

# Biomonitoramento do chumbo, via espectroscopia por energia dispersiva, em plantas medicinais

Thamires Jacob dos Santos<sup>1</sup>

Sonia Lucia Modesto Zampieron<sup>2</sup>

João Vicente Zampieron<sup>3</sup>

## Resumo

O presente trabalho procurou pesquisar plantas medicinais como camomila (*Matricaria chamomilla* L.), calêndula (*Calendula officinalis* L.) e titônia (*Tithonia rotundifolia*) quanto à capacidade de absorção e fixação do chumbo em suas partes constituintes, em um ambiente de solo contaminado. Tais plantas foram escolhidas devido à facilidade de manejo e ao seu curto ciclo de vida. Foram preparados canteiros contendo solo constituído por uma mistura de brita, areia e adubo orgânico, a fim de simular as características do solo local. Em seguida, foi realizada a contaminação do solo de forma controlada, nas seguintes proporções de chumbo/solo: 0, 40, 80, 160 e 320 mg.kg<sup>-1</sup>. Após as plantas atingirem a sua maturidade, foram colhidas, secas em estufa, separadas por partes (raiz, caule, folhas e flores), moídas em moinho de facas e submetidas a análises via espectrometria por energia dispersiva (EDS), a fim de identificar a presença do chumbo. Pôde-se verificar que a titônia fixou chumbo em suas folhas e apresentou deformidades, comprometendo o desenvolvimento dos capítulos, enquanto que a calêndula fixou o chumbo na raiz e nas folhas, as quais também exibiram deformidades. Quanto à camomila, não se desenvolveu completamente em nenhum dos solos, tendo havido, no entanto, uma absorção significativa de potássio, conforme evidenciado na EDS. Os resultados mostraram que tanto a titônia, quanto a calêndula, apresentaram forte potencial como bioindicadoras de solos contaminados por chumbo.

**Palavras chave:** Bioindicadores. Metais pesados. Caracterização. Meio ambiente.

## 1 Introdução

A tecnologia moderna trouxe um forte impacto na sociedade atual, que é refletido no aumento do consumo de produtos cujo descarte gera mudanças nas características do solo, devido à incorporação de elementos indesejáveis como metais pesados, que estão presentes em tintas, lâmpadas, pilhas e baterias, dentre outros.

Dentre estes metais, o chumbo, ainda que possa ser caracterizado como um dos elementos causadores de grandes problemas, tanto de ordem ambiental quanto à saúde humana, principal-

1 Universidade do Estado de Minas Gerais, campus da Fundação de Ensino Superior de Passos, FESP-UEMG, Faculdade de Engenharia de Passos, FEP, graduando em engenharia ambiental. Passos, Minas Gerais (BR). thamires\_jacob@msn.com. (035)9145-6840. Rua Tico Tico, 20, Bairro Nossa Senhora das Graças, Passos, Minas Gerais, CEP 37.902-394.

2 Universidade do Estado de Minas Gerais, campus da Fundação de Ensino Superior de Passos, FESP-UEMG, Faculdade de Engenharia de Passos, FEP, professora pesquisadora (co-orientadora). Passos, Minas Gerais, (BR). sonia.zampieron@gmail.com (035) 3526-9598. Avenida dos Expedicionários, 333, Bairro Centro, Passos, Minas Gerais, CEP 37.900-000.

3 Universidade do Estado de Minas Gerais, campus da Fundação de Ensino Superior de Passos, FESP-UEMG, Faculdade de Engenharia de Passos, FEP, professor pesquisador (orientador). Passos, Minas Gerais, (BR). jovizam@hotmail.com. (035) 3522-9503. Rua Capitólio, 648, Bairro Muarama, Passos, Minas Gerais, CEP 37.902-336.

mente por estar presente na composição de diversos produtos do cotidiano, tem sido pouco citado isoladamente na literatura científica. Podem-se encontrar, entretanto, inúmeros estudos relatando a problemática da contaminação por metais pesados como um todo, ora identificando a ação de um, ora descrevendo suas possíveis combinações em solos contaminados e os possíveis desdobramentos oriundos disto.

