

I-023 – USO DE REJEITO DA MINERAÇÃO DE FERRO PARA OBTENÇÃO DE CLORETO FÉRRICO E SUA APLICAÇÃO COMO COAGULANTE PARA CLARIFICAÇÃO DE ÁGUA

Herlane Costa Calheiros⁽¹⁾

Doutora em Engenharia Civil (Hidráulica e Saneamento). Professora da UNIFEI.

Athos Moisés Lopes Silva

Engenheiro Ambiental. Mestrando em Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UNIFEI.

João Marcos Cardoso Silva

Engenheiro Químico pela UNIFEI

João Víctor Rocha de Freitas

Licenciado em Química pela UNIFEI

Endereço⁽¹⁾: Av BPS, 1303, Pinheirinho, Itajubá - MG. E-mail: h2c@unifei.edu.br

RESUMO

Cloreto férrico pode ser usado como coagulante no tratamento de água visando sua potabilidade. Rejeitos de mineração de ferro são grandes poluidores do ambiente. A partir do rejeito de mineração de ferro estudos indicam que pode-se obter cloreto férrico com cerca de 40-60% de pureza em peso de FeCl_3 . Portanto, este trabalho visa investigar a potencialidade do uso do cloreto férrico obtido a partir de rejeito de mineração de ferro como coagulante. O coagulante alternativo foi obtido reagindo 5 g de rejeito com 9,74 mol L⁻¹ de HCl a 80°C. Água bruta com turbidez entre 350 e 400 UNT foi testada em aparelho de Jar Test, usando 60 mg L⁻¹ de FeCl_3 produzido em laboratório e a mesma dosagem de FeCl_3 comercial nos tempos de 5 s e 10 min e 5 min, respectivamente durante a coagulação, a floculação e a sedimentação. Diante dos resultados de remoção de turbidez em ambos os testes, concluiu-se que o coagulante produzido a partir do rejeito da mineração possui eficiência similar ao coagulante comercial, principalmente na faixa de pH acima de 9,0 onde a eficiência de remoção de turbidez foi maior que 95%. Indicando seu elevado potencial como coagulante de água.

PALAVRAS-CHAVE: Hematita, sal metálico hidrolizado, tratamento de água, rejeito de mineração.

INTRODUÇÃO

O uso de sais de Alumínio e Ferro, como o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) e o cloreto férrico (FeCl_3) são comumente usados como coagulantes na etapa de clarificação da água em estações de tratamento de água (ETAs). O $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ é amplamente usado nas ETAs do Brasil devido às características como fácil transporte e manuseio. Porém, o uso do FeCl_3 pode ser requisitado em diversas estações pois apresenta vantagens como produção de flocos de melhor qualidade e é favorável em amplo intervalo de pH da água bruta a ser tratada.

Os consumos desses produtos químicos podem representar um custo de até 11,8% do valor total gasto em ETA tratando uma vazão acima de 80 L/s (SABESP, 2002). Fontes alternativas desses produtos devem ser consideradas, pois podem proporcionar em redução de despesas. O FeCl_3 pode ser obtido através de uma reação do ácido clorídrico (HCl) com o óxido de ferro (Fe_2O_3), presente naturalmente no minério de ferro (hematita) (Equação 01).



Os rejeitos gerados nos processos de mineração de ferro representam um grande potencial poluidor. Ressalta-se esse potencial diante do impacto do rompimento da barragem de Mariana, no Estado de Minas Gerais em novembro de 2015, considerado o maior desastre ambiental ocorrido no Brasil. Esses rejeitos, apesar de serem descartados durante o processo de beneficiamento do minério; segundo Martini et al (2016) e Pavelli (2001), possuem grande concentração de Fe_2O_3 em torno de 40-60% em peso de FeCl_3 . Sendo assim, este trabalho buscou investigar a produção de FeCl_3 a partir do Fe_2O_3 presente no rejeito da mineração de ferro obtido da reação com o HCl e, posteriormente, seu potencial como coagulante em ensaios de tratamento de água.

OBJETIVO

Estudar a potencialidade do uso do cloreto férrico obtido a partir de rejeito de mineração de ferro como coagulante no tratamento de água.

MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, o rejeito foi coletado em um ponto à jusante de barragem de mineração de Ferro localizada no município de Itabira – MG sob as coordenadas 19°39'55.9"S 43°14'40.6"W (Figura 1).



