

CARACTERIZAÇÃO DE REJEITO ALUVIONAR DE MINÉRIO DE OURO DA REGIÃO DE PEIXOTO DE AZEVEDO (MT).**NASCIMENTO, N.D.C.^{1,2}, SAMPAIO, C. H.^{2,3}, SILVA, J.G.A⁴, MEDEIROS, L.H.S^{5,6}, AMARAL, M.L.⁷, DIAS, D.S²**

¹Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalurgia e Materiais (PPG3M-UFRGS),

e-mail: newtongeologia@hotmail.com

²Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), Faculdade de Engenharia.

³Universitat Politècnica de Catalunya

⁴Programa de Pós Graduação em Engenharia de Materiais (REDEMAT) – UFOP

⁵Aurum Engenharia e Construção, Supervisão de Mina e Processamento Mineral.

⁶Buriti Gold Mineração.

⁷Cooperativa de Garimpeiros do Vale do Rio Peixoto de Azevedo (COOGAVEPE).

RESUMO

A extração de ouro nos garimpos, que na maioria das vezes é feita de forma rudimentar (apenas por gravimetria), não garante a obtenção de um bom rendimento, o que gera rejeitos (curimã) com alto teor de minério (ouro). Visando a melhoria no estado da arte do processamento de minérios aluvionares, este estudo de caso visa caracterizar o rejeito do Garimpo Jatobá no vale do rio Peixoto de Azevedo, através de ensaios de concentração gravimétrica, análises granulométrica e química. O método adotado foi a coleta do material direto no garimpo através de um trado, elaboração de curva granulométrica (método Rosin-Rammler), peneiramento, separação de amostras e a análise físico/química de onde foram obtidos os diversos teores de ouro presentes em cada amostra e plotado um quadro comparativo.

PALAVRAS-CHAVE: Caracterização mineral, Extração de ouro, Ensaio *fire assay*, Minério aluvionar, Curimã.

ABSTRACT

The extraction of gold in the mines, which is most often done in a rudimentary way (only by gravimetry), does not guarantee obtaining a good yield, which generates tailings (curimã) with a high content of ore (gold). Aiming at improving the state of the art of alluvial ores processing, this case study aims to characterize the Garimpo Jatobá tailings in the Peixoto de Azevedo river valley, through gravimetric concentration tests, granulometric and chemical analyses. The method adopted was the collection of the material directly in the mine using an auger, elaboration of a granulometric curve (Rosin-Rammler method), sieving, separation of samples and the physical/chemical analysis from which the various levels of gold present were obtained in each sample and plotted a comparative chart.

KEYWORDS: Mineral characterization, Gold extraction, Fire assay, Alluvial ore, Curimã.

1. INTRODUÇÃO

O estado de Mato Grosso encontra-se em terceiro lugar na quantidade beneficiada de ouro por concessões de lavra, sendo que a produção oriunda de permissões de lavra garimpeira chegou a 8.386 kg de ouro contido na produção bruta e 8.234 kg contido na produção beneficiada colocando estado em segundo lugar, atrás apenas do Pará, movimentando um pouco mais de 2 bilhões de reais (ANM, 2021).

Considerando a importante participação da mineração artesanal no regime de lavra garimpeira e a escassez de trabalhos em rejeitos auríferos na região, salvo Ricardo *et al.* (2021) e Gomes (2021), justifica-se a devida atenção com o proposito de contribuir com a evolução do conhecimento acerca das operações artesanais em depósitos aluvionares. As atividades de exploração, extração e beneficiamento mineral desses depósitos foram desenvolvidas de forma artesanal pelos garimpeiros, sem respaldo técnico/científico. Atualmente a mecanização inovou a atividade compondo a metodologia de lavra com desmonte mecânico/hidráulico e transporte por bomba até uma calha concentradora acarpetada, cuja finalidade é concentrar o ouro por gravimetria (Massaro & Theije, 2018; Veiga & Gunson, 2020). Dentre os principais problemas operacionais destacam-se a ausência de caracterização física e mineralógica prévia, inadequação da polpa, falta de controle de fluxo da polpa e hidrofobicidade natural do ouro (Lins & Silva, 1987).

Com o intuito de contribuir com o estado da arte do processamento de minérios aluvionares, propõem-se neste trabalho, através de análises granulométrica, química e ensaios de concentração gravimétrica caracterizar o rejeito do Garimpo Jatobá - um depósito aluvionar na margem esquerda a jusante do rio Peixoto de Azevedo, localizado em uma propriedade rural agregada a zona urbana devido o avanço da urbanização (Fig.1).

