

ESTUDO DA BIOSSORÇÃO COMO TÉCNICA SUSTENTÁVEL NA REMOÇÃO DE ÍONS DE NÍQUEL PRESENTES EM EFLUENTES*

Elena Kalinin Toss¹
Marcela dos Passos Galluzzi Baltazar²
Denise Croce Romano Espinosa³
Jorge Alberto Soares Tenório⁴

Resumo

Tecnologias buscam reduzir os danos ambientais de rejeitos industriais que apresentam metais em suas soluções ou processos de mineração. A Biossorção é uma técnica sustentável que pode ser aplicada na mineração e metalurgia. O presente estudo teve o objetivo de avaliar a remoção de íons de níquel por meio de 0,5 g.L⁻¹ e 1 g.L⁻¹ de consórcio bacteriano autoclavado em solução monoelementar de cloreto de níquel em pH 2, pH 4 e pH 6. Para isso, foi utilizada a técnica em batelada. Concluiu-se que com 0,5 g.L⁻¹ de biossorvente, a captação metálica utilizando pH 6 foi de 8 mg.g⁻¹, com pH 4 de 5 mg.L⁻¹ e pH 2 de 3 mg.L⁻¹, enquanto a utilização de concentração de 1 g.L⁻¹ de consórcio utilizando pH 6 foi de 3 mg.g⁻¹, com pH 4 de 2 mg.L⁻¹ e pH 2 de 1 mg.L⁻¹. Assim, maiores valores de pH e menores concentrações de biossorvente apresentaram as maiores captações metálicas.

Palavras-chave: Biossorção; Consórcio Bacteriano; Níquel; Técnica Sustentável; Rejeitos Industriais.

BIOSORPTION STUDY AS A SUSTAINABLE TECHNIQUE FOR THE REMOVAL OF NICKEL IONS PRESENT IN EFFLUENTS

Abstract

Technologies seek to reduce the environmental damage of industrial waste that presents metals in their solutions or mining processes. Biosorption is a sustainable technique that can be applied in mining and metallurgy. The present study had the objective of evaluating the removal of nickel ions by means of 0.5 g.L⁻¹ and 1 g.L⁻¹ of autoclaved bacterial consortium in mono-element solution of nickel chloride at pH 2, pH 4 and pH 6. For this, the batch technique. It was concluded that with 0.5 g.L⁻¹ of biosorbent, the metal uptake using pH 6 was 8 mg.g⁻¹, with pH 4 of 5 mg.L⁻¹ and pH 2 of 3 mg.L⁻¹, while the concentration of 1 g.L⁻¹ consortium using pH 6 was 3 mg.g⁻¹, with pH 4 of 2 mg.L⁻¹ and pH 2 of 1 mg.L⁻¹. Thus, higher pH values and lower concentrations of biosorbents showed the highest metallic uptake.

Keywords: Biosorption; Bacterial Consortium; Nickel; Sustainable Technology; Industrial Rejects.

¹ Engenheira Química, Mestrado pelo Departamento de Engenharia Química, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

² Química, Doutora pelo Departamento de Engenharia Química, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

³ Engenheira Metalurgista, Doutora em Engenharia Metalúrgica, Professora Associada, Departamento de Engenharia Química, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

⁴ *Engenheiro Metalurgista, Doutor em Engenharia Metalúrgica, Professor Titular, Departamento de Engenharia Química, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

A extração de metais pode ocorrer por rotas pirometalúrgicas ou hidrometalúrgicas(1), no entanto, esses processos apresentam a possibilidade de contaminação de ambientes aquáticos ou terrestres. Essa contaminação pode ocorrer com o descarte de efluentes industriais contendo compostos metálicos (2), a mineração (3) e a lixiviação de minerais sulfetados (4). Desta maneira, problemas à saúde de pessoas podem ocorrer, uma vez que a contaminação de metais em efluentes apresenta caráter acumulativo na biota (4,5).

O níquel pode causar danos à saúde (6,7), e com isso, a concentração dos parâmetros inorgânicos presentes em efluente de águas doces de classe 1 devem apresentar valor máximo para para o níquel sendo de 0,025 mg/L (8), de acordo com a Resolução CONAMA nº 357, águas doces.

O objetivo do presente estudo, avaliou a remoção de íons de níquel por meio de uma técnica sustentável aplicada na indústria mineradora, denominada de biossorção.

1.1. Níquel

1.1.1. Produção e Uso

A produção e uso do níquel, envolve etapas desde a exploração de minérios até o tratamento final do metal. Ao ser explorado, o níquel, pode conter cobre ou cobalto (9).

A rota pirometalúrgica abrange a moagem do minério, flotação para produção de concentrado, e produção de blister, enquanto a rota hidrometalúrgica, engloba a lixiviação, sendo respectivamente, a lixiviação pressurizada realizada por meio de autoclaves, enquanto a lixiviação *in situ*, a moagem do minério e a acomodação deste em pilhas com a inserção de ácido sulfúrico, para posteriormente a realização da extração por solvente e eletrodeposição (1).

