

Tratamento de Drenagem Ácida de Mina – DAM, por Bactérias Redutoras de Sulfato - BRS

Yaci Pira-Tatá Maria Marcondes Farias

Bolsista de Iniciação Científica, Ciências Biológicas, Faculdades Integradas Maria Thereza

Roberta Gaidzinski

Orientadora, Química Industrial, DSc.

Resumo

O presente artigo apresenta os estudos realizados com a utilização de bactérias redutoras de sulfato (BRS) para o tratamento da drenagem ácida de mina. Em uma primeira etapa ocorreu a bioativação das BRS, utilizando para isso um reator tipo UASB. Dessa maneira, o trabalho consistiu na introdução de um outro reator ao sistema. Afluentes de composição idêntica aos da etapa final da bioativação foram utilizados para a alimentação dos dois reatores. Os resultados obtidos na bioativação revelaram uma diminuição progressiva na eficiência de redução de sulfato devido à substituição gradativa do lactato por dejetos suínos, e ao aumento progressivo da concentração de sulfato na solução de alimentação. Os dois reatores em operação sugerem a possibilidade de se alcançar eficiências de remoção superiores em decorrência de um maior tempo de adaptação do inóculo.

1. Introdução

A instalação de um empreendimento mineral proporciona à comunidade localizada em sua área de influência o aumento da oferta de emprego e renda, da disponibilidade de bens e serviços, da arrecadação de impostos e a melhoria da qualidade de vida. Em contrapartida pode também significar alterações indesejáveis na paisagem e nas condições ambientais.

A mineração, de um modo geral, tem sido fonte de severo impacto ambiental, dentre os quais, a Drenagem Ácida de Mina (DAM), que é resultado da oxidação natural de minerais sulfetados quando expostos à ação combinada de água e oxigênio, podendo ser acelerada na presença de alguns microrganismos. Esses efluentes são geralmente caracterizados pela elevada acidez e por conter metais e sulfatos. Quando não controlada, a drenagem ácida pode fluir até os corpos d'água adjacentes causando mudanças substanciais no ecossistema aquático, constituindo-se em uma fonte difusa de poluição. A DAM é considerada um dos problemas ambientais mais graves associados à extração mineral, estando geralmente relacionada com as atividades de mineração de carvão, lignita e de sulfetos polimetálicos ou de metais e minerais radioativos que tenham sulfetos associados (ALMEIDA, 2005).

Considerando a importância ambiental da DAM, atualmente deve-se buscar estratégias de prevenção, para que esta não venha a ocorrer, e mitigação, quando o problema já está pronunciado. As alternativas mais comuns para o tratamento dos efluentes ácidos característicos de uma DAM envolvem a neutralização da acidez e conseqüente precipitação e imobilização das espécies dissolvidas (ALMEIDA, op. Cit; Pinheiro, 2008).

As bactérias redutoras de sulfato (BRS) são microrganismos que realizam a redução desassimilativa do íon sulfato, na qual este íon atua como agente oxidante para a metabolização da matéria orgânica. Nesse processo apenas uma pequena parcela do enxofre reduzido é assimilada pelos microrganismos, sendo a maior parte excretada na forma de íon sulfeto normalmente hidrolisado a H₂S livre (de OLIVEIRA, 2007).

O tratamento da DAM com a utilização de BRS pode ser considerado como uma solução alternativa devido ao seu baixo custo. As principais vantagens são o reduzido consumo energético e também pouca produção de lodo. A comprovada presença no lodo anaeróbio de BRS representa uma possível tecnologia alternativa no tratamento de efluentes contaminados com metais (LIMA, 1996; Gaidzinski, 2009).

2. Objetivos

Este trabalho visa tratar efluentes de mineração sintéticos com a utilização de bactérias redutoras de sulfato (BRS). O estudo desse tratamento encontra-se inserido no âmbito dos trabalhos de controle e abatimento da drenagem ácida de mina na região carbonífera do Estado de Santa Catarina presentemente em realização no Centro de Tecnologia Mineral. Desta forma, foram utilizadas soluções aquosas sintéticas com composições similares aos efluentes provenientes de minerações daquela região.

3. Materiais e Métodos

A unidade experimental consiste em quatro componentes principais: tanque de alimentação, bomba rotativa dosadora, reator anaeróbio de fluxo ascendente e leito de lodo (UASB) e um sistema de coleta de biogás (gasômetro). O reator foi inoculado (parte inferior do biorreator UASB) com 5 litros de lodo anaeróbio procedente do Centro Experimental de Tratamento de Esgotos da UFRJ (CETE/UFRJ).