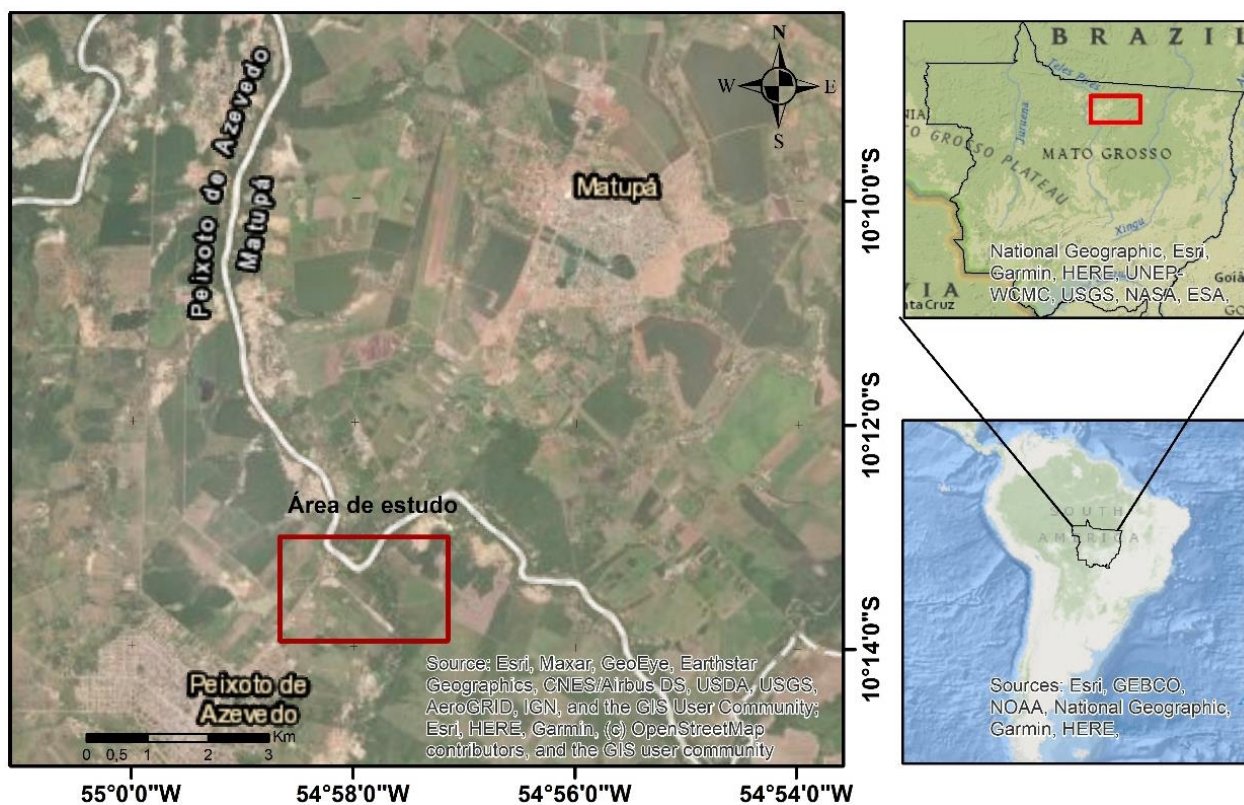


Figura 1. Mapa de localização ilustrando o estado de Mato Grosso e a área de estudo na zona urbana do município de Peixoto de Azevedo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para melhor desenvolvimento deste trabalho os procedimentos metodológicos serão apresentados em etapas.

2.1. Etapa preliminar

Nesta etapa realizou-se o reconhecimento da atividade garimpeira no Garimpo do Jatobá, bem como do sistema de processamento mineral utilizado na atividade e a seleção da bacia de rejeito alvo do estudo. Em seguida buscou-se referências bibliográficas sobre processamento de minério aluvionar e os aspectos do beneficiamento gravimétrico aplicado a este tipo de minério. Respaldados por análise de sensoriamento remoto, realizou-se o dimensionamento da bacia e locação da malha de amostragem para coleta dos incrementos, bem como captura de fotos aéreas com uso de drone. A bacia investigada é composta por uma estrutura de descarga de material granular em duas etapas, visíveis nitidamente na figura 2, onde nota-se dois patamares de descarga dos rejeitos. Possui a dimensão aproximada de 9000 m² e uma profundidade estimada de 10 m. Por fim foram coletadas 100 amostras pontuais, mas conforme mostra a figura 2, somente alguns pontos foram selecionados para realização das análises. A coleta foi realizada com trado manual de broca em espiral com diâmetro de 6 polegadas, cada ponto teve em média 79 Kg de amostras, (Fig. 3A e 3B).

