

REMOÇÃO DE SULFATO PRESENTE EM DRENAGEM ÁCIDA DE MINA: EFEITO DA FONTE DE CARBONO, CONCENTRAÇÃO DE SULFATO, FERRO E RAZÃO DQO/SO₄⁻ NO DESEMPENHO DE BIORREATORES EM BATELADA

Gabriel de Freitas Costa¹
Juliana Kawanishi Braga²
Giselle Patricia Sancinetti³

Reaproveitamento, Reutilização e Tratamento de Resíduos

Resumo

A alta acidez observada na drenagem ácida de mina (DAM) pode promover a dissolução de metais resultando em consequências negativas para o meio ambiente e para a saúde pública. Tratamentos biotecnológicos apresentam a possibilidade de recuperação dos metais presentes nesse resíduo e menores custos de disposição do lodo gerado. A redução biológica do sulfato é um destaque entre as alternativas, por combinar a remoção de acidez, sulfato e metais. Essa redução é realizada através das bactérias redutoras de sulfato (BRS). A DAM é deficiente em fontes de carbono e por isso é necessária uma adição externa para que o sulfato seja reduzido de maneira satisfatória. No presente estudo, buscou-se otimizar a eficiência de reatores anaeróbios em batelada, com volume útil de 450mL, na remoção de sulfato presente em DAM sintética, variando fontes de carbono, em que foram utilizados esgoto doméstico sintético, soro de leite e borra de café, concentração inicial de sulfato, variando entre 1500mg/L a 2500mg/L, de ferro, variando entre 100mg/L a 400mg/L e razões de DQO/SO₄⁻ variando entre 0,67 e 2. Por último, um reator em batelada com volume útil de 2,5L, contendo a melhor condição obtida nas fases anteriores, foi utilizado para análise do aumento de escala. A condição que apresentava soro de leite, 1500mg/L de sulfato, 100mg/L de ferro e DQO/SO₄⁻ igual a 1 foi a que obteve as melhores remoções de sulfato e DQO, porém, no reator em maior escala, a falta de agitação prejudicou o desempenho e as taxas de remoções foram menores.

Palavras-chave: Tratamento de Resíduos; DAM; Bactérias redutoras de sulfato; Soro de leite; Batelada.

¹Aluno do Curso de Mestrado em Ciência e Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, Campus Poços de Caldas, Instituto de Ciência e Tecnologia, gabrielfreitasmb@gmail.com

²Prof. Dr. da Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, campus Poços de Caldas, Instituto de Ciência e Tecnologia, jukawanishi@gmail.com

³Prof. Dr. da Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, campus Poços de Caldas, Instituto de Ciência e Tecnologia, gisellesancinetti@gmail.com



INTRODUÇÃO

A drenagem ácida de mina (DAM) é produzida quando um material contendo sulfeto é exposto ao oxigênio e a água. A alta acidez apresentada pela DAM pode promover a dissolução de metais como ferro, zinco, cobre, cádmio, níquel e chumbo, por exemplo, resultando em impactos negativos para a fauna e flora (ROBINSON-LORA; BRENNAN, 2009; AKCIL; KOLDAS, 2006).

As bactérias redutoras de sulfato (BRS) são os microrganismos responsáveis pela redução do sulfato. Elas usam o sulfato como aceptor final de elétrons para a degradação de compostos orgânicos (como a drenagem ácida de mina), resultando na produção de sulfeto que atua como agente precipitador de metais. Para isso, é necessária uma adição dessa fonte para que o sulfato seja reduzido de maneira satisfatória, alcançando alta performance, boa eficiência e viabilidade econômica para o tratamento. (MUYZER; STAMS, 2008).

Objetiva-se com esse trabalho avaliar a eficiência de remoção de sulfato e matéria orgânica presente na drenagem ácida de mina (DAM) sintética empregando diferentes fontes de carbono; avaliar a influência da carga orgânica na eficiência dos reatores; avaliar a eficiência de remoção de sulfato e matéria orgânica em diferentes concentrações iniciais de sulfato e ferro presentes na DAM e avaliar a eficiência de remoção de sulfato e matéria orgânica empregando um reator na melhor condição obtida anteriormente, em escala maior.

METODOLOGIA

Toda a pesquisa foi realizada nos Laboratórios de Biotecnologia Anaeróbia e de Microbiologia Ambiental da Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL -MG, campus Poços de Caldas. Foram montados 9 reatores com volume de 500mL cada e 10% v/v de lodo e o projeto teve 6 fases de operação, todas com duração em torno de 15 dias.

Na fase 1 foram adicionados em todos os reatores lodo e drenagem ácida de mina sintética (1500 mg/L de sulfato). Na fase 2, foram testadas diferentes fontes de carbono (soro de leite, esgoto doméstico sintético e borra de café), todos com DQO igual a

1500mg/L. A fase 3 consistiu em variar a concentração de sulfato (1500 mg/L, 2000 mg/L e 2500 mg/L) e de carga orgânica no meio (mantendo a mesma razão de DQO/SO₄⁻). Na fase 4, foram testadas diferentes concentrações de ferro no meio (100mg/L; 200mg/L e 400mg/L). Na fase 5, foram testadas diferentes concentrações de fontes de carbono, resultando em uma razão DQO/SO₄⁻ diferente para cada um (1,0; 0,67 e 2,0) e após a fase 5, foi analisada a capacidade de remoção de matéria orgânica e sulfato em um reator em escala maior, com volume útil de 2,5L.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os resultados referentes as fases de operação dos reatores estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados de pH, eficiência de remoção de sulfato, eficiência de remoção de DQO e concentração final de ferro para todos os ensaios

