

## Tolerância a elementos-traço de uma espécie da família Pteridaceae proveniente de uma área de mineração de zinco<sup>(1)</sup>.

**Jéssica Cristina Teodoro<sup>(2)</sup>; Douglas Carvalho Amaral<sup>(3)</sup>; Flávia Maia Serra<sup>(4)</sup>; Olívia Graziela Gelioli do Carmo<sup>(4)</sup>; Cláudia Regina Gontijo Labory<sup>(5)</sup>; Luiz Roberto Guimarães Guilherme<sup>(6)</sup>.**

- <sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Rede de Pesquisa Recuperamina (FAPEMIG/VALE) e da Votorantim Metais.  
<sup>(2)</sup> Graduanda; Universidade Federal de Lavras; Lavras, MG; E-mail: [e.e.s.m0013@gmail.com](mailto:e.e.s.m0013@gmail.com); <sup>(3)</sup> Doutorando; UFLA; e-mail: [amaralcd@yahoo.com.br](mailto:amaralcd@yahoo.com.br); <sup>(4)</sup> Graduanda; UFLA; e-mail: [flah\\_serra@hotmail.com](mailto:flah_serra@hotmail.com); [liv.cbio@gmail.com](mailto:liv.cbio@gmail.com);  
<sup>(5)</sup> Pós-doutoranda; UFLA; e-mail: [clabory@hotmail.com](mailto:clabory@hotmail.com); <sup>(6)</sup> Professor orientador; UFLA; e-mail: [guilherm@dcs.ufla.br](mailto:guilherm@dcs.ufla.br).

**RESUMO:** Altas concentrações de elementos-traço em solos podem acarretar danos ao ambiente e aos seres humanos. Neste sentido, esforços têm sido realizados para uma eventual reabilitação de solos, sendo a fitorremediação a técnica que menos agride o ambiente, e a mais economicamente viável se comparada a outras técnicas. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi determinar as concentrações de Cd, Pb e Zn em uma espécie desenvolvida naturalmente em área de mineração, visando avaliar a viabilidade de se utilizar essa espécie em programas de fitorremediação. A espécie vegetal e as amostras de solo foram coletadas em uma área de mineração de zinco, localizada em Vazante, MG. Os teores de Cd, Pb e Zn totais do solo e semitotais da parte aérea e raiz foram obtidos por digestão, de acordo com o método 3051A da Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana e, em seguida, determinados por espectrofotometria de absorção atômica. Teores elevados de Zn, Cd e Pb foram encontrados em todos os solos, sendo que as maiores concentrações totais de elementos-traço, de uma maneira geral, foram encontrados no solo P18, sendo, para Zn 77665 mg kg<sup>-1</sup>, Cd 228,38 mg kg<sup>-1</sup> e Pb 3223 mg kg<sup>-1</sup>. A espécie em estudo apresentou maior teor dos elementos estudados na raiz, mas tanto na parte aérea quanto na raiz as concentrações foram superiores aos limites tóxicos estabelecidos para tais elementos em espécies vegetais. A espécie em estudo pode ser considerada como hiperacumuladora de elementos-traço, a princípio, para os elementos Zn e Pb.

**Termos de indexação:** *Pteris* sp., Fitorremediação, Espécie hiperacumuladora.

### INTRODUÇÃO

A poluição do solo tem merecido atenção especial nos últimos anos por apresentar sérios riscos à saúde humana e à qualidade do ambiente (Guilherme et al., 2005). Dentre as atividades que mais contribuem para a poluição do solo por elementos-traço destacam-se a mineração e a indústria metalúrgica, principalmente a de metais

não ferrosos. Isso porque ao promoverem a extração de alguns metais, produzem grandes quantidades de rejeitos, muitas vezes com elevados teores de Ni, Cr, Cu, Pb, Cd e Zn, que afetam severamente a vegetação (Baker et al., 1994).

Diante disso, grandes esforços têm sido feitos visando à reabilitação de solos contaminados com elementos-traço. Os métodos correntes de remediação de solos incluem remoção, lavagem do solo e estabilização física, mas que possuem como desvantagem o alto custo (Tu & Ma, 2002). Nesse contexto surge uma técnica emergente, a fitorremediação, que consiste no uso de plantas e microbiota associada, para remover, imobilizar ou tornar os contaminantes inofensivos ao ecossistema. Esta técnica apresenta baixo custo e gera o mínimo de perturbação ao solo quando comparada com outras técnicas (Henry, 2000), além de garantir a proteção do solo contra a erosão eólica e hídrica, a melhoria na estrutura do solo, o aumento da fertilidade do solo e a recuperação da estética das áreas contaminadas (Raskin & Ensley, 2000).