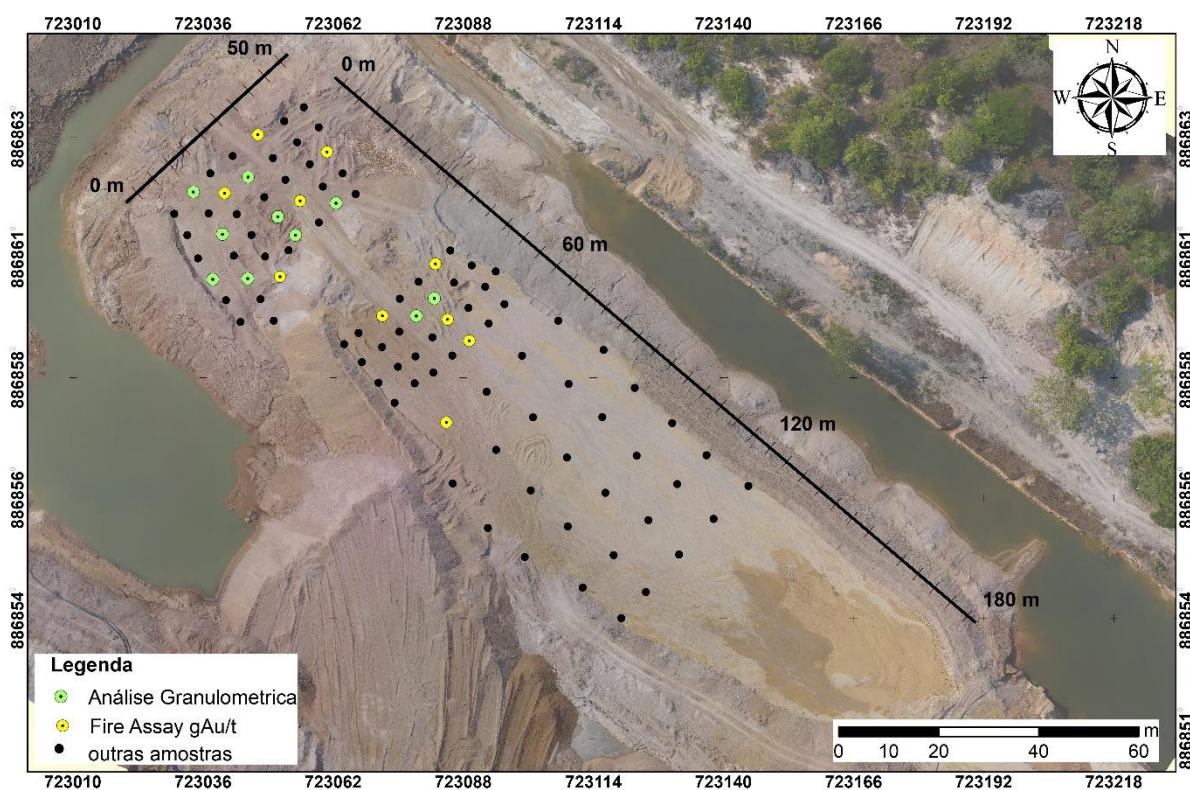


Figura 2. Mapa de pontos ilustrando a bacia de rejeito, todos os pontos de amostragem com classificação dos pontos que foram selecionados para análises. OBS: todos os pontos de *fire assay* foram enviados para análise granulométrica.

2.2. Etapa de preparação e processamento das amostras

Os incrementos amostrais foram pesados, homogeneizados e quarteados em divisor de rifles do tipo Jones com 24 rifles na Buriti Gold Mineração (Fig. 3C). Alíquotas foram selecionadas e encaminhadas para o pré-processamento das amostras, conforme os requisitos exigidos para aplicação das técnicas de análise granulométrica, obtenção de densidade, concentração gravimétrica e determinação de teores.