A etapa inicial contou com apenas um reator para a fase de bioativação, como descrito por Gaidzinski (2009). Posteriormente, foi introduzido um segundo reator que não sofreu bioativação o que sugere a possibilidade de se alcançar eficiências de remoção superiores em decorrência de um maior tempo de adaptação do inóculo. Os parâmetros físico – químicos e químicos analisados foram: pH, Eh, DQO total, sulfato em solução, acidez volátil e alcalinidade total. O parâmetro operacional avaliado foi a vazão. As análises foram realizadas de acordo com a metodologia do Standard Methods and Examination of Water and Wastewater (1989).

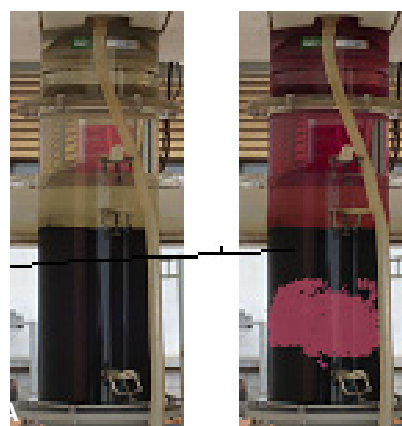
4. Resultados e Discussão

A etapa anterior, de bioativação, descrita nos trabalhos de Gaidzinski (2009) e Pinheiro (2008) consistiu em estimular o crescimento do consórcio de BRS presente no lodo anaeróbio e elevar sua densidade num curto período de tempo. Além disso, a bioativação visou a aclimação do inóculo à concentração de sulfato e à fonte de carbono/energia empregada. Durante a bioativação, a alimentação do reator consistiu de efluente sintético contendo sulfato, onde sua concentração foi aumentada gradualmente de 400 a 1200mg/L - que é a concentração média dos efluentes da região - (na forma de sulfato de sódio), uma fonte de carbono/energia

(lactato e dejetos suínos). Houve uma diminuição progressiva na eficiência de redução de sulfato devido à substituição gradativa do lactato por dejetos suínos, e ao aumento progressivo da concentração de sulfato na solução de alimentação. e macronutrientes necessários ao desenvolvimento do e ácido inóculo (uréia ortofosfórico, fontes de nitrogênio e fósforo, respectivamente). A etapa de aclimação das BRS foi dividida em três fases: A, B, C.



Figura 1. Modelo do sistema de reatores utilizados



Figuras 1A e 1B. Reator UASB inoculado com lodo anaeróbico

A figura 1 mostra o modelo de reatores utilizados nos experimentos e no detalhe na Figura 1A podemos observar o aspecto inicial do reator e a Figura 1B mostra a aparência do reator após as duas primeiras semanas de operação. A coloração rosada verificada na Figura 1B revela o surgimento de bactérias púrpuro-sulfurosas no lodo anaeróbico. Estas bactérias vivem em simbiose com as BRS, oxidando o H_2S produzido a enxofre elementar (S_0), fato que é confirmado também pela constatação de um material esbranquiçado na superfície do líquido de saída do reator, e que se acumulou na mangueira de saída do efluente.

A Tabela 1 apresenta os valores médios de redução de DQO e sulfato durante a fase C (fase final) da bioativação e nos reatores 1 e 2 (após a etapa de bioativação).

Ao final da etapa de bioativação, eram esperados valores de redução dos teores de sulfato ainda superiores ao da fase C, devido principalmente ao maior tempo de adaptação do inóculo. Mas ao contrário, os resultados apresentados na Tabela 1 revelaram valores de redução média de sulfato na etapa final de bioativação (22%) superiores aos valores médios observados para os reatores 1 (8,3%) e 2 (5,2%). Apesar dos resultados ainda não demonstrarem uma eficiência de redução de sulfato satisfatória, os valores máximos de redução de sulfato obtidos ao final deste período (26,5% para o reator 1 e 17,6% para o reator 2) sugerem a possibilidade de se alcançar eficiências de redução superiores em decorrência de um maior tempo de adaptação do inóculo nos dois reatores.

Tabela 1. Valores médios de redução de DQO e sulfato durante a fase C da bioativação e nos reatores 1 e 2 após a etapa de bioativação.

Redução média	Bioativação	Após a bioativação		
	Fase C	Reator 1	Reator 2	Redução média total (R1 + R2)
DQO (mg/L)	594,0	238,0	205,0	443,0
DQO (%)	44,0	24,4	30,6	55,0
Sulfato (mg/L)	345,0	110,0	50,0	160,0
Sulfato (%)	22,0	8,3	5,2	13,5

Comparando-se as eficiências de redução das BRS nos reatores 1 e 2, menores eficiências eram esperadas para o reator 2, devido provavelmente a dois fatores: a não realização da etapa de bioativação e o menor tempo de adaptação das BRS neste reator.

