



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA EM GEOQUÍMICA**

DISSERTAÇÃO Nº 630

**SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DA PIROAURITA A
PARTIR DE RESÍDUO DE MINA DE COBRE E SUA
APLICAÇÃO NA ADSORÇÃO DO CORANTE
VERMELHO DO CONGO**

Dissertação apresentada por:

RAFAELA DA SILVA FERREIRA

Orientador: Prof. Dr. José Augusto Martins Correa (UFPA)

**Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Elizabeth Maria S. Rodrigues
(UFPA)**

**Belém –
Pará 2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará

Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

-
- F383s Ferreira, Rafaela da Silva.
Síntese e caracterização da piroaurita a partir de resíduo de mina de cobre e sua aplicação na adsorção do corante vermelho /Rafaela da Silva Ferreira. — 2023.
56 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof. Dr. José Augusto Martins Correa Coorientação: Profª. Dra. Elizabeth Maria S. Rodrigues Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2023.
1. Rejeito. 2. Sequeirinho. 3. Síntese de Piroaurita. 4. Vermelho do Congo. 5. Adsorção. I. Título.

CDD 551.9



Universidade Federal Do Pará
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DA PIROAURITA A
PARTIR DE RESÍDUO DE MINA DE COBRE E SUA
APLICAÇÃO NA ADSORÇÃO DO CORANTE VERMELHO
DO CONGO**

Dissertação apresentada por
RAFAELA DA SILVA FERREIRA

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de GEOLOGIA e GEOQUÍMICA, linha de pesquisa de MINERALOGIA E GEOQUÍMICA.

Data da Aprovação: 24 / 03 // 2023

Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Augusto M. Corrêa
(Orientador – UFPA)

Prof. Dr. Nélcio Teixeira Machado
(Membro – UFPA)

Prof.ª Dr.ª Andréia Cardoso Pereira
(Membro – UFPA)

Dedico este trabalho a minha família e,
em especial, à minha filha Heloisa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que sempre me ajudou a superar os obstáculos, me dando forças e me capacitando para concluir essa dissertação de mestrado que tanto me ajudou a evoluir.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e o Programa de Excelência Acadêmica – PROEX.

Agradeço a minha família, especialmente, a minha mãe por seu apoio incondicional e a minha filha por ser minha motivação.

Agradeço imensamente ao Rogério, meu parceiro de vida, por nunca medir esforços para me fazer feliz.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. José Augusto pelos ensinamentos, pela oportunidade e a paciência com as minhas dificuldades.

Agradeço a minha coorientadora Prof. Dra. Elizabeth Rodrigues quem me apresentou o PPGG e acreditou na minha capacidade em um momento tão delicado para mim.

Meus mais sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. Ossalim por todo empenho e dedicação na condução dos testes de adsorção.

Agradeço aos grandes amigos que o mestrado me deu, Renata e Aldemir que contribuíram para fazer meus dias mais leves.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG), do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA), pelo conhecimento fornecido, pelo corpo docente e pela infraestrutura. Agradeço à coordenação do PPGG e à secretaria, Cleida Freitas e à Joalice Lopes, por todo auxílio prestado durante o mestrado.

Agradeço ao laboratório de Laboratório de Caracterização Mineral (LMC), Setor Raios-X e Setor de Análises, especialmente, à Profa. Dra. Simone Patrícia Aranha da Paz e ao Prof. Dr. Rômulo Angélica.

Ao laboratório de Microanálises, nas pessoas do Prof. Dr. Claudio Nery Lamarão e da Msc. Gisele Tavares Marques, agradeço pelo suporte na obtenção das imagens no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).

Agradeço a VALE/FAPESPA/FAPEMIG pelo financiamento do projeto “Do minério ao sub-produto; um estudo de monitoramento ambiental e aproveitamento de resíduos e rejeitos”.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram de maneira direta e/ ou indireta para a elaboração e conclusão deste trabalho.