Para as análises granulométricas as amostras foram mantidas em estufa a 60 °C para retirada do excesso da umidade, pesadas e submetidas a um peneiramento por um período de 30 minutos utilizando um jogo de peneiras granulométricas, tipo Tyler, com as seguintes aberturas (malhas): +9,5, -9,5/+4,76 mm, +4,76/-2 mm, +2/-0,71 mm, +0,71/-0,149 mm e -0,149 mm (Fig. 3D) no Sedlab da Faculdade de Geociência na UFMT. Algumas amostras foram selecionadas para avaliação de ouro visível nos intervalos granulométricos das malhas +2/-0,71 mm, +0,71/-0,149 mm e -0,149 mm. A distribuição granulométrica foi determinada conforme proposto por Vesilind (1980) e plotada numa curva tipo Rosin-Rammler.

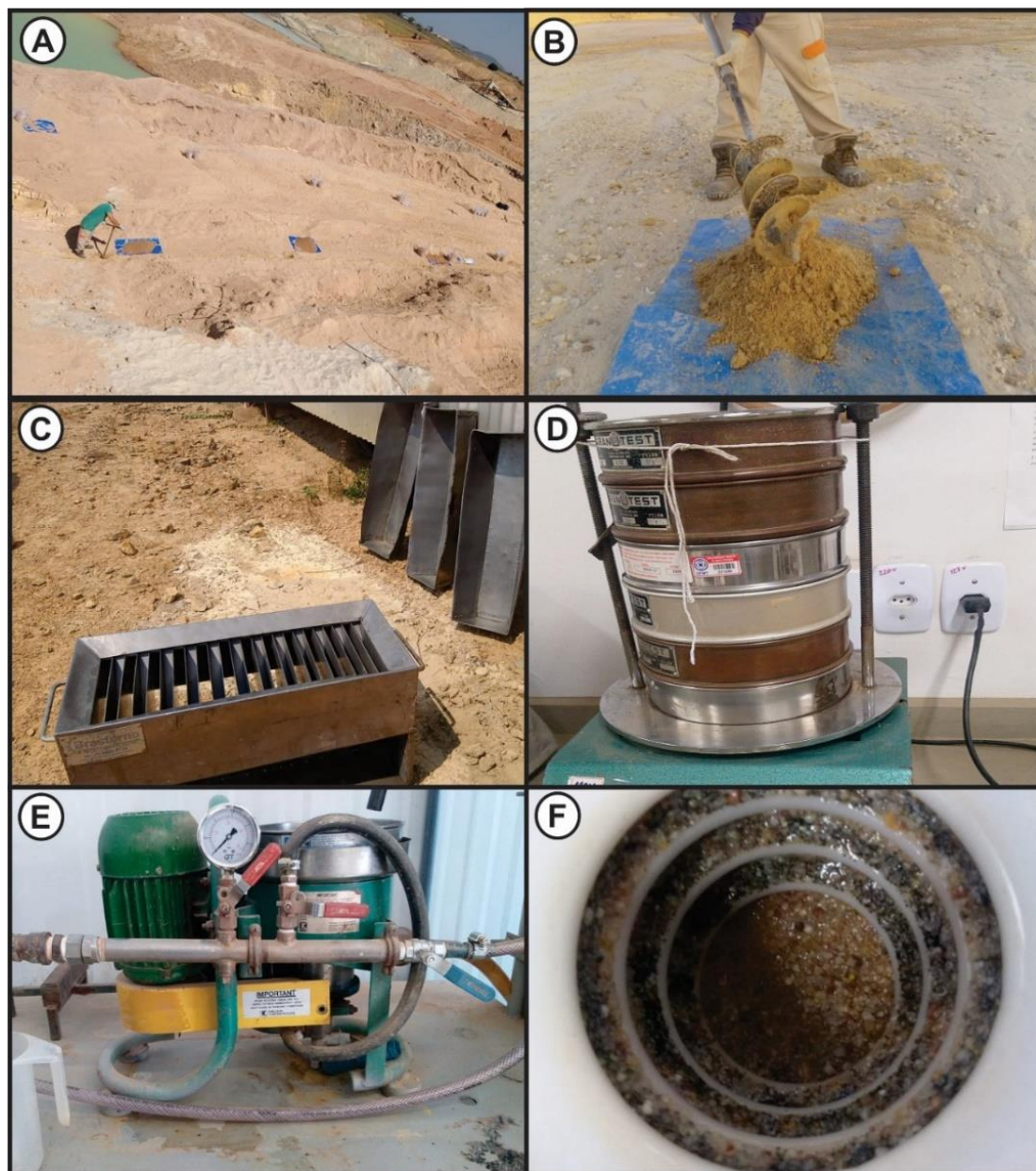


Figura 3. Fotografias das etapas de campo e processamento das amostras, ilustrando: A) desenvolvimento da malha com os furos; B) coleta das amostras com trado; C) divisor de rifles utilizado para o quarteamento; D) peneiramento em laboratório; E) concentrador centrífugo de bancada; e em F) detalhe do rotor com leitos preenchidos.