Figura 1 – Ponto de coleta e rejeito da mineração de Ferro
Fonte: Os autores

A partir deste material, foi obtido o FeCl_3 por meio da reação do Fe_2O_3 (presente no rejeito da mineração) com HCl . Para isso, 5 g rejeito foi previamente seco em estufa e, posteriormente, combinado com uma solução de HCl a 80% ($9,74 \text{ mol L}^{-1}$). Após o tempo de reação de 1 hora em agitador magnético a 80°C , o produto final foi sedimentado e o líquido sobrenadante separado e centrifugado. Por fim, determinou-se a concentração de FeCl_3 produzida na solução por meio de análise em espectrofotômetro de acordo com metodologia exposta por Sena *et al* (2015). Com base na concentração obtida, diluiu-se este coagulante a fim de obter uma solução de 60 mg L^{-1} para a realização dos ensaios *Jar Test*.

Após a produção do FeCl_3 a partir do rejeito da mineração, buscou-se analisar o comportamento deste coagulante em ensaios clarificação da água (coagulação, floculação e sedimentação). Os ensaios foram realizados em aparelho de *Jar Test* usando água bruta com turbidez entre 350 e 400 UNT. Antes do ensaio com o coagulante produzido, realizou-se ensaios com FeCl_3 comercial na concentração de 60 mg L^{-1} , a fim de determinar condições de mistura rápida (MR), mistura lenta (ML) e tempo de sedimentação (TS). Como resultado destes testes, definiu-se a MR como sendo 5 segundos em gradiente de velocidade G de 1000 s^{-1} , a ML sendo 10 minutos em 40 s^{-1} e o TS em 5 minutos. A velocidade de sedimentação utilizada nos ensaios foi de $1,4 \text{ cm min}^{-1}$.

Posteriormente, realizou-se ensaios de *Jar Test* com o FeCl_3 comercial e, finalmente, com o FeCl_3 produzido a partir do Fe_2O_3 presente no rejeito da mineração. Em ambos ensaios, testou-se 1,5 L de água bruta em cada jarro e aplicou-se uma concentração de 60 mg L^{-1} do coagulante (o que resultou em um volume de 9 mL do coagulante em cada jarro). Para estes ensaios, manteve-se as condições de MR, ML e TS definidas anteriormente e variou-se a faixa de pH em cada um dos 6 jarros utilizados, a saber: 4,5; 6,0; 7,5; 8,0; 9,0 e 10,0. O pH, controlado por meio de potenciômetro, foi ajustado utilizando 10 g L^{-1} de solução de hidróxido de sódio (NaOH) e $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4). Os ensaios de caracterização da água bruta e da água clarificada após o *Jar Test* foram determinados de acordo com *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1999). Os parâmetros analisados foram: Turbidez (UNT), Cor verdadeira (UC), Alcalinidade ($\text{mgCaCO}_3 \text{ L}^{-1}$) e Temperatura ($^\circ\text{C}$).

RESULTADOS

Na Tabela 01 são apresentadas as características da água bruta analisadas nos ensaios *Jar Test*.

Tabela 01 – Caracterização da água bruta utilizada nos ensaios *Jar Test*

| Alcalinidade | Turbidez | Cor Verdadeira | Temperatura |
|--|----------|----------------|-------------|
| 33 mgCaCO ₃ L ⁻¹ | 345 UNT | 230 UC | 21,5 °C |

Na Figura 2, têm-se os resultados dos ensaios de *Jar Test* com o coagulante comercial. Obteve-se neste teste o valor máximo de Turbidez de 19,2 NTU para o pH de 4,5 (eficiência de 94,7%) e valor mínimo 4,14 UNT para o pH de 9,0 (eficiência de 98,9%). Para a cor verdadeira, obteve-se o resultado máximo 96,2 UC para pH de 4,5 (eficiência de 54,7%) e valor mínimo de 8,61 UC para pH de 9,0 (eficiência de 95,9%). Ambos os resultados demonstram boa eficiência de remoção desses parâmetros, havendo otimização em valores de pH mais alcalinos. Porém, nota-se uma piora na eficiência de remoção de cor verdadeira em valores de pH mais ácidos.

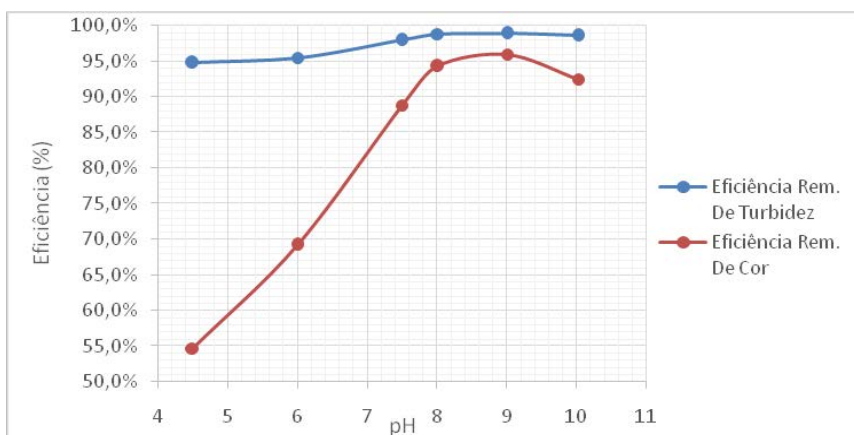


Figura 2 – Eficiência de remoção de turbidez e eficiência de remoção de cor verdadeira em função do pH da água bruta para coagulante comercial

