cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Estudo Cinético da Formação de Sulfato Ferroso por Ativação Mecanoquímica de Rejeito Piritoso

Ana Julia G. Librelato[1]; Michele C. Dutra[1]; Nikelli da R. Rabelo[1]; Michael Peterson[1]; Thauan Gomes[2]; Agenor De Noni Jr.[3]; Juliana P. Pizzolo[1]
1. Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC); 2. Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC); 3. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Introdução

Os rejeitos de mineração causam danos ambientais, como a drenagem ácida de mina (DAM) (Cheng et al., 2024; Yang et al., 2024). Seu reaproveitamento sustentável pode contrabalançar parte desses impactos.

A ativação mecanoquímica utiliza energia mecânica e moagem de alta energia para induzir reações químicas (Akhgar; Pourghahramani, 2015).

A cinética de oxidação da pirita é complexa e heterogênea. Porém, simplificações e modelos homogêneos permitem estudos iniciais e a comparação da influência de parâmetros de processo.

Objetivos

- Analisar a cinética simplificada da oxidação da pirita em reator mecanoquímico de cisalhamento.
- Avaliar a influência do diâmetro dos elementos de moagem na otimização da síntese de sulfato ferroso heptahidratado.

Metodologia

Equipamento: moinho atritor PE075 NETZSCH.
Condições: 700 rpm; 8 L/min de ar; ocupação de 40%; BPR 20:1; pH < 4; adição de $Fe_2(SO_4)_3$.
Esferas: aço inoxidável, 1,6; 3,2 e 6,0 mm.
Análises: alíquotas a cada 1h para determinação de **D_{50} e SO_4^{2-}**

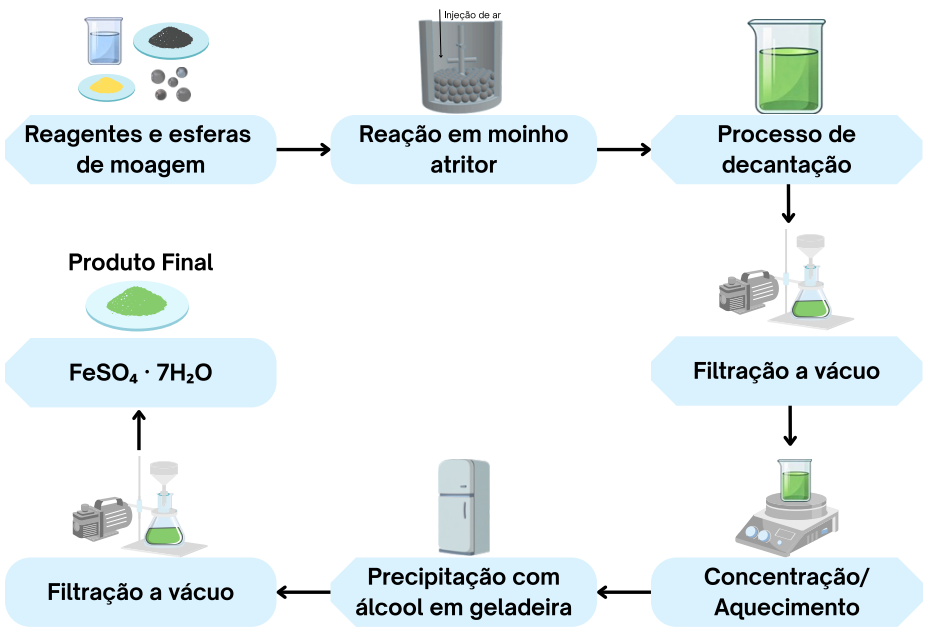


Figura 1. Procedimento experimental.

$$R_{frag.} = -\frac{D50_{(t+\Delta t)} - D50_{(t)}}{\Delta t} \quad (1)$$

$$R_{SO_4} = \frac{\Delta [SO_4{}^{2-}]}{\Delta t} \quad (2)$$

$$-\frac{d [FeS_2]}{dt} = k_{ap} \cdot [FeS_2]^{\alpha_{ap}} \quad (3)$$

$$[FeS_2](t) = (k_{ap} \cdot t \cdot (\alpha_{ap} - 1) + [FeS_2]_i{}^{1-\alpha_{ap}})^{\frac{1}{1-\alpha_{ap}}} \quad (4)$$