Considerando a importância da fitorremediação, depreende-se, pois, da necessidade crescente de novos estudos que testem novas espécies, a fim de encontrar não só aquelas capazes de tolerar como também extrair e acumular elementos-traço. O objetivo do presente trabalho foi determinar as concentrações de Cd, Pb e Zn em uma espécie desenvolvida naturalmente em área de mineração, visando avaliar a viabilidade de se utilizar esta espécie em programas de recuperação de áreas afetadas pela presença de elevadas concentrações desses elementos-traço no substrato.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Descrição do local de estudo

A área onde as espécies e as amostras de solo foram coletadas localiza-se no entorno e dentro de uma cava de mineração, doravante denominada de Cava 3A, a qual se encontra localizada numa área de mineração de zinco, na cidade de Vazante, no noroeste de Minas Gerais.

### Coleta de amostras vegetais

Com base nos resultados das análises efetuadas em 20 amostras de solos coletadas no entorno e dentro da cava 3A, foram selecionadas seis áreas representativas para uma nova coleta visando à continuidade dos estudos envolvendo a recuperação de áreas degradadas. Ressalta-se que essas seis áreas foram escolhidas pelo fato de, segundos resultados prévios, apresentarem os principais atributos que possam vir a limitar o desenvolvimento de plantas. Uma espécie foi selecionada, coletada e identificada como *Pteris* sp. A coleta desta espécie se justifica pela ampla distribuição da mesma na área e, mais especificamente, nos pontos coletados.

### Concentração total de metais no solo – USEPA 3051A

O solo coletado foi encaminhado ao Laboratório de Geoquímica, Departamento de Ciência do Solo (DCS), da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. A extração de Cd, Pb e Zn foi feita por digestão, de acordo com o método 3051A, da Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana (USEPA, 1998). Posteriormente, Cd, Pb e Zn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, utilizando equipamento Perkin Elmer AAnalyst 800<sup>®</sup> com atomizador tipo chama ou forno de grafite. O controle e a garantia da qualidade dos resultados das análises de Cd, Pb e Zn foram assegurados pelo uso de material de referência BCR-142R (*Light Sandy Soil*) em cada bateria de análise, bem como de uma amostra em branco. Os resultados obtidos foram satisfatórios, com recuperação de 74% a 120%.

### Análise dos teores de elementos-traço na planta

Após a coleta, as plantas foram separadas em parte aérea (folha e caule) e raiz e, em seguida, levadas ao Laboratório de Geoquímica, Departamento de Ciência do Solo, da Universidade Federal de Lavras, para análises. A parte aérea foi lavada em água deionizada e as raízes foram imersas em solução de ácido clorídrico 10% (v/v) por um minuto e, em seguida, enxaguadas em água deionizada. A seguir, ambas as partes foram secas em estufa (65-75°C), até atingir massa constante. A massa da matéria seca foi determinada em balança de precisão (0,01 g) e, em seguida, a matéria seca foi moída em moinho tipo Wiley equipado com peneira com malha de 0,38 mm, para ser analisada quimicamente. O material moído foi digerido segundo o método 3051A descrito previamente. A partir dos extratos, foram determinados os teores de Cd, Pb e Zn por espectrofotometria de absorção

atômica, utilizando equipamento Perkin Elmer AAnalyst 800<sup>®</sup>, conforme já descrito.

O controle e a garantia da qualidade dos resultados das análises de Cd, Pb e Zn foram assegurados pelo uso de material de referência BCR-482 Lichen proveniente do Institute for Reference Material and Measurements - European Commission (IRMM) em cada bateria de análise, bem como de uma amostra em branco. Os resultados obtidos foram satisfatórios, com recuperação de 80% a 98% para Cd, de 73% a 81% para Pb e de 74% a 89% para Zn.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Concentração de elementos-traço nos solos

A concentração total dos elementos-traço nos solos encontra-se na **tabela 1**. Teores elevados de Zn, Cd e Pb foram encontrados em todos os solos, lembrando que para o solo P1, amostra usada como referência, estes teores foram menores. A alta concentração destes elementos está diretamente relacionada à utilização desta área pela atividade de mineração.

A concentração total de elementos-traço nos solos foi altamente variável, decrescendo do solo P18 para o solo P1, na seguinte ordem P18 > P7 > P12 > P9 > P17 > P1. As maiores concentrações totais de elementos-traço, de uma maneira geral, foram encontrados no solo P18, sendo ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), para Cd 228,38, Pb 3223 e Zn 77665, o que justifica a área onde este solo se encontra ser tão limitante ao desenvolvimento de plantas.