As alíquotas selecionadas para a concentração gravimétrica foram peneiradas com *top size* de 1.7 mm, por tratar-se de rejeitos considera-se que partículas maiores que 1.7 mm tenham sido recuperadas no processamento artesanal. O passante de 1.7 mm foram pesadas e submetidas à separação gravimétrica em concentrador centrífugo de bancada da Mineração Aricá (Fig. 3E e 3F), com pressão de fluidização em 5 psi (0,35 kg/cm²). Os concentrados foram secos a 105 °C, quarteados, pesados e moídos (95% do corpo abaixo de 150#), sendo que 50 g foram submetidos à determinação de ouro através do ensaio através do método *fire assay* na SGS Geosol. As densidades das amostras foram determinadas em proveta de 1000 ml.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando uma massa média inicial de 4702,9 g, obteve-se os seguintes valores para os intervalos granulométricos distribuídos na figura 4.

Bateou-se o material retido em cada peneira, separadamente, e apenas no material passante na peneira de 2 mm verificou-se a presença de ouro, com a predominância de partículas de ouro menores que 0,7 mm (Fig. 5A).

O cálculo de densidade do minério revelou densidades aparentes variando de 1,47 a 1,64 g/cm³, consideramos uma média de 1,55g/cm³.

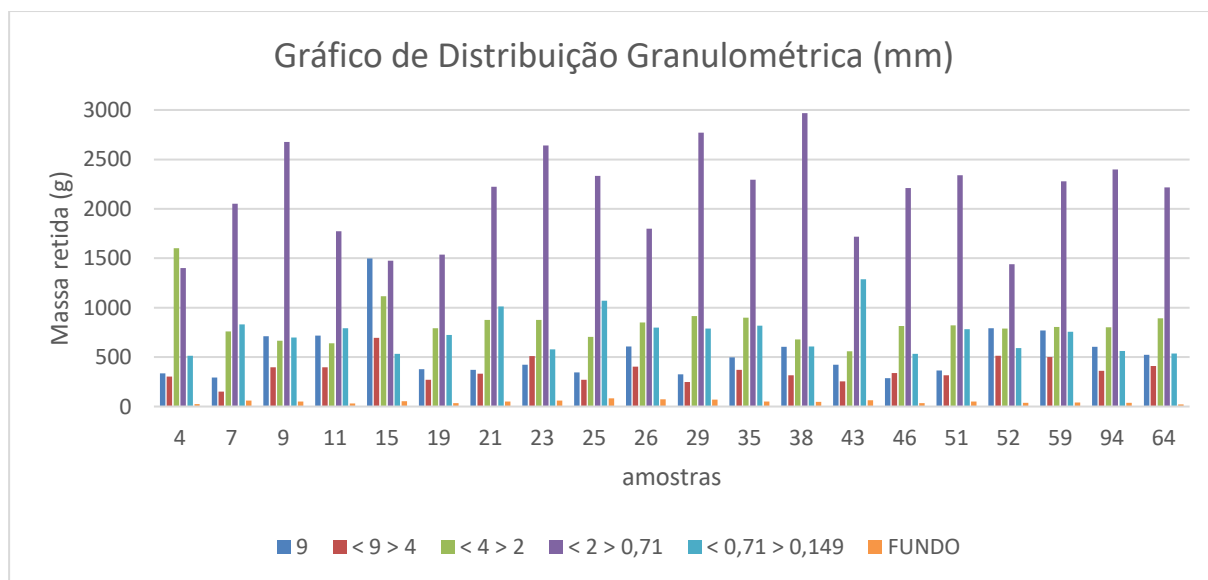


Figura 4. Gráfico de distribuição granulométrica com intervalos em mm.