Seu efeito em plantas medicinais cultivadas em áreas contaminadas, especificamente, tem se mostrado pouco conhecido. No entanto, sua conhecida capacidade de acumulação em solos e sedimentos, e conseqüente absorção e acúmulo em algumas plantas regulados pelo pH, tamanho de partículas e capacidade de trocas catiônicas com o solo, são mecanismos bem conhecidos (SHARMA; DUBEY, 2005).

Alguns pesquisadores têm reportado que altas concentrações de Cd (cádmio), Pb (chumbo), Zn (zinco) e Ni (níquel) têm sido encontradas em folhas de árvores cujos níveis de concentração servem como biomarcadores da poluição urbana (BAYCU et al., 2006; WANG et al., 2006). Além disso, An (2006) mostrou que os efeitos combinados desses metais, tais como Pb e Cu (cobre), podem ser detectados por algumas espécies vegetais, vindo a contribuir para o monitoramento de riscos ecológicos.

Políticas públicas adotadas na Europa estão sendo integradas para o estudo de avaliação de risco em solos contaminados por metais pesados. Muitos procedimentos têm sido propostos fazendo vista do comportamento destes metais e sua fitodisponibilidade em solos e sedimentos. Neste sentido, pesquisas tem sido realizadas a fim de verificar a acumulação de Cd, Cu, Ni, Pb e Zn na raiz de *Phaseolus vulgaris*, a fim de verificar diferentes níveis de contaminação. Os procedimentos de investigação dos elementos citados têm se mostrado muito versáteis para uma boa identificação da fitodisponibilidade para todos os cinco metais sob avaliação (MEERS et al., 2007).

Calzoni et al. (2007), trabalhando com biomonitoramento de metal pesado em áreas urbanas e rurais, na região de Faenza (Itália), testaram a qualidade de pólen de rosa (*Rosa rugosa*) e também a sensibilidade de suas folhas como potenciais indicadores de poluição nestas áreas, devido principalmente ao tráfego pesado. Os resultados de suas pesquisas mostraram que tal planta tem potencial para ser um bom sistema de biomonitoramento.

Pesquisas referentes a riscos de contaminação humana, devido ao consumo de alimentos, tais como espinafre (*Tetragonia sp*) e amaranto (*Amaranthus sp*), irrigados com água provenientes de rios contaminados, foram realizadas monitorando-se as análises de sangue e urina dos consumidores. Tais resultados mostraram altas quantidades de Cr (cromo), Pb, Zn e Ni, quando comparados aos limites permissíveis (CHARY; KAMALA; RAJ, 2008).

De acordo com Liu et al. (2011), devido à influência negativa na saúde humana produzida pela poluição de metais pesados em solos destinados à agricultura, foram realizadas na Província de Shandong (China) pesquisas envolvendo concentrações dos elementos Cd, Hg (mercúrio), As (arsênio), Pb, Cr, Cu, Zn e Ni em solos destinados à produção de vegetais em pequenas e grandes propriedades. Estes autores verificaram que o principal elemento de poluição no solo de pequenos agricultores era o Cd, enquanto outros solos mostravam o Cu como elemento principal. Análises químicas sugeriram que alguns destes elementos foram controlados devido à sua fixação em rochas. Elementos como Hg e Pb foram associados às atividades antropogênicas, ou seja, oriundos de emissões de gases em indústrias e veículos automotores, enquanto que concentrações de Cd, Cu e Zn foram associados ao uso de agroquímicos.

Áreas próximas às fabricas também têm sido objeto de preocupação de muitos pesquisadores por apresentarem aterros caracterizados por contaminação de vários metais pesados. Sendo assim, estudos têm se voltado para plantas que são capazes de agregar metais pesados em suas partes constituintes, ou seja, raiz, caule, folhas, flores e fruto. No norte da Itália foram escolhidas áreas de estudo perto de fábricas químicas a fim de verificar a capacidade da vegetação local em acumular

metais durante seu crescimento, sob o *stress* ocasionado pelos metais pesados. Tais estudos mostraram que vários tipos de metais pesados foram agregados em partes diferentes de plantas distintas, mostrando que cada planta tem capacidade de agregar um tipo de metal, em pontos diferentes. Um exemplo foi a *Polygonum aviculare* que acumulou mercúrio no caule, sugerindo sua possível capacidade de acumulação deste metal, podendo ser considerada como uma das espécies úteis para a remediação de áreas contaminadas (MASSA et al., 2010).