### Concentração de elementos-traço em plantas

Na maioria das amostras, a espécie *Pteris* sp. apresentou maior teor de Cd, Pb e Zn na raiz, onde, normalmente, é o órgão prioritário de entrada e acumulação (Barceló & Poschenrieder, 1992), se comparado à parte aérea.

As concentrações ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) normais e tóxicas de elementos-traço em plantas são, respectivamente, consideradas de 27 a 150 e 100 a 400 para Zn; 0,05 a 0,2 e 5 a 30 para Cd; e, 5 a 10 e 30 a 300 para Pb (Kabata-Pendias & Pendias, 2001). A espécie em estudo apresentou concentrações superiores aos limites tóxicos estabelecidos para os elementos estudados, variando na raiz e na parte aérea, respectivamente (**Figura 1**):

- para Zn, 326 a 13994  $\text{mg kg}^{-1}$  e 328 a 10809  $\text{mg kg}^{-1}$ ;

- para Pb, 129 a 1619  $\text{mg kg}^{-1}$  e 42 a 943  $\text{mg kg}^{-1}$ ;

- para Cd, 5 a 124  $\text{mg kg}^{-1}$  e 4 a 74  $\text{mg kg}^{-1}$ .

Segundo Raskin (1994), as plantas hiperacumuladoras são capazes de extrair e acumular na parte aérea as seguintes



concentrações:  $> 100 \text{ mg kg}^{-1}$  de Cd,  $> 1000 \text{ mg kg}^{-1}$  de Pb, Cu, ou Ni, ou  $> 10,000 \text{ mg kg}^{-1}$  de Zn ou Mn. A espécie em estudo foi capaz de absorver e reter na parte aérea concentrações de Zn e Pb que se encaixam nesses valores.

O comportamento apresentado pela espécie *Pteris* sp. pode ser decorrente do fato de a espécie ocorrer naturalmente na área em estudo, pois de acordo com Watanabe (1997), a vegetação encontrada em áreas contaminadas representa importante fonte potencial de ecótipos tolerantes à poluição e apresenta-se adaptada ao ambiente estressante. Antosiewicz (1992), trabalhando com 31 espécies herbáceas coletadas em áreas contaminadas, concluiu que espécies herbáceas são fontes potenciais para programas de fitorremediação, uma vez que as mesmas apresentam adaptações a ambientes estressantes.

Algumas plantas possuem potencial para extrair vários metais do solo. A espécie *Brassica juncea* possui potencial para remediar solos com altos teores de Pb, Cr, Cd, Cu, Ni, Zn, Sr, B e Se e a espécie *Thlaspi caerulescens* tem potencial para extrair Cd, Ni e Zn (USEPA, 2000). Outro exemplo é a espécie *Homolepis aturensis* (H.B.K.) Chase, a qual é capaz de absorver Zn, Pb dentre outros elementos (Elias, 2003). Essa capacidade fitoextratora múltipla é fundamental para remediação das áreas contaminadas por meio da mineração ou beneficiamento de Zn, uma vez que ambos os elementos Zn e Pb se encontram presentes nessa condição. A espécie em estudo apresentou essa capacidade, o que reforça o grande potencial desta para ser empregada em programas de fitorremediação.

## CONCLUSÕES

A espécie em estudo pode ser considerada como tolerante e hiperacumuladora de elementos-traço, a princípio, dos elementos Zn e Pb.

## AGRADECIMENTOS

A Fapemig, Capes e CNPq, pelo apoio financeiro e pela concessão de bolsas.

## REFERÊNCIAS

ANTOSIEWICZ, D. M. Adaptation of plants to an environment polluted with heavy metals. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 61:281-299, 1992.

BAKER, A. J. M. et al. The possibility of in situ heavy metal decontamination of polluted soils using crops of metal accumulating plants. *Resources, Conservation and Recycling*, 11:41-49, 1994.

BARCELÓ, J. & POSCHENRIEDER, CH. Respuestas de las plantas a la contaminación por metales pesados. *Suelo y Planta*, 2:345-361, 1992.

ELIAS, E.P. Absorção de alguns metais pesados pela *Homolepis aturensis* (H.B.K.) Chase. Manaus/AM, 2003, p.81. Dissertação (Mestre em Química de Produtos Naturais), Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Disponível em <<http://www.gqa.ufam.edu.br/>>. Acesso em 09 maio 2013.

GUILHERME, L. R. G. et al. Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI, L.R.F.; COOPER, M.; SILVA, A.P.; CARDOSO, E.J. *Tópicos de Ciência do Solo*, vol.4. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. p.345-390.

