

# ESTUDO TEÓRICO SOBRE FITORREMEDIAÇÃO DE SOLO CONTAMINADO POR ARSÊNIO

Pedro Antônio Alves Fernandes<sup>1</sup>; Taciane de Oliveira Gomes Assunção<sup>2</sup>; Marina Alonso Leite<sup>3</sup>; Emanuel Manfred Freire Brandt<sup>4</sup>.

## RESUMO

Com a significativa exploração mineral, a disposição inadequada de resíduos de mineração está frequentemente associada a impactos ambientais. Em vista disso, é de relevância a investigação de técnicas que propiciem a remediação de áreas contaminadas que relacione interesse econômico a questões ambientais. A fitorremediação se apresenta então, como uma tecnologia que viabiliza a extração, imobilização, filtração ou degradação de um contaminante utilizando vegetais, sendo uma técnica *in situ* mais viável economicamente do que outros processos de remediação. Nesse sentido, a partir de um estudo de caso teórico este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de uso da pteridófito *Pteris vittata* na fitorremediação de um solo contaminado por arsênio em uma mineração de cobre.

**Palavras-chave:** remediação, *Pteris vittata*, arsênio, contaminação do solo.

## ABSTRACT

With the meaningful growth of mineral exploration, erroneous deposition of mineral waste is related to environmental impacts such as soil contamination. Hence, research techniques about contaminated soils get notoriety when economic interest and environmental issues are associated. The phytoremediation is a recently developed technology that offers a cost-effective solution by using plants to reduce toxic effects of contaminants in the environment. This technology provides a *in situ* remediation with lower costs than others soils treatments. Therefore, this study evaluated the pteridophyte *Pteris vittata* as a potential vegetable to remedy arsenic contaminated soils in a cuprum mineration.

**Key Words:** remediation, *Pteris vittata*, arsenic, soil contamination.

---

<sup>1</sup> Graduando pela Universidade Federal de Juiz de Fora. R. Doutor Dias, da Cruz, 570, Nova Era. (32) 99139-3818. Bolsista do Grupo de Educação Tutorial - Engenharia Ambiental e Sanitária (GET-ESA).

<sup>2</sup> Graduanda pela Universidade Federal de Juiz de Fora. R. Luiz Detzi, 18, ap.202, São Matheus. (21) 99284-0230.

<sup>3</sup> Graduanda pela Universidade Federal de Juiz de Fora. R. Lauro Teles Mesquita, 60, São Pedro. (21) 98705-5747. Bolsista do Grupo de Educação Tutorial - Engenharia Ambiental e Sanitária (GET-ESA).

<sup>4</sup> Docente do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Juiz de Fora.

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria de mineração é de grande relevância econômica, sobretudo tratando-se do cobre, com suas diversidades de aplicações em sistemas elétricos e tecnológicos. Entretanto, sua exploração gera impactos ao meio ambiente, sendo fonte expressiva de contaminação de solos e aquíferos, devido à disposição inadequada de pilhas de estéril, que contêm micropoluentes inorgânicos, como o arsênio.

Segundo a Resolução CONAMA nº420/2009, o valor máximo permitido para a concentração de arsênio no solo é 15 ppm, levando em consideração seus efeitos deletérios à saúde como doenças cardiovasculares, problemas no sistema nervoso central, distúrbios gastrointestinais e formação de tumores [1].

A utilização de vegetais para estabilizar e remover contaminantes de áreas ambientalmente impactadas é uma técnica conhecida como fitorremediação. É uma metodologia emergente, de baixo custo de implementação e manutenção. A samambaia *Pteris vittata* possui um alto potencial extrator de arsênio, acumulando o metaloide em suas partes aéreas [2], como mostra a Figura 1 [3].

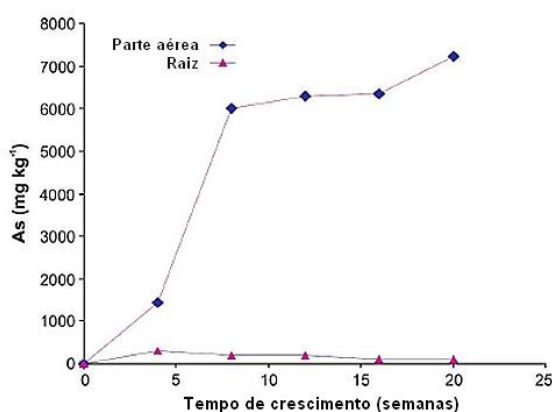


Figura 1. Concentração de arsênio em *Pteris vittata* utilizada para a fitorremediação do metaloide no solo na concentração 400 mg.kg<sup>-1</sup>.