Resultados e Discussão

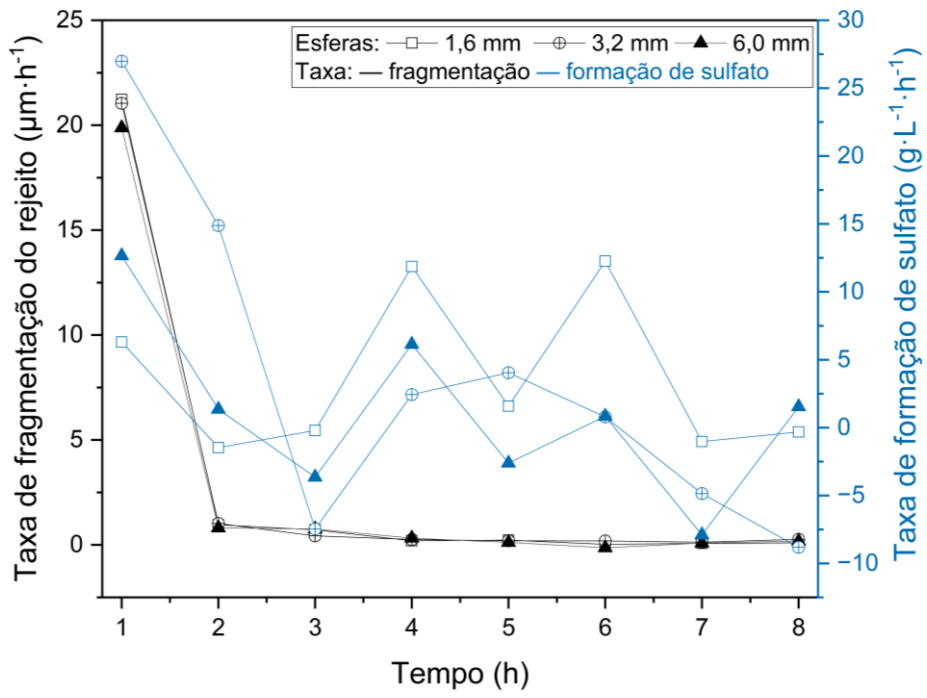


Figura 2. Taxas de fragmentação e formação de sulfato.

Parâmetro	1,6 mm	3,2 mm	6,0 mm
ΔD_{50} (%)	96,6	96,6	90,3
Xap,max (%)	23,7	32,8	14,5
η (%)	53,9	57,7	8,1
Cinética de fragmentação	αf = 2,50	αf = 2,74	αf = 4,07
Cinética de sulfato	$\alpha_{ap} \approx 0$	Ajuste limitado	

Tabela 1. Resultados experimentais e cinéticos.

Conclusões

- 3,2 mm apresentou o melhor desempenho global, apesar da fragmentação semelhante a 1,6 mm.
- A resposta química não depende apenas da redução granulométrica, indicando influência da dinâmica de colisões.
- As oscilações na formação de sulfato são compatíveis com passivação e renovação da superfície reativa.

Referências e Agradecimentos

AKHGAR, B. N.; POURGHAHRAMANI, P. Impact of mechanical activation and mechanochemical activation on natural pyrite dissolution. *Hydrometallurgy*, v. 153, p. 83–87, 2015.
CHENG, F. *et al.* Eliminating environmental impact of coal mining wastes and coal processing by-products by high temperature oxy-fuel CFB combustion for clean power Generation: A review. *Fuel*, v. 373, p. 132341, 2024.
YANG, Y. *et al.* A review on 'source prevention, process control, end recovery' trinity-comprehensive treatment technology for acid mine drainage. *Process Safety and Environmental Protection*, v. 189, p. 782–801, 2024.

Os autores expressam sua gratidão à Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), ao Laboratório de Reatores e Processos Industriais (LabRePI) e ao curso de Engenharia Química.