

Síntese e caracterização de FeOCl a partir de rejeitos da mineração de cobre da Amazônia

Renata de Sousa Nascimento¹, Rayane Jackeline Quadros Assunção², Ana Gabrielli de Almeida Campos³, Gabriella Ramos dos Santos³, Igor Alexandre Rocha Barreto¹, Luciana dos Santos Saldanha¹, Yuri da Silva Borges⁴, Bruno A. M. Figueira⁵

¹Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Pará.

²Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá.

³Faculdade de Química, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, Pará.

⁴Programa de Pós graduação em Física, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará.

⁵Programa de Pós Graduação em Engenharia de Materiais, Instituto Federal do Pará, Belém, Pará.

Palavras-Chave: Rejeitos de cobre, Amazônia, recuperação de Fe.

Introdução

Rejeitos da mineração são sub-produtos classificados inicialmente como sem valor comercial, gerados durante o processo de beneficiamento mineral. Eles geralmente são caracterizados por sua granulometria extremamente fina (menor que 400 mesh), que ao serem combinados com água formam uma mistura viscosa e pegajosa (semelhante a lama), sendo descartada em barragens de sedimentação (Vergara et al., 2022; Siqueira et al., 2022).

Na mina do Salobo em Marabá (PA), eles são provenientes de beneficiamento mineral de minério de cobre através de processo de moagem, britagem e flotação, e são caracterizados por elevada umidade e coloração vermelha. Apresentam composição majoritária de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e MgO e são formados por minerais como quartzo, clorita, magnetita, albita, ortoclásio, biotita e actinolita. Segundo Carmona (2015), sua composição química viabiliza sua transformação em hidróxidos duplos lamelar, um material de grande relevância tecnológica como catalisador, adsorvente, baterias, cimento, geopolímeros, dentre outros (Kamelyia et al., 2023).

Neste trabalho, apresenta-se um estudo de recuperação de ferro de rejeitos de cobre da mina do Salobo (Amazônia) e sua conversão em material de valor agregado com estrutura de óxido cloro de Fe (III), uma fase com estrutura em camada composta de octaedros distorcidos de $\text{Fe}(\text{Cl},\text{O})_6$ (Fig. 1). Dentre os diversos interesses em FeOCl , pode-se citar a sua aplicação em catalise, fotodegradação de poluentes orgânicos persistentes, materiais eletrodos, matriz para obtenção de compostos intercalados (Wang et al., 2021).

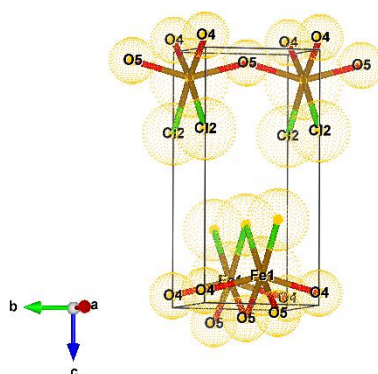


Fig. 1: Ilustração da estrutura de $\text{Fe}(\text{Cl},\text{O})_6$.

Material e Métodos

Os rejeitos de minério de cobre empregados como matéria prima foram coletados na mina do Salobo (Amazonia), secados a 110° C/24 h, pulverizados e nomeados como REJ-SAL para caracterização tecnológica. Em seguida, uma massa de REJ-SAL foi adicionada a um frasco contendo solução de ácido clorídrico e tratado hidrotermalmente por 24 h. A solução resultante foi filtrada e secada até formação de um precipitado nomeado como FeOCl-Salobo.

Para os estudos de caracterização, utilizou-se a técnica de difração de raios-X para identificar as fases minerais presentes na matéria prima e no produto final. O equipamento usado foi um difratômetro de bancada D2Phaser (Bruker), equipado com tubo de cobre (CuK α = 1.5406 Å) de 400 W de potência, e tensão de 30 kV e 10mA, respectivamente. As curvas TG-DSC do acetato de Al obtido foram registradas no termoanalisador da NETZSCH (STA 449 F5 Júpiter), com forno cilíndrico vertical, conversor digital acoplado a um microcomputador e um fluxo de N₂ de 50 ml/min. O espectro FTIR de FeOCl-Salobo foi coletado em um espectrofotômetro de IV da Bruker, modelo Vertex 70.