Fases	pH afluente	pH efluente	% remoção de sulfato	% remoção DQO	Concentração Fe ²⁺ Final (mg/L)
F1	4,05±0,00	6,35±0,40	20,56±7,42	74,45±7,86	1,49±0,32
F2 Soro	3,99±0,26	6,71±0,34	81,03±0,53	95,57±1,82	0,38±0,16
F2 Esgoto	3,91±0,22	6,93±0,22	76,56±1,07	92,67±2,54	0,40±0,08
F2 Café	3,89±0,01	6,72±0,04	52,92±3,28	82,62±3,33	1,96±0,64
F3 S1500	3,97±0,00	6,87±0,05	78,26±1,38	92,15±2,55	0,38±0,16
F3 S2000	4,08±0,00	6,78±0,31	45,81±1,04	79,35±7,73	1,60±0,57
F3 S2500	3,95±0,00	6,83±0,12	58,54±0,56	86,87±1,08	3,01±0,01
F4 Fe100	4,03±0,13	6,75±0,18	79,61±2,12	94,01±3,92	-
F4 Fe200	3,95±0,00	6,17±0,26	50,99±3,47	94,08±2,03	0,89±0,08
F4 Fe400	4,00±0,00	6,06±0,03	39,72±5,10	95,80±0,25	90,07±0,49
F5 R0,67	3,93±0,06	6,22±0,41	55,05±4,03	58,42±1,10	0,36±0,29
F5 R1,0	4,00±0,05	6,56±0,07	68,68±7,18	77,35±6,75	-
F5 R2,0	3,97±0,03	5,52±0,26	49,95±3,76	50,88±3,45	3,16±0,08
Reator Maior	4,00±0,00	6,03±0,00	42,27±4,69	76,53±3,25	0,40±0,19



Como a fase F1 foi a primeira fase realizada após a adaptação do lodo com Esgoto Doméstico Sintético, possivelmente as BRS não estavam com a atividade metabólica totalmente ativa, causando uma baixa remoção de DQO e sulfato do meio. Em relação às fases F5R0,67 e F5R2,0, pode-se explicar a baixa remoção de DQO pelo fato de que o lodo utilizado já estava com mais de 8 meses de atividade, recebendo diferentes configurações de resíduos, com diferentes concentrações de DQO, sulfato e metais, podendo ter sofrido, portanto, um estresse que causou a queda na atividade metabólica das BRS.

Com relação à remoção de sulfato, a diferença na carga orgânica disponível estudada na fase 3, deixou claro que o aumento da carga de DQO e sulfato promoveu uma mudança na rota metabólica de oxidação da matéria orgânica. Na fase 4, podemos constatar que maiores concentrações de ferro resultaram em menores valores de eficiência de remoção de sulfato. Tang et al. (2009) explica que íons de ferro podem atuar como receptores de elétrons para algumas espécies de BRS, fazendo com que uma menor quantidade dele seja reduzido a sulfeto. Na fase 5, observou-se que a razão DQO/SO₄⁻ igual a 1 promoveu melhores resultados. A baixa remoção de sulfato na razão DQO/SO₄⁻ igual a 1 pode estar relacionada com o metabolismo incompleto do substrato empregado como fonte de carbono. Madigan et al. (2004) descreveram um grupo de BRS que foram incapazes de oxidar completamente alguns substratos. Dessa forma, apenas parte do substrato disponível é utilizada como receptor de elétrons.

Em relação ao Reator Maior Escala, pode-se destacar a falta de agitação aliada ao aumento de escala como causa da baixa remoção de DQO e sulfato do meio. Como o reator possuía um volume útil 5 vezes maior do que os reatores testados nas fases anteriores, isso pode ter causado uma falta de contato entre o lodo contendo as BRS e todo o meio líquido contendo DAM + fonte de carbono. Com isso, sem a agitação, o lodo não conseguiu entrar em contato com todo o meio a ser tratado, gerando uma menor taxa de remoção quando comparado às outras fases.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observando o desempenho dos reatores estudados, concluiu-se que efluentes com alta concentração de sulfato podem não ter boas taxas de remoção, uma vez que as BRS podem ser sensíveis a esses níveis mais altos de sulfato. Ficou constatado que quando presente em maiores concentrações, o ferro pode dividir o papel de receptor de elétrons com o sulfato, diminuindo assim a redução de sulfato para sulfeto. Além disso, notou-se que em reatores com escala maior, faz-se a necessidade de adicionar um sistema de agitação para que propicie maior contato entre o lodo contendo as BRS e o meio líquido.

REFERÊNCIAS

AKCIL, A.; KOLDAS, S. **Acid Mine Drainage (AMD): causes, treatment and case studies.** Journal of Cleaner Production, v. 14, n. 12–13 SPEC. ISS., p. 1139–1145, 2006.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the examination for water and wastewater.** 22th ed. New York. 2012.

MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J.M.; PARKER, J. **Microbiologia de Brock.** 10.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004, p. 608.

MUYZER, G.; STAMS, A. J. M. **The ecology and biotechnology of sulphate-reducing bacteria.** Nature Reviews - Microbiology, v. 6, n. 6, p. 441–454, 2008.

ROBINSON-LORA, M. A.; BRENNAN, R. A. **Efficient metal removal and neutralization of acid mine drainage by crab-shell chitin under batch and continuous-flow conditions.** Bioresource Technology, v. 100, n. 21, p. 5063–5071, 2009.

TANG K.; BASKARAN, V.; NEMAT, M. (2009) **Bacteria of the sulfur cycle: An overview of microbiology, biokinetics and their role in petroleum and mining industries.** Biochemical Engineering Journal, v. 44, p. 73-94.