Os maiores produtores globais de níquel no ano de 2017 foram Indonésia, Filipinas e Canadá (10).

1.1.2. Tecnologias na remoção de metais de efluentes

As tecnologias na remoção de metais de efluentes envolvem processos como troca iônica, adsorção, extração por solvente, processos eletroquímicos, e avaliam o custo-benefício e a simplicidade no tratamento. A biotecnologia é uma das tecnologias com processos mais sustentáveis, minimizando a geração de resíduos. A biossorção, que utiliza células independentes do metabolismo celular de micro-organismos, por exemplo, é uma das técnicas presentes na área da biotecnologia que pode ser aplicada em processos de mineração.

1.1.3. Biossorção como técnica sustentável no tratamento de efluentes de mineração

A biossorção como técnica sustentável no tratamento de efluentes de mineração não necessita utilizar de meios de crescimento e ocorre a possibilidade de reutilização do material biossorvente(11). Nesse processo, biomassas residuais podem ser utilizadas, como por exemplo, micro-organismos encontrados na natureza (5), envolvendo o uso de lodos ativados de mineradoras. Assim, a minimização de custos de tratamento ou transporte pode ocorrer, uma vez que o

resíduo não apresenta uma finalidade aparente e está sendo aproveitado em um processo sustentável.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do presente estudo constou da etapa da coleta de solo, contendo os micro-organismos nativos. A região escolhida para a coleta foi a cidade de Cubatão, sendo que esta apresentava histórico de poluição, pois já foi denominada de “Vale da morte”, devido a qualidade do ar que apresentou(12).

A próxima etapa constou da preparação da soluções sintética monoelementar de cloreto de níquel II (NiCl_2), contendo 10 g.L^{-1} de metal. Para isso, foi preparada em água deionizada e filtrada. O crescimento de micro-organismos ocorreu com a utilização do meio de cultura *Luria-bertani*, também conhecido por meio LB (13). Assim, 100 mg.L^{-1} de níquel e 1 g de solo, foram inseridas em 100 mL do meio de cultura, e submetidos à 28°C e 180rpm. Ocorreu a lavagem do consórcio com $0,9 \text{ g.L}^{-1}\text{NaCl}$, e para a realização da liofilização, ocorreu o congelamento da biomassa em ultra refrigerador à -80°C , e em seguida aliofilização por um período de 120 h. O processo seguinte foi o maceramento do consórcio. Após a realização do maceramento, ocorreu a autoclavagem durante 20 min à 1 atm e temperatura de 121°C .

Os ensaios de bioissorção foram realizados em sistema de batelada, por meio do uso de erlenmeyers contendo 50 mL de água deionizada, e concentração inicial de níquel de 100 mg.L^{-1} em incubadora sob 28°C e 150 rpm, durante 2 h. Coletas foram realizadas ao longo do ensaio, e o ajuste do pH, utilizou soluções de hidróxido de sódio 1M e ácido clorídrico 1M. Após as coletas, ocorreu a centrifugação das amostras à 10.000 rpm por 10min, e a filtração de sobrenadantes.

O processo de bioissorção avaliou a aplicabilidade do consórcio microbiano como bioissorvente na remoção de íons de níquel por meio do uso de $0,5 \text{ g.L}^{-1}$ e de 1 g.L^{-1} de consórcio autoclavado obtido do solo e a utilização de soluções com valores de pH 2, pH 4 e pH 6.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão foram baseados na capacidade de captação metálica do consórcio bacteriano. Para isso, esse parâmetro foi calculado conforme a equação [1]:

$$q_e = \frac{C_i - C_e}{m} \times V \quad [1]$$

Em que:

q_e é a capacidade de captura de metal (mg de metal/g de bioissorvente);

C_i é a concentração inicial de metal (mg.L^{-1});

C_e é a concentração de metal no sistema de equilíbrio (mg.L^{-1});

M é a massa (g) do bioissorvente pesado na balança;

V é o volume da solução utilizada no erlenmeyer (litros).

Conforme a equação [1], ao se utilizar $0,5 \text{ g.L}^{-1}$ de consórcio isolado do solo e autoclavado, em uma solução de pH 2, foi obtida uma captação metálica de 3 mg.g^{-1} , com pH 4 uma captação metálica de 5 mg.L^{-1} e com pH 6 foi obtida a maior captação metálica, sendo de 8 mg.L^{-1} . Ao se utilizar 1 g.L^{-1} de consórcio autoclavado e pH 2 foi obtida a captação de 1 mg.L^{-1} , com pH 4 a captação de 2 mg.L^{-1} e com pH

6 captação de 3 mg.L^{-1} . O efeito do pH na captação de Ni^{2+} para as concentrações de biossorventes utilizadas pode ser observado conforme a Figura 1.