Através do cálculo da função de distribuição do tamanho das partículas proposto por Vesilind (1980), obteve-se a curva de distribuição Rosin-Rammler que pode ser comparada com a curva real da média dos valores obtidos (Fig. 5B). A curva demonstra um padrão moderadamente suave, com ângulo de 45°, o que pode ser considerado como sendo um rejeito bem graduado onde o diâmetro das partículas abrange uma extensa faixa de valores.

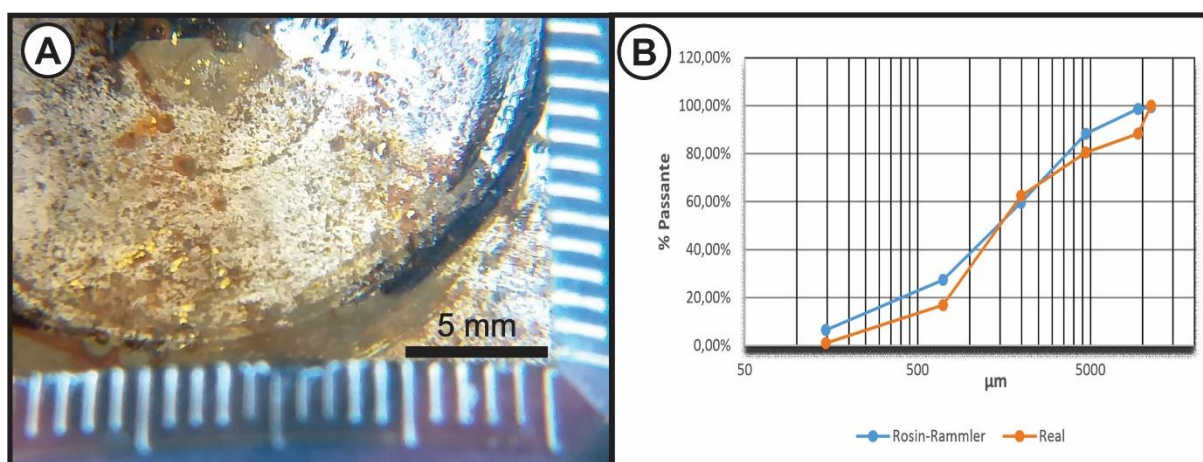


Figura 5. Fotografias dos resultados, ilustrando: em A) partícula de ouro no fundo da bateia; e em B) gráfico Rosin-Rammler.

Os teores de ouro obtidos através do ensaio *fire assay* variam de 0,01 a 0,15 g/t apresentando uma média de 0,065 g/t (Tab.1). Os valores em g/t foram obtidos através de cálculos de recomposição de massa e teor para as amostras submetidas a concentração em centrífuga de bancada, tipo Knelson. Contudo, devido ao método de análise envolver o quarteamento do concentrado e verificação de ouro em apenas 50 g de amostra o resultado está sujeito a influência do efeito pepita. Portanto, o uso desses dados para efeito de viabilidade de recuperação deve ser ponderado com cautela e novas análises mais representativas devem ser consideradas.

Tabela 1. Dados dos teores de *fire assay* obtidos e calculados

	AMOSTRA GLOBAL (g)	AMOSTRA GRAVIMETRIA (g)	CONCENTRADO CENTRIFUGA (g)	(g Au/t) Concentrado	mg Au Concentrado	TEOR g/t Au Amostra Gravimetria
15	79.000	5.408	134	1,04	138,82	0,03
19	61.500	3.762	130	1,87	242,71	0,06
26	82.600	4.620	131	5,09	667,18	0,14
29	77.000	5.223	147	0,88	129,07	0,02
38	76.300	5.233	158	1,30	205,87	0,04
43	90.900	4.310	150	4,25	637,35	0,15
46	96.300	5.222	134	2,07	277,78	0,05
59	85.500	5.187	156	3,33	519,01	0,10
94	69.000	4.772	148	1,23	182,19	0,04
64	76.400	4.672	137	0,42	56,99	0,01
MÉDIA	79.450	4.840,9	142,5	2,15	305,70	0,065

4. CONCLUSÕES

A metodologia empregada para a caracterização de rejeito aluvionar para a região de Peixoto de Azevedo, representa cerca de 80% da bacia de rejeito, devido ao acesso para coleta de amostras dessas bacias ser limitado na região de acumulação de finos e ultrafinos (melechete). Contudo, para os 80% representados a metodologia demonstrou-se eficiente na obtenção dos resultados com as técnicas convencionais de caracterização, adaptadas a partir das recomendações propostas por Góes *et al.* (2010) e Neumann *et al.* (2010).

