



USO DE POLÍMERO SUPERABSORVENTE PARA REMEDIAÇÃO DE SOLO CONTAMINADO COM METAIS PESADOS ORIUNDOS DA FILTRAÇÃO DE REJEITOS DE MINERAÇÃO

Belén A. F. Aguayo¹, Jorge A. C. Rodriguez¹, Victor M. T. Juarez¹, Patricio H. M. Albornoz¹ e Maira de L. Rezende^{2*}

1 - Universidad Tecnológica de Chile – INACAP – Iquique, Chile

2 - Faculdade de Tecnologia de Sorocaba - FATEC – Sorocaba, SP, Brasil

maira.rezende@fatec.sp.gov.br*

RESUMO

A drenagem ácida produzida pelos rejeitos de mineração afeta as comunidades localizadas no entorno das indústrias de mineração, constituindo um dos problemas ambientais mais críticos. Atualmente no Chile existem 740 rejeitos de diferentes origens, onde tecnologias dos tratamentos são escassas ou pouco viáveis devido aos seus custos. O principal objetivo deste trabalho consiste em simular um sistema cuja finalidade é evitar a drenagem ácida de metais pesados contidos nos rejeitos oriundos dos processos extrativos de mineração, permitindo a modificação do projeto de construção de um depósito de rejeitos, a fim de evitar a interação entre a fonte (rejeitos) e o recurso hídrico (lençol freático) através do confinamento de metais a uma matriz de polímero superabsorvente, o poliacrilato de sódio (PAS), oriundo de fraldas descartáveis. Este foi utilizado de duas maneiras distintas: saturado com água deionizada e tal como extraído de fraldas descartáveis comerciais. A metodologia experimental utilizada consiste em simular um sistema de drenagem ácida através de um método chamado "lixiviação colunar", no qual um rejeito contendo concentração conhecida de metais pesados (no caso o As) foi exposto à precipitação de água deionizada, a qual permeia as colunas passando por camadas de rejeitos intercaladas por PAS. O líquido resultante do processo de lixiviação foi analisado por meio de espectroscopia de ultravioleta na região do visível (UV-Vis) a fim de determinar a concentração do metal pesado As. Os resultados obtidos permitiram verificar que o PAS apresenta a capacidade de reduzir parcialmente a quantidade de metal pesado contido nos rejeitos. Foi possível observar uma redução significativa na concentração de As em todos os estudos e verificou-se que, dependendo da disposição do polímero na coluna e de seu grau de saturação, os resultados sofrem variações. Concluiu-se que o polímero saturado apresentou maior eficiência quando comparado ao polímero utilizado como recebido. Isso se deve ao fato de que em um meio aquoso, os íons sódio presentes no PAS são deslocados por moléculas de água que se ligam ao mesmo por meio de ligações de hidrogênio, formando um hidrogel. Esses íons levam ao alongamento e inchamento das cadeias, bem como ao aumento da área superficial, o que supostamente lhe confere a capacidade de absorver uma maior quantidade de metais pesados.

Palavras-chave: poliacrilato de sódio (PAS); polímeros superabsorventes; metais pesados; mineração

INTRODUÇÃO

O progresso econômico e social do Chile está diretamente ligado à indústria de mineração, que é uma das principais fontes de produção da república. Segundo dados do Conselho de Mineração (2018), a mineração contribuiu com 10,1% para o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) nacional. Portanto, não se pode ignorar o fato de que esta atividade está diretamente ligada à geração de resíduos, dentre os quais se destacam os depósitos de rejeitos ^(1, 2).

De acordo com o último cadastro realizado pelo Serviço Nacional de Geologia e Mineração do Chile (Sernageomin) ⁽³⁾, publicado em abril de 2018, há um total de 740 depósitos de rejeitos dispersos no Chile, incluindo barragens, reservatórios, filtrados etc, os quais estão distribuídos em 10 das 16 regiões do país. Esses números colocam o país como o terceiro país com mais depósitos de rejeitos no mundo, depois da China e dos Estados Unidos.

O problema dos rejeitos afeta diretamente a população localizada em um raio próximo a eles, fazendo com que os depósitos de rejeitos enfrentem frequentemente controvérsias sociais devido à preocupação com a proximidade com os recursos naturais adjacentes à centros povoados, os potenciais impactos na água circundante, a utilização de territórios com significado patrimonial e cultural ou as emissões de material particulado e, principalmente de metais pesados ⁽⁴⁾.

Tendo em vista o histórico mencionado e a situação gerada pelos depósitos de rejeitos, este trabalho tem por objetivo verificar a viabilidade de utilização de um polímero superabsorvente de baixo custo para adsorção de metais pesados como o As.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foi desenvolvida uma metodologia para avaliar a viabilidade do uso de um polímero superabsorvente, o poliacrilato de sódio (PAS), na filtração de resíduos oriundos de mineração. Para isso utilizou-se o método de lixiviação colunar.