Na Figura 3, têm-se os resultados do ensaio de *Jar Test* com o coagulante produzido. Obteve-se neste teste um valor máximo de Turbidez de 48,8 UNT para o pH 4,5 (eficiência de 84,6%) e valor mínimo 11,6 UNT para o pH de 10,0 (eficiência de 96,3%). Para a cor verdadeira, obteve-se o resultado máximo 212 UC para pH de 4,5 (eficiência de 7,9%) e valor mínimo de 6,01 UC para pH de 10,0 (eficiência de 97,4%). Os valores apresentados demonstram boas eficiências de remoção para turbidez, valores próximos aos obtidos pelo coagulante comercial. Porém, nota-se eficiência menor para remoção de cor verdadeira, bem abaixo da obtida pelo comercial. Mas, assim como o demonstrado no teste com o comercial, nota-se boa eficiência de remoção de cor verdadeira para valores iniciais da água bruta acima de 9,5.

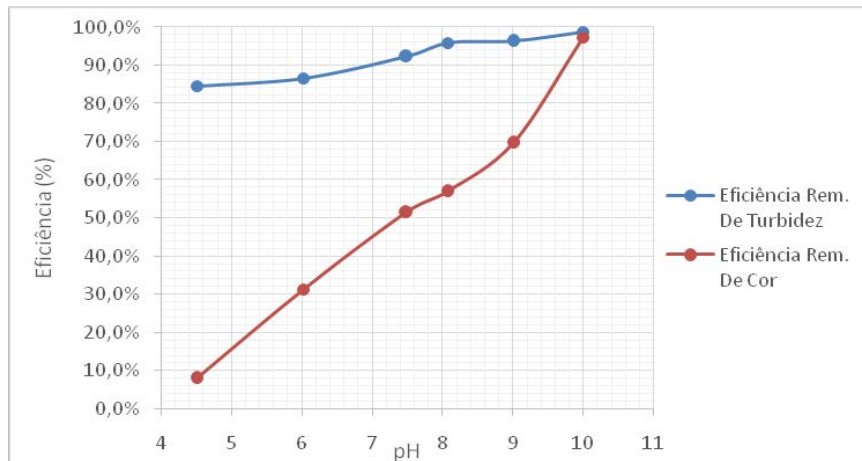


Figura 3 – Eficiências de remoção de Turbidez e de remoção de cor verdadeira em função do pH da água bruta para coagulante produzido a partir de rejeito de mineração de ferro

CONCLUSÕES

Diante dos resultados de remoção de turbidez em ambos os testes, conclui-se que o coagulante produzido a partir do rejeito da mineração possui eficiência similar ao coagulante comercial, principalmente na faixa de pH acima de 9,0. Porém, os resultados de cor demonstraram ser inferiores, havendo uma tendência ao aumento da remoção deste parâmetro para valores de pH básicos, evidenciado nos gráficos de remoção de cor verdadeira. Tal fenômeno deve se justificar pela possível presença de impurezas no rejeito da mineração ou pela formação de subprodutos na reação do Fe_2O_3 com o HCl , necessitando, assim, investigação mais aprofundada. É importante dizer que o FeCl_3 possui uma faixa ideal para coagulação e floculação, evidenciado nos gráficos pela eficiência obtida em valores de pH mais alcalinos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water. Environmental Federation, 20th ed. Washington. 1998.
2. MARTINI R.J.; CAETANO T.R.; SANTOS H.A.; ARANHA P.R.A. Disposição de rejeitos de minério de ferro em reservatórios: uma aplicação do método GPR. **Ambiente e Água**. Taubaté. V.2, N.5, 2016.
3. PAVANELLI, Gerson. Eficiência de diferentes tipos de coagulação na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada. 2001. 233 f. **Dissertação** (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.
4. SABESP/IPT. Guia para Parametrização de consumo de água na Região Metropolitana de São Paulo. **Relatório Técnico**. São Paulo, 2002.
5. SENA, J.A.; PAIVA, J.G.; BEZERRA, D.P.; OLIVEIRA, N.P.M.; FÔNSCECA, K.C.; SENA, M.M.S. Análise Quantitativa de Ferro 3+ em solo para plantio. **Anais**. 55º Congresso Brasileiro de Química – Goiás, 2015.