A análise granulométrica revelou que a maior parte dos grãos que compõe o rejeito classificam-se como grânulo e areia com dimensões que variam de 4 a 0,1 mm. Contudo, um pouco menos de 50% pertence a um único intervalo granulométrico correspondente a fração areia muito grossa e areia grossa (2 a 0,7 mm). Os grãos maiores que 4 mm se classificam como cascalho representando 19,52% do rejeito e 16,91% são grãos de areia média a argila. Portanto, classifica-se o rejeito investigado como areno argiloso com textura inequigranular grossa a muito fina, contendo 37,56% de grãos maiores que 2 mm e 62,44% das partículas menores que 2 mm.

As partículas de ouro observadas em concentrado de bateia são menores que 2 mm sendo que a maior parte se encontra abaixo de 0,7 mm. Portanto, seria necessário incorporar na rota de reprocessamento do rejeito um classificador capaz de reduzir com eficiência o material para um *top size* de 2 mm, descartando 37,5% de material desnecessário a participar do processamento mineral. Recomenda-se que seja incorporado também à rota de reprocessamento mineral equipamentos que utilizam da força centrífuga como os concentradores tipo Falcon ou Knelson conforme recomendado por Sampaio & Tavares (2005) e Lins (2010).

Os resultados das análises de teores foram satisfatórios apesar de serem realizados em 50 g do concentrado da centrífuga. Contudo, recomenda-se que sejam realizados outros tipos de análises, seguida de ensaios em planta piloto de beneficiamento mineral considerando equipamentos robustos de classificação granulométrica e densitária afim de se estabelecer uma metodologia suficiente para avaliar o reprocessamento de rejeitos aluvionares da região de Peixoto de Azevedo.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de doutorado do primeiro autor, ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalurgia e Materiais (PPG3M - UFRGS), à Companhia Matogrossense de Mineração (METAMAT) pelo apoio, a Buriti Gold Mineração e ao Garimpo Jatobá pela confiança e apoio de logística e infraestrutura, à Mineração Aricá pelos ensaios de bancada, à cooperativa de garimpeiros do vale do Rio Peixoto de Azevedo e à Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) – faculdades de Geociências e Engenharia pela logística com transporte e laboratório.

6. REFERÊNCIAS

ANM – Agência Nacional de Mineração [homepage on the internet]. Brasília: ANM, 2021. Available from: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro>

Góes M.A, Luz A.B, Possa M.V. Tratamento de Minérios. 5° ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT 2010. Chapter 2, Amostragem, p. 23-44.

Gomes A.C.F. Aplicação de rejeito de mineração de ouro na produção de tijolo de solo-cimento. [Tese de Doutorado]. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte; 2021.

Lins F.A.F, Silva L.A. Aspectos do beneficiamento de ouro aluvionar. Série Tecnologia Mineral N° 41 – Seção Beneficiamento N° 25, Brasília 1987.

Lins F.A.F. Tratamento de Minérios. 5° ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT 2010. Chapter 7, Concentração Gravítica, p. 301-325.

Malena, Rosa – Notas de aulas curso de doutorado DEMIN/UFOP - Min 721: Separação Sólido-líquido. Ouro Preto, 2020.

Massaro L., & Theije M. Understanding small-scale gold mining practices: An anthropological study on technological innovation in the Vale do Rio Peixoto (Mato Grosso, Brazil). Journal of Cleaner Production, 2018. 204 (2018) 618-635. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.153>

Neumann R, Luiz S.C, Neto A.A. Tratamento de Minérios. 5° ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT 2010. Chapter 3 – part II, Caracterização Mineralógica de Minérios, p. 85-137.

Ricardo A.A., Papini R.M., & Góes B.A. Caracterização de minério de ouro aluvionar com o uso de concentrador Falcon. Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração, 2021. <http://dx.doi.org/10.4322/2176-1523.20212512>.

Sampaio C.H, Tavares L.M. Beneficiamento Gravimétrico – Uma introdução aos processos de concentração mineral e reciclagem de materiais por densidade. Porto Alegre: UFRGS; 2005.

Veiga, M.M., & Gunson, A.P. Gravity Concentration in Artisanal Gold Mining, 2020. Minerals, p. 49: doi:10.3390/min10111026

Vesilind P.A. The Rosin-Rammler particle size distribution. Resource Recovery and Conservation 1980; (5) 275-277.