Minas ativas causam forte impacto ao meio ambiente, devido à extração de minerais, gerando em seus rejeitos metais pesados que após serem descartados ficam sujeitos a intempéries, contaminando extensas áreas no seu entorno. Estudos realizados por Franco-Hernández et al. (2010) nestas áreas, no México Central, avaliando o crescimento das plantas para medir concentrações de metais pesados, mostraram que plantas como *Parthenium bipinnatifidum*, *Flaveria angustifolia*, *F. trinervia*, *Sporobolus indicus*, dentre outras, podem ser usadas para recuperar solos contaminados com As, Cu, Zn e Pb, enquanto que *Ambrosia artemisifolia* pode ser usada para remediar solos contaminados com Zn, por apresentar forte capacidade para acumular esse metal.

Neste sentido, com o propósito de estudar o comportamento de três espécies de plantas medicinais, quando cultivadas em solos previamente contaminados por diferentes proporções de chumbo (Pb), o trabalho buscou verificar o nível de sensibilização destas perante o metal estudado, e se havia, entre elas, alguma com potencial que pudesse elevá-la ao nível de bioindicadora da presença do elemento citado, para mitigar áreas comprometidas pela presença deste.

## 2 Materiais e métodos

Foi construída uma estufa de 96 m<sup>2</sup> contendo 2 bancadas de 1,5 x 7 m cada. Sobre tais bancadas foram colocados 15 canteiros divididos da seguinte forma: 5 canteiros de camomila (*Matricaria chamomilla* L.), 5 de calêndula (*Calendula officinalis* L) e 5 de titônia (*Tithonia rotundifolia*). O solo foi preparado com a seguinte mistura: 10 kg de brita utilizada para drenagem e 35kg de solo contendo areia e adubo orgânico para simular as características do solo da região. Para drenar a água dos canteiros foram colocadas mangueiras interligadas a garrafas PET, a fim de prevenir uma eventual contaminação do solo pela água de irrigação.

Os canteiros foram monitorados quanto às condições ambientais de intensidade de luz, através de um luxímetro, e de temperatura, através de termômetro digital.

Após a montagem dos canteiros, realizou-se a diluição do chumbo em ácido clorídrico (dentro dos limites permitidos pelo CONAMA), sendo aplicado nas seguintes proporções Pb/solo, a fim de contaminá-los: 0, 40, 80, 160 e 320 mg.kg<sup>-1</sup>.

Posteriormente, os canteiros foram submetidos a um tempo de repouso de uma semana, de forma a deixar que a solução se acomodasse no solo. Depois desse tempo realizou-se o plantio das sementes de camomila, calêndula e titônia, nos respectivos espaços que lhes foram reservados.

O crescimento das plantas foi monitorado constantemente, desde a sua germinação até o seu desenvolvimento final. As plantas foram colhidas e secas após atingirem a maturidade, sendo posteriormente separadas por partes (raiz, caule, folhas, e flor) e moídas, utilizando o moinho de facas. Para realizar a trituração, as plantas foram separadas de acordo com a espécie e a concentração de Pb à qual estavam submetidas.

A camomila em particular teve um desenvolvimento deficiente, sendo suas folhas moídas juntamente com o caule. Uma vez moídas, foram preparadas amostras para a realização de análises via espectroscopia por dispersão de energia (EDS). Tal equipamento permite a utilização de uma técnica de microanálise baseada na medida de raios X característicos emitidos de uma região microscópica da amostra bombardeada por um feixe de elétrons. As linhas de raios X características são específicas

do número atômico da amostra e seus comprimentos de onda (contagem por segundo-cps x energia-keV) podem identificar o elemento que está emitindo a radiação, gerando um gráfico de coordenadas contagem por segundo (cps) por energia (keV), permitindo assim uma análise qualitativa rápida dos constituintes principais da amostra em questão (KESTENBACH; BOTTA FILHO, 1989).