Os valores médios para a relação DQO/SO₄²⁻ medidos nos reatores 1 e 2 foram 0,67 e 0,50, respectivamente. O menor valor para a relação DQO/SO₄²⁻ no reator 2 está relacionada ao menor tempo de adaptação do inóculo no mesmo. De acordo com Anderson et al. (1988), para cada mol de SO₄²⁻ reduzido (96g/mol), oxida-se 64g de matéria orgânica (expressa em termos de DQO), revelando uma relação DQO/ SO₄²⁻ teórica de 0,67 (64/96) para uma completa redução de sulfato. Valores acima de 0,67 indicam uma quantidade de sulfato insuficiente para oxidar toda orgânica suficiente para reduzir o sulfato presente. No caso de valores acima de 0,67 a oxidação total da matéria orgânica pode ser realizada por bactérias metanogênicas com a produção a matéria orgânica, enquanto valores abaixo deste indicam uma quantidade de matéria de metano.

A afluente e do efluente dos reatores 1 e 2. Observa-se que a AV no efluente nos dois reatores é menor do que a AV do afluente. Para a ALT o oposto foi observado nos resultados dos dois reatores. Os valores de AV/ALT indicam que o sistema se encontra tamponado, como o observado na fase de bioativação. Além disso, os resultados revelaram que o pH do efluente (7,9) manteve-se, em média, similar ao pH do afluente (8,1) durante todo o período de operação dos dois reatores. Tabela 2 apresenta os resultados de acidez volátil e alcalinidade total das amostras do afluente e do efluente dos reatores 1 e 2.

Tabela 2. Valores médios de Acidez Volátil (AV), Alcalinidade Total (ALT) e relação AV/ALT no afluente e efluente dos reatores 1 e 2.

AV			ALT			AV/ALT		
Afluente	Efluente R1	Efluente R2	Afluente	Efluente R1	Efluente R2	Afluente	Efluente R1	Efluente R2
62,5	59,5	60,5	403,7	455,6	474,3	0,15	0,13	0,12

5. Conclusões

Valores médios de redução dos teores de sulfato superiores ao da fase C eram esperados devido principalmente a dois fatores: a introdução de um segundo reator ao processo (ligado em série ao primeiro reator) e o maior tempo de adaptação do inóculo. Mas, ao contrário, os resultados revelaram valores de redução média de sulfato inferiores aos valores obtidos na etapa final da bioativação. Cabe ressaltar que os dois reatores funcionaram em condições de alimentação idênticas a da fase C da bioativação. Apesar dos resultados ainda não demonstrarem uma eficiência de redução de sulfato satisfatória, os valores máximos de redução de sulfato obtidos ao final deste período (26,5% para o reator 1 e 17,6% para o reator 2 sugerem a possibilidade de se alcançar eficiências de redução superiores em decorrência de um maior tempo de adaptação do inóculo nos dois reatores.

6. Agradecimentos

Agradeço ao CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação e científica. Ao Vicente Paulo de Souza, por toda a ajuda, a Cláudia Affonso Barros, por toda solicitude e amizade e a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

7. Referências Bibliográficas

- Almeida, S. K. **Detecção de bactérias Redutoras de Sulfato em efluente e sedimento de mina de Urânio**. Centro de desenvolvimento da tecnologia nuclear, belo Horizonte, 2005.
- Anderson, G.K., Sanderson, J.A., Saw, C.B. Fate of COD in an anaerobic system treating high sulphate bearing wastewater. In: Biotechnology for degradation of toxic chemicals in hazardous wastes. Noyes Data Corporation, New Jersey, p.504-531, 1988.
- Chernicharo, C.A.L **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Reatores anaeróbios**. Segrac, Belo Horizonte, 5. ed. 245p., 1997.

Gaidzinski, R.; Mello, M. C. .; Souza, V. P.; Soares, P. S. M. Utilização de bactérias redutoras de sulfato para o tratamento biológico de efluentes contaminados pela drenagem ácida de mina. **XXIII ENTMME**, Gramado, RS; setembro/ outubro 2009.

Gonçalves, M.M.M. **Remoção de metais pesados de efluentes em biorreator anaeróbio empregando fontes de carbono alternativas**. Tese de Doutorado. Programa de Engenharia Química COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 163p., 2001.

Lima, A. C. F. **Produção de sulfeto em reator do tipo UASB e sua potencial aplicação na remoção de metais pesados de efluentes**. Rio de Janeiro, Escola de Química/UFRJ 108p. Tese, 1996.

Oliveira, F. R. Uso de Bactérias Redutoras de Sulfato no tratamento de efluentes contendo sulfato e metais. In: XV JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. CETEM/MCT, 2007.

Omil, F., Lens, P., Visser, A., Hulshoff Pol, L., Lettinga, G. Long-term competition between sulfate reducing and methanogenic bacteria in UASB reactors treating volatile fatty acids. **Biotechnology and Bioengineering**, 57, p.676-685, 1998.

Pinheiro, A. C.; Gaidzinski, R.; Souza, V. P. Utilização de Bactérias Redutoras de Sulfato para o tratamento biológico de efluentes provenientes da indústria da mineração de carvão. In: XVI JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. CETEM/MCT, 2008.