Os materiais utilizados foram utilizados 6 kg de amostra de rejeitos oriundos de uma mineradora localizada na I Região de Tarapacá – Chile e PAS extraído de fraldas descartáveis Pampers confort sec. As fraldas foram processadas manualmente para extração do gel polimérico de PAS.

Obtenção e caracterização do resíduo de mineração

Para obtenção da amostra realizou-se, previamente, uma flotação de mineral sulfurado de baixo teor de cobre. Este foi preparado, triturado e pulverizado, atingindo uma faixa granulométrica ótima entre 30 [µm] e 100 [µm] e posteriormente submetido à flotação, etapa onde ocorre a separação de espécies sulfuradas de interesse com o uso de coletores, espumantes e modificadores. O resíduo obtido nessa etapa foi filtrado sob pressão e seco em estufa a uma temperatura de 132°C por 12 horas.

A amostra foi enviada ao laboratório de Ensaios Analíticos Andes (Antofagasta – Chile), onde foi caracterizada quali e quantitativamente por meio da análise de espectroscopia de absorção atômica a fim de identificar a presença de metais específicos: cobre, níquel, arsênio e chumbo.

Determinação do inchamento livre do PAS

Para determinar o inchamento livre do PAS foram pesados 5 g do gel extraído das fraldas e mantidos em um béquer onde foi adicionada água destilada de forma lenta e gradual até que se observasse a saturação do PAS. O volume foi determinado e a capacidade de inchamento (qt) foi calculada de acordo com a Equação 1:

$$q_t = \frac{m_t - m_0}{m_0} \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

m_t = massa de PAS total

m_0 = massa de PAS seco (antes do inchamento)

Ensaio de lixiviação colunar

Confeccionou-se um protótipo baseado no princípio da lixiviação colunar, o qual é constituído de uma base de madeira, sobre a qual foram posicionados verticalmente 3 tubos de PVC de 110mm de diâmetro e 45cm de comprimento cada. Os tubos foram cortados para a aplicação de um visor confeccionado com placas de acrílico, fixadas internamente com grampos. Na parte inferior das colunas foram inseridas tampas com orifícios e um funil coletor de solução (Figura 1).



Figura 1 – Sistema de lixiviação colunar utilizado na filtração dos resíduos

O ensaio de lixiviação permitiu avaliar a eficiência do polímero em condições distintas, conforme ilustra a Figura 2. Nas condições 1, 2 e 3 utilizou-se 750 g de resíduo e 25 g de PAS (quando aplicado), caracterizando a proporção 3:1.

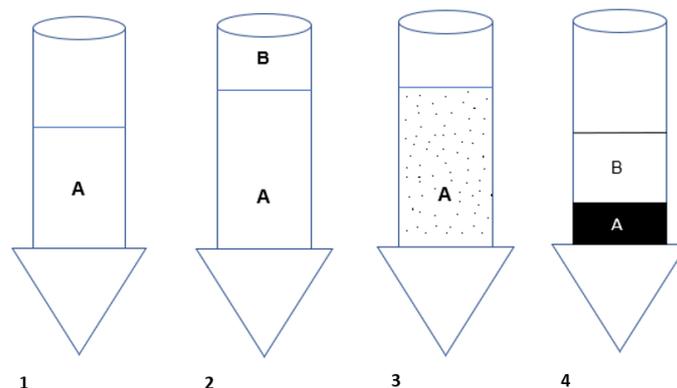


Figura 2 – Condições nas quais o ensaio foi realizado. 1A = resíduo seco 2A = PAS saturado; 2B = resíduo seco; 3A = mistura de PAS e resíduo secos e homogeneizados; 4A = PAS seco; 4B = Resíduo seco

Após montagem dos sistemas (Figura 2), cada coluna foi irrigada com um volume de 5000 mL de água destilada e pH de 6,8. As amostras de água filtrada foram coletadas em um béquer e identificadas para posterior análise. A concentração de As foi determinada por meio da técnica de espectrofotometria de UV-vis.

Para isso, realizou-se uma curva de calibração para o As a partir do resíduo de concentração conhecida (determinada pela análise de espectroscopia de absorção atômica) e a quantificação das amostras lixiviadas foi realizada a partir da diluição das mesmas (0,02; 0,05; 0,1; 0,15 e 0,20 mg/L) seguindo o método Azul de molibdênio. As leituras foram realizadas para absorvância e transmitância em comprimento de onda de 660 nm e os valores das concentrações de As foram determinados utilizando a Lei de Lambert-Beer (Equação 2):

$$A = \varepsilon \cdot b \cdot C \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

A = Absorvância

ε = Coeficiente de atenuação molar

b = Espessura da cubeta

C = Concentração (M)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta as concentrações de As determinadas para as diferentes amostras.

Amostra	Concentração de As (ppm)
1	19,09
2	0,569
3	4,700
4	3,471

Tabela 1 – Concentração de As presente no resíduo aquoso da lixiviação em diferentes condições de ensaio.