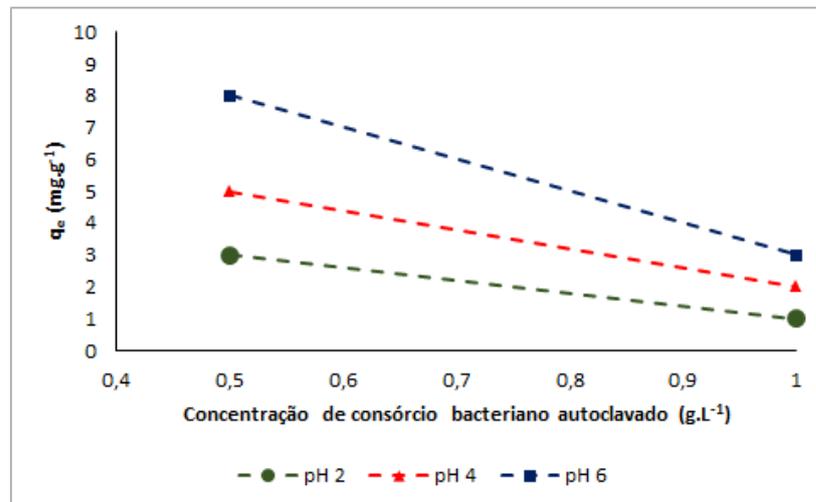


Figura 1 - Efeito do pH na captação de Ni^{2+} para diferentes concentrações de biossorventes

De acordo com a Figura 1, foi observado que maiores valores de pH e menores concentrações de biossorventes apresentam maiores captações de íons de níquel. A remoção de íons de níquel por meio de consórcios também já foi alvo de alguns estudos (16,17).

Foi observado que a influência do preparo da biomassa é um dos fatores que influenciam na captação metálica, uma vez que a ativação de grupos funcionais presentes na superfície do biossorvente apresenta maiores resultados de captação de metais. Essa ativação pode ocorrer com tratamentos térmicos ou químicos.

Ou seja, menores valores de pH, geralmente inferiores ao pH 4, podem apresentar caráter dessortivo(18) pois ocorre a maior competição de hidrogênios na solução por grupos funcionais presentes nas bactérias. Dessa maneira, é possível compreender uma possível causa para o pH 6 ter apresentado a maior captação metálica. Além disso, uma das explicações para que menores concentrações de biossorventes resultem em maiores captações metálicas pode estar relacionada ao fato da possibilidade de ocorrência de instauração de superfícies (19) quando se utilizam maiores concentrações de biossorventes, corroborando com o presente estudo, que apresentou maior captação metálica com a concentração de $0,5 \text{ g.L}^{-1}$ de biossorvente quando comparada a concentração de 1 g.L^{-1} de biossorvente.

3 CONCLUSÃO

Concluiu-se que parâmetros como maiores valores de pH e menores concentrações de biossorvente apresentaram as maiores captações de íons de níquel em uma solução sintética monoelementar.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro do CAPES PROEX nos processos 3300201 e AO Projeto Temático da FAPESP processo 2012/51871-9

REFERÊNCIAS

- Norgate T, Jahanshahi S. Low grade ores - Smelt, leach or concentrate? Miner Eng. 2010;23(2):65–73.
2. Silva KMDS, Rezende LCSH, Silva CA, Bergamasco R, Gonçalves DS. Caracterização físico-química da fibra de coco verde para a adsorção de metais pesados em efluente de indústria de tintas. Engevista. 2013;15(1):43–50.
 3. Campaner VP, Luiz-Silva W. Processos físico-químicos em drenagem ácida de mina em mineração de carvão no sul do Brasil. Quim Nova. 2009;32(1):146–52.
 4. Luz AB da, Sampaio JA, França SCA. Tratamento de minérios. CETEM/MCT. 2010. 965 p.
 5. Ahluwalia SS, Goyal D. Microbial and plant derived biomass for removal of heavy metals from wastewater. Bioresour Technol. 2007;98(12):2243–57.
 6. Pahlavanzadeh H, Keshtkar AR, Safdari J, Abadi Z. Biosorption of nickel(II) from aqueous solution by brown algae: Equilibrium, dynamic and thermodynamic studies. J Hazard Mater. 2010;175(1–3):304–10.
 7. Raval NP, Shah PU, Shah NK. Adsorptive removal of nickel(II) ions from aqueous environment: A review. J Environ Manage [Internet]. Elsevier Ltd; 2016;179:1–20. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.04.045>
 8. Conama. Resolução n 357, 18 de março de 2005. Diário Of. 2005;(53):58–63.
 9. Elshkaki A, Reck BK, Graedel TE. Anthropogenic nickel supply, demand, and associated energy and water use. Resour Conserv Recycl [Internet]. 2017;125(July):300–7. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344917301817>
 10. U.S. Geological Survey. Mineral Commodity Summaries 2017. Vol. 1, U.S. Geological Survey. 2017. 202 p.
 11. Hawari AH, Mulligan CN. Biosorption of lead(II), cadmium(II), copper(II) and nickel(II) by anaerobic granular biomass. Bioresour Technol. 2006;97(4):692–700.