O arsênio inorgânico é encontrado no ambiente em duas formas predominantes: arsenito As (III) e arsenato As (V), sendo o primeiro mais tóxico [4]. De acordo com [5] a *Pteris vittata* absorve o arsenato com maior eficiência do que o arsenito, devido à similaridade da primeira espécie com o fosfato, nutriente fundamental no metabolismo vegetal. Dessa forma, ao observar-se o diagrama de Pourbaix na Figura 2 [6], é possível inferir a melhor faixa de pH do solo contaminado para otimização do processo de fitoextração pelo vegetal supracitado.

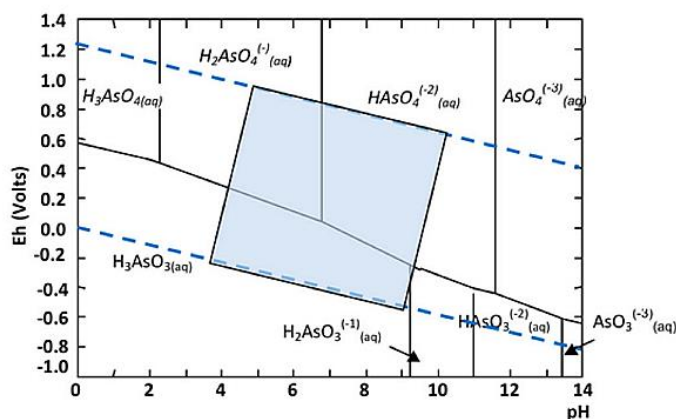


Figura 2. Diagrama de Pourbaix para o sistema As-O-H, mostrando as espécies solúveis de As(III) e As(V).

Como pode ser observado na Figura 2, no pH básico predominam espécies de arsenato, ideal para o aumento da eficiência da *Pteris vittata*. Ainda é válido destacar que as espécies contendo As (III) apresentam maior mobilidade no solo [6], o que evidencia que a correção do pH do solo não só contribui para a diminuição da concentração do As no meio através da fitoextração, como também promove a imobilização do metaloide e impede a disseminação do contaminante.

## 2. OBJETIVOS

Em virtude da carência de informações na literatura sobre o tema proposto, a partir de um estudo de caso teórico este trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de uso da pteridófita *Pteris vittata* na fitorremediação de um solo contaminado por arsênio em uma mineração de cobre.

## 3. METODOLOGIA

Adotando [3] e [7] como suporte na determinação da concentração de arsênio no solo contaminado, no estudo de caso teórico foi considerado um solo contendo uma concentração de arsênio igual a 400ppm.

Estabelecendo uma área teórica uniforme de 1 ha e sabendo que as raízes da *Pteris vittata* atingem uma profundidade média de 15cm [8], o volume de solo contaminado por arsênio a ser tratado foi estimado em 1500 m<sup>3</sup>. É importante mencionar que, como observado na Figura 1, em cerca de seis semanas a absorção do As pela planta passa a acontecer em uma taxa aproximadamente constante, sendo avaliada então como tempo de acumulação máximo.

Utilizando os dados de [7] como referência na determinação da biomassa de um indivíduo de *P. vittata* e supondo uma relação linear entre essa e seu tempo de crescimento, em seis semanas, cada organismo terá aproximadamente 13g de biomassa. Avaliando as considerações de [3], conclui-se que são necessárias 60 unidades da samambaia por 0,15 m<sup>3</sup>, ou seja, por 1 m<sup>2</sup> da área teórica. Portanto, a biomassa na área total (1 ha) será de 7.800 kg.