Os resultados obtidos permitem observar que a amostra que apresentou menor teor de As na solução residual após a lixiviação foi a amostra 2, na qual se utilizou o PAS saturado na parte inferior do sistema. Esse resultado pode ser justificado pela capacidade de adsorção de metais pesados apresentada pelo PAS, que uma vez em meio aquoso, os átomos de sódio são deslocados por moléculas de água que se ligam ao polímero por meio de ligações de hidrogênio, formando um hidrogel. Esses íons promovem a reticulação da cadeia, ou seja, a formação de ligações covalentes tridimensionais estáveis, levando ao aumento de sua massa molar e consequente inchamento. Dessa forma, quando exposto à água, apresenta maior área superficial, o que lhe confere a capacidade de conter uma quantidade maior de metais pesados⁽⁵⁾. O PAS quando utilizado seco, bem como quando homogeneizado ao resíduo, apresenta menor eficiência que o PAS saturado.

De acordo com Magalhães (2009)⁽⁶⁾, em concentrações elevadas de sal metálico (10^{-3} a 10^{-1} mol/L) a troca do cátion adicionado por íons de sódio presentes no gel é mais efetiva e a concentração do íon metálico no hidrogel é maior.

CONCLUSÕES

Conclui-se que o uso do polímero superabsorvente PAS pode ser viável para aplicações na remediação de solos contaminados com metais pesados, uma vez que esse polímero apresenta a característica de formar estrutura reticulada que apresenta potencial para adsorver íons de metal pesado. É importante ressaltar que a forma de utilização do PAS é um fator a ser considerado, uma vez que, quando saturado, apresenta maior capacidade de adsorção. Estudos que avaliem esse comportamento de adsorção em diferentes pHs devem ser realizados a fim de compreender a melhor cinética de adsorção deste polímero em diferentes meios.

REFERÊNCIAS

1. ARÁOZ, H. M. Mineração, genealogia do desastre: o extrativismo na América como origem da modernidade. Editora Elefante, 2020.
2. PEREIRA, Amanda Cristina Muniz et al. ATIVIDADE DE MINERAÇÃO, ESTADO E DIREITOS HUMANOS: UMA TRÍADE EM CONFLITO PERMANENTE? In: Congresso Internacional em Saúde. 2021.
3. SERNAGEOMIN. *Geoquímica de Superfície de Depósitos de Relaves de Chile*. Santiago, Chile, 2018.
4. CHEN, M.; BI, R.; ZHANG, R.; YANG, F.; CHEN, F. Tunable surface charge and hydrophilicity of sodium polyacrylate intercalated layered double hydroxide for efficient removal of dyes and heavy metal ions. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, n. 627, 2021.
5. BEHERA, S.; MAHANWAR, P.A. Superabsorbent polymers in agriculture and other applications: a review. *Polymer-Plastics Technol Mater*, v. 59, n. 4, p 341-356, 2020.
6. MAGALHÃES, A. S. G. Síntese e caracterização de hidrogéis superabsorventes à base de acrilamida e acrilato de sódio. 2009.

USE OF SUPERABSORBENT POLYMER FOR SOIL REMEDIATION CONTAMINATED WITH HEAVY METALS FROM MINING TAILINGS FILTRATION

ABSTRACT

Acid drainage produced by mining tailings affects communities located around mining industries, constituting one of the most critical environmental problems. Currently in Chile there are 740 tailings from different sources, where treatment technologies are scarce or not very viable due to their costs. The main objective of this work is to simulate a system whose purpose is to avoid the acid drainage of heavy metals contained in the tailings from the extractive mining processes, allowing the modification of the construction project of a tailings deposit, in order to avoid the interaction between the source (tailings) and the water resource (water table) through the confinement of metals to a superabsorbent polymer matrix, sodium polyacrylate (PAS), from disposable diapers. This was used in two different ways: saturated with deionized water and as extracted from commercial disposable diapers. The experimental methodology used consists of simulating an acid drainage system through a method called "column leaching", in which a tailings containing a known concentration of heavy metals (in this case, As) was exposed to the precipitation of deionized water, which permeates the columns passing through layers of tailings interspersed by PAS. The liquid resulting from the leaching process was analyzed by means of ultraviolet spectroscopy in the visible region (UV-Vis) in order to determine the concentration of heavy metal As. The results obtained showed that PAS has the ability to partially reduce the amount of heavy metal contained in the tailings. It was

possible to observe a significant reduction in the concentration of As in all studies and it was verified that, depending on the arrangement of the polymer in the column and its degree of saturation, the results vary. It was concluded that the saturated polymer presented greater efficiency when compared to the polymer used as received. This is due to the fact that in an aqueous medium, the sodium ions present in the PAS are displaced by water molecules that bind to it through hydrogen bonds, forming a hydrogel. These ions lead to chain elongation and swelling, as well as an increase in surface area, which supposedly gives it the ability to absorb a greater amount of heavy metals.

Keywords: *sodium polyacrylate (PAS); superabsorbent polymers; heavy metals; mining*