em campo, considerando os resultados obtidos em amostras de diferentes origens, mesmo amostras prospectivas indicam valores de mercúrio muito acima dos limites legais, a quantidade de balsas trabalhando, o tempo de exposição e demais fatores relacionados à atividade garimpeira, pode-se concluir que o potencial de contaminação da atividade é extremamente elevado.

- c) Outros dados julgados úteis.

Os Exames foram realizados sobre amostras prospectivas que indicam a contaminação ambiental. Trabalhos subsequentes poderão diagnosticar melhor a extensão dos danos.



As amostras obtidas nas balsas apresentam os maiores teores do contaminante mercúrio. Essa relação indica que a fonte poluidora primária é fortemente relacionada a atividade garimpeira. Duas razões que corroboram essa afirmação: 1) o garimpo traz para o ambiente amazônico o mercúrio extraído em países como a Espanha e o México; 2) o uso do mercúrio para a atividade de amalgamação do ouro gera rejeitos de água e sedimentos com restos desse metal que acumular-se-á no meio ao serem descartados.

Nada mais havendo a lavar, o Perito Criminal encerra o presente Laudo elaborado em doze páginas abaixo assinado.

RICARDO LÍVIO SANTOS MARQUES
PERITO CRIMINAL FEDERAL

REFERÊNCIAS

BRASIL. Resolução CONAMA Nº 344, DE 25 DE MARÇO DE 2004 Publicada no DOU nº 087, de 07/05/2004 - Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.suape.pe.gov.br/pt/publicacoes/245-resolucao/172-resolucao-n-344-de-25-de-marco-de-2004-publicada-no-dou-n-087de-07-05-2004-pags-56-57?layout=publicações> Acesso em 03 out. 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA no 396, de 3 de abril de 2008 - Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAM%0C2%BA%20396.pdf> Acesso em: 02 out. 2021.

BRUKER. Principles of TXRF. Element analysis with Total Reflection X-ray Fluorescence Spectrometry, Bruker Nano GmbH, Berlin, Germany, 2017.

GOMES, C. B. (coord.). Técnicas analíticas instrumentais aplicadas à geologia. São Paulo: Edgard Blücher, 218 p, 1984.

MALTSEV, A.S. et al. Features of sample preparation techniques in the total-reflection X-ray fluorescence analysis of tea leaves. Food Chemistry, v. 343, 2021, p. 128502.

FERNÁNDEZ, et al. EDXRF as an alternative method for multielement analysis of tropical soils and sediments. Environ Monit Assess 189: 447 DOI 10.1007/s10661-017-6162-5, 2017.



A forma eletrônica deste documento contém assinatura digital que garante sua autenticidade, integridade e validade jurídica, nos termos da Medida Provisória nº 2.200-2, de 24 de agosto de 2001.