Prosseguindo com os dados de [3] e sabendo que 400ppm equivalem a 1210,63 mg/m<sup>3</sup> de arsênio, tem-se 181,6 kg do metaloide no volume total. Como em seis semanas, a samambaia tem a capacidade de remover 6805 ppm do contaminante, levando em conta a biomassa total supracitada, a *P. vittata* estabilizará 53kg de arsênio no solo. Assim sendo, serão necessários quatro plantios para que toda a região ser remediada pela samambaia.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Para dar início à intervenção, seria necessário, primeiramente, um cercamento da área de interesse, isolando-a, a fim de evitar que o processo de remediação seja prejudicado pela invasão de possíveis predadores, ou até mesmo pelo pisoteamento do terreno por animais de grande porte, afetando o crescimento das samambaias, principalmente em seu estágio inicial.

Como fundamentado anteriormente, é vantajoso que, antes do plantio, seja feita uma correção de acidez do solo para que a eficiência na extração do arsenato pela *Pteris Vittata* seja máxima.

A fim de acompanhar a eficiência do processo de fitorremediação e verificar as concentrações do contaminante ao longo do tempo, faz-se necessária a instalação de poços de monitoramento, de acordo com a NBR 13895/1997 (ABNT, 1997).

Após a fitoextração do As para os tecidos da *P. Vittata*, toda a biomassa do vegetal utilizada deve receber disposição final ambientalmente adequada pois, ao acumular o metaloide em questão em suas partes aéreas, a samambaia passa a apresentar elevada toxicidade, sendo considerada, então, como resíduo perigoso ou Classe I, segundo a NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004).

#### **5. CONCLUSÃO**

A fitorremediação mostra-se como uma metodologia emergente para extração e imobilização de contaminantes no solo, haja vista que são poucos os tipos de plantas

capazes de hiperacumular o metaloide em questão sem sofrer consequências estruturais como murchamento e arroxamento, o que levaria as plantas à morte. Nesse sentido, pteridófitas como a *Pteris vittata*, vêm demonstrando resultados promissores na fitorremediação de solo contaminado com arsênio.

No estudo de caso teórico em questão, para a remediação de uma área de 1 ha contaminada com arsênio na concentração de 400 ppm, seriam necessários quatro plantios (cerca de 6 meses) para a estabilização do arsênio no solo em níveis seguros, gerando cerca de 31.200 kg de biomassa fresca a receber destinação final ambientalmente adequada.

## 6. REFERÊNCIAS

[1] Faita F, Cori L, Bianchi F, Andreassi MG. Arsenic-Induced Genotoxicity and Genetic Susceptibility to Arsenic-Related Pathologies. *Int J Environ Res Public Health* 2013;10(4):1527-46.

[2] OLIVEIRA, L. M. de. Potencial de samambaias para fitorremediação de arsênio. 2012. 104 p. Tese (Doutorado em Recursos Ambientais e Uso da Terra) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

[3] MA, L.Q.; KOMAR, K.M.; TU, C.; ZHANG, W.; CAI, Y.; KENNELLEY, E.D. A fern that hyperaccumulates arsenic. *Nature*, v.409, p.579, 2001.

[4] BARRA, Cristina Maria et al. Especificação de Arsênio - uma revisão. *Quím. Nova*, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 58-70, Fev. 2000.

[5] WANG, J.R.; ZHAO, F.J.; MEHARG, A.A.; RAAB, A.; FELDMANN, J.; MCGRATH, S.P. Mechanisms of arsenic hyperaccumulation in *Pteris vittata*. Uptake kinetics, interactions with phosphate, and arsenic speciation. *Plant Physiology*, v.130, p.1552-1561, 2002.

[6] LADEIRA, A. C. Q.; PANIAGO, E. B.; DUARTE, H. A.; CALDEIRA, C. L.; Especificação Química e sua Importância nos Processos de Extração Mineral e Remediação Ambiental; *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, nº 8, p. 18-23, Maio 2014.

[7] Gonzaga, M. I.S., Santos, J.A.G., Ma, L.Q.; Phytoextraction by arsenic hyperaccumulator *Pteris vittata* L. from six arsenic-contaminated soils: Repeated harvests and arsenic redistribution; *Environmental Pollution*, Elsevier, julho 2008.

[8] Liao, X.-Y.; CHEN, T. -B; LEI, M; HUANG, Z, C; XIAO & AN, Z, Z. Root distributions and elemental accumulations of Chinese brake (*Pteris vittata* L.) from As-contaminated soils; *Plant and Soil*, nº261, p. 109-116, Kluwer Academic Publishers, november 2003.