Resultados e Discussão

A composição química e mineral obtida por FRX e DRX da amostra REJ-SAL é apresentada na Tab. 1 e Fig. 2. Para a composição química, elevados teores de Al₂O₃ (7,39 %), SiO₂ (34,27 %), Fe₂O₃ (48,92 %), K₂O (1,72 %), CaO (1,13 %) e CuO (1,57 %) foram detectados e bem correlacionados com a presença dos minerais almandina, espinélio de cobre, quartzo, hematita, clinoclóro, biotita e ferroglaucófano. Esses resultados indicaram que os rejeitos do Salobo seriam apropriados para síntese de FeOCl. A Fig. 2a apresenta o padrão DRX de FeOCl-Salobo, que mostrou picos DRX bem definidos próximos a 12,83, 30,34, 41,27, 44,47, 56,54, 59,04, 72,30 e 74,46° (2 theta) e estão relacionados aos seguintes planos (010), (110), (021), (111), (200), (131), (022) e (112) de oxi-cloreto de ferro com simetria ortorrômbica (PDF 00-024-1005). A distância interlamelar foi calculado em torno 8 Å e o tamanho de cristalito obtido foi de 40 nm (equação de Scherrer).

Tab 1.: Composição química de REJ-SAl analisada por FRX.

Componente	Fe2O3	SiO2	Al2O3	K2O	CuO	CaO	SO3	P.F	Total
% em Peso	48,92	34,27	7,39	1,72	1,57	1,13	0,85	0,52	96,37