EDS, portanto, é um tipo de espectrometria por raios X que trabalha sob o princípio de que a energia de um fóton está relacionada com a frequência da onda eletromagnética  $\nu$ , onde  $h$  é a constante de Planck, ou seja:

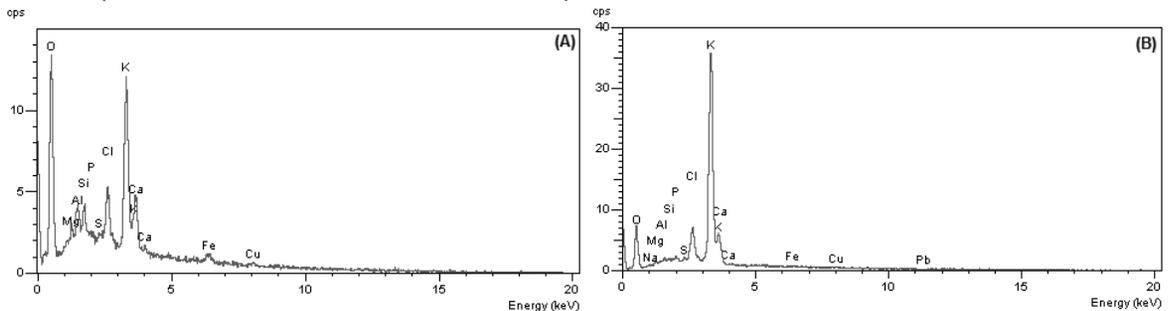
$$E = h.\nu$$

Em outras palavras, o sistema possibilita a observação do espectro de raios X através de uma análise qualitativa dos constituintes principais do material que está sendo observado. Foi baseado neste princípio que se pautaram as análises das três plantas frente às dosagens de Pb.

### 3 Resultados e discussão

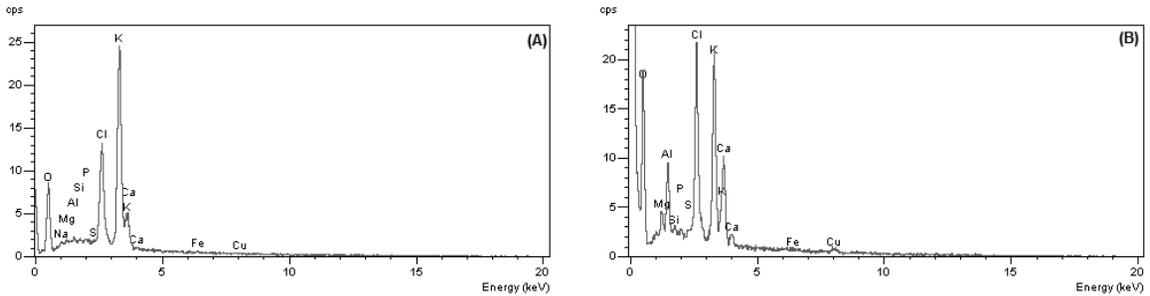
De acordo com as análises EDS da calêndula, pôde-se observar que a raiz apresentou absorção do elemento chumbo (Figura 1), não apresentando, entretanto, nenhuma alteração morfológica aparente em relação à planta referência.

**Figura 1.** Espectros da raiz da calêndula em solo padrão (A) e em solo contaminado (B).



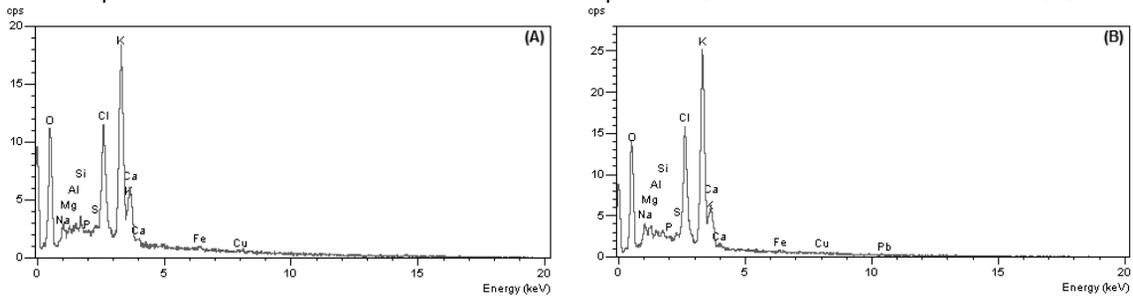
Fonte: Elaboração própria.

Quanto ao caule pôde-se observar que houve uma absorção mais efetiva do cálcio