HENRY, J. R. An overview of the phytoremediation of lead and mercury, 51p, 2000. Disponível em: <<http://www.clu-in.org/>>. Acesso em 09 maio 2013.

KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. 3.ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. 413 p.

RASKIN, I. & ENSLEY, B. Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean up the environment. 1. ed. New York: John Wiley & Sons, 2000. 304p.

RASKIN, I. et al. Bioconcentration of heavy metals by plants. *Current Opinion in Biotechnology*, 5:285-290, 1994.

TU, C. & MA, L. Q. Effects of arsenic concentrations and forms on arsenic uptake by the hyperaccumulator ladder brake. *Journal Environmental Quality*, 31:641-647, 2002.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY- USEPA. Method 3051a - Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. 1998.

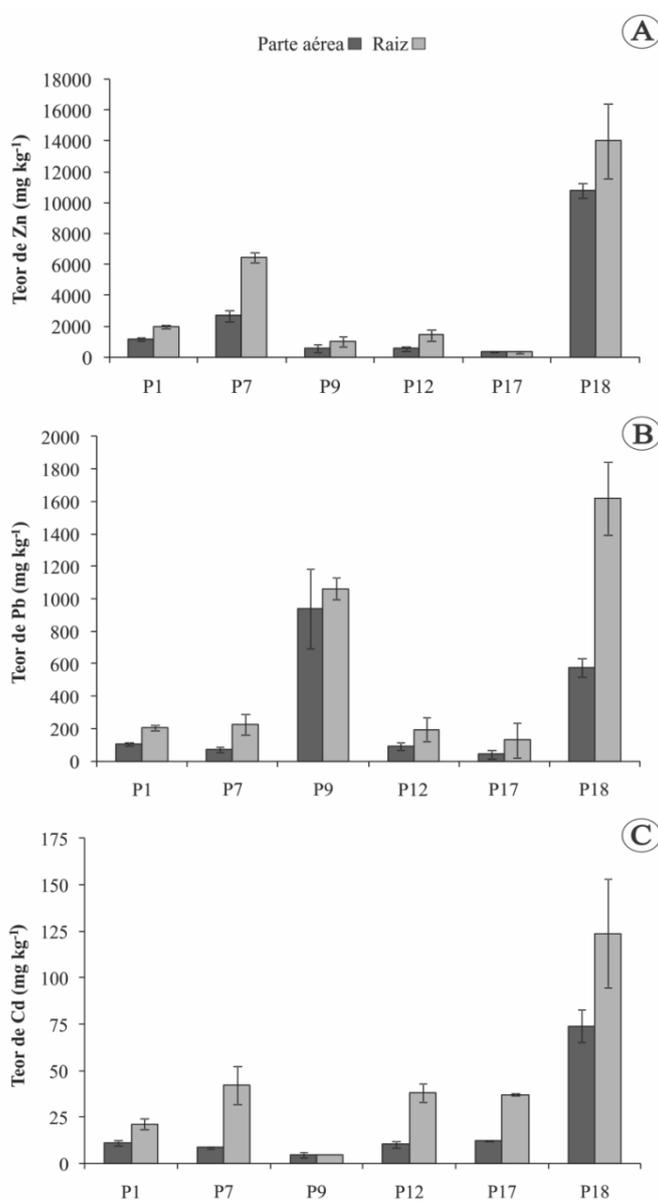
UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY- USEPA. Introduction to Phytoremediation: EPA/600/R-99/107. Cincinnati: National Risk Management Research Laboratory, 2000. Disponível em: <<http://www.clu-in.org/download/remed/introphyto.pdf>>. Acesso em 09 maio 2013.

WATANABE, M. E. Phytoremediation on the brink of commercialization. *Environmental Science & Technology*, 31:182-186, 1997.

**Tabela 1.** Concentração total de elementos-traço nos solos.

Elementos-traço (mg kg <sup>-1</sup> )	Solos					
	P1	P7	P9	P12	P17	P18
Zinco	1446 a	23315 c	1069 a	15514 b	896 a	77665 d
Cádmio	5,05 a	147,40 c	4,48 a	92,44 b	4,33 a	228,38 d
Chumbo	202 a	1777 b	3586 d	3208 c	1883 b	3223 c

Valores médios seguidos pela mesma letra na linha não são significativamente diferentes de acordo com o teste de Scott Knott ( $p < 0.05$ ).



**Figura 1.** Concentração de Zn (A), Pb (B) e Cd (C), em raiz e parte aérea, para a espécie *Pteris* sp., nos diferentes pontos de coleta.