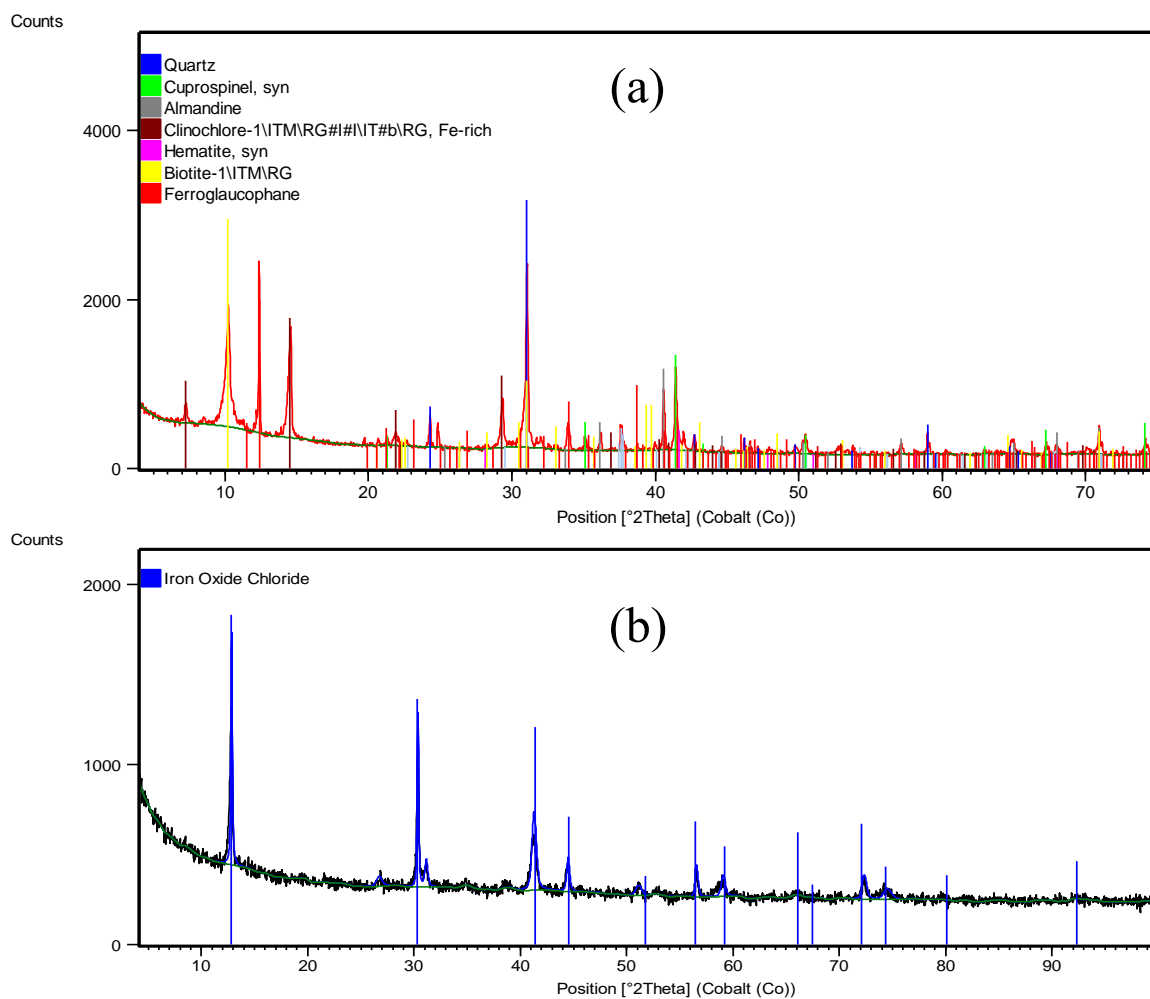


Fig. 2: Padrão DRX das amostras REJ-SAI (a) e FeOCl-Salobo (b).

Uma caracterização adicional por análise termica e espectroscopia de IV foi realizada de FeOCl-Salobo e os resultados mostrados na Fig. 3. Para o comportamento termal de FeOCl (Fig. 3a), verificou-se a presença três eventos exotérmicos com perda de massa total de 37,34 %. Eles se referem a perda constante de gases Cl_2 e O_2 , formação de FeCl_3 anidro e finalmente conversão em Fe_2O_3 (Dai et. al, 2003). De acordo com espectro IV-FTIR de FeOCl, bandas características de moléculas de água foram observadas em 3200 e 1600 cm^{-1} , assim como de estiramentos Fe-O e Fe-Cl em 1115 , 880 e 692 cm^{-1} (Hun *et al.*, 2021), corroborando assim com a caracterização por difração de raios-X realizada anteriormente.



KAMELIYA, J.; VERMA, A.; DUTTA, P.; ARORA, C.; VYAS, S.; VARMA, R.S. Layered Double Hydroxide Materials: A Review on Their Preparation, Characterization, and Applications. *Inorganics*, 11, 121. 2023.

SIQUEIRA, D, CESAR, R, LOURENÇO, R, SALOMÃO, A, MARQUES, M, POLIVANOV, TEIXEIRA, M, et al. Terrestrial and aquatic ecotoxicity of iron ore tailings after the failure of VALE S.A mining dam in Brumadinho (Brazil), *Journal of Geochemical Exploration*, 235, 106954. 2022.

VERGARA, A, PALMA, S, ÁLVAREZ, A, ZANDARÍN, M.T. Hazards in mining: A novel model for the prediction of run-out distances in tailings dams using CFD. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 153(105049). 2022.

WANG, J., WEN, Y.; WANG, H.; LIU, H.; YANG, X. FeOCl and Its Intercalation Compounds: Structures, Properties and Applications. *Progress in Chemistry*, v. 33, 263-280, 2021.

DAI, YAO-DONG; YU, ZHI; HONG-BO HUANG, YUN HE, TING SHAO, YUAN-FU HSIA, Thermal decomposition of iron oxychloride as studied by thermal analysis, X-ray diffraction and Mössbauer spectroscopy, *Materials Chemistry and Physics*, Volume 79, pg. 94-97, 2003.