"Ore como se tudo dependesse de Deus e trabalhe como se tudo dependesse de você"
(Santo Inácio de Loyola)

RESUMO

Neste estudo o rejeito da flotação de cobre da cava Sequeirinho da mina do Sossego, localizada na região de Carajás, sudeste do Estado do Pará (Brasil), foi utilizado como material de partida para síntese de Piroaurita, com potencial de adsorção de corante orgânico. A caracterização do rejeito foi realizada por técnicas de Fluorescência de Raios X (FRX) e Difração de Raios X (DRX). Em seguida, o material foi lixiviado (HCl 1:1 H₂O) e a solução resultante, filtrada e usada como material de partida da Piroaurita. A solução foi submetida ao método de coprecipitação com o pH constante (14) com razão molar Mg/Fe 6:1, com o tempo de gotejamento de 4 horas, banho hidrotérmico de 24h e agitação rigorosa. A Piroaurita foi então caracterizada por técnicas de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Difração de Raios X (DRX), Fluorescência de Raios X (FRX), Espectroscopia de Absorção na Região do Infravermelho por Transformada de Fourier (FT-IR), Análise Térmica Gravimétrica (ATG), Área de Superfície Específica (ASE) e Poros Totais (TPV). A Piroaurita foi testada na adsorção do corante Vermelho do Congo (VC). Foram testadas concentrações de VC de 5, 10, 20, 30, 40, 50 e 80 mg·L⁻¹ na proporção de 10 mL para 0,025 mg de piroaurita. O modelo de adsorção que melhor ajustou os dados experimentais obedece ao modelo de Langmuir ($R^2 = 0,9614$), enquanto que, a cinética indicou um modelo de pseudo-segunda ordem ($R^2 = 0,9977$). Além disso, a temperatura de 40°C mostrou-se a mais apropriada para a adsorção do corante VC. Por fim, os parâmetros termodinâmicos de entropia ($\Delta S^\circ = 0,0886 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) e entalpia ($\Delta H^\circ = 8,2999 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$) demonstram que o processo de adsorção foi naturalmente espontâneo e endotérmico.

Palavras-chave: rejeito. Sequeirinho. síntese. piroaurita. vermelho do Congo. adsorção

ABSTRACT

In this study, the copper flotation tailings extracted from the Sequeirinho pit of the Sossego mine, Carajás region, Southeast of the State of Pará (Brazil), has been used as raw material for the synthesis of Pyroaurite, a potential absorbent of organic dyes. Initially, tailings characterization was performed through X-Ray Fluorescence (XRF) and X-Ray Diffraction (XRD) techniques. Next, a sample of this characterized material was leached (HCl 1:1 H₂O), the obtained solution was filtered and used in the procedures of Pyroaurite synthesis. This solution was kept in the coprecipitation method at constant pH (14) with Mg/Fe molar ratio equal to 6:1, a dripping time of 4 hours, hydrothermal bath of 24 hours at high agitation rate. After, the synthesized Pyroaurite was submitted to characterization by Scanning Electron Microscopy (SEM), X-Ray Diffraction (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), thermal gravimetric analysis (TGA), Specific Surface Area (ASE) and total pore volume (Wo) techniques. Then, the synthesized Pyroaurite was evaluated for the adsorption process of Congo Red (CR) dye, where 0.025 mg of Pyroaurite were added to 10 mL of CR samples at concentrations of 5, 10, 20, 30, 40, 50 and 80 mg·L⁻¹, respectively. The adsorption results fitted to the Langmuir model ($R^2 = 0.9614$), while the kinetics suggested the pseudo-second order model ($R^2 = 0.9977$). In addition, the temperature of 40°C showed to be the most pleasant for the adsorption of the CR dye. Finally, the thermodynamic parameters of entropy ($\Delta S^\circ = 0.0886 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) and enthalpy ($\Delta H^\circ = 8.2999 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$) show that the adsorption process was found to be naturally spontaneous and endothermic.

Keywords: copper tailings. Sequeirinho. synthesis. pyroaurite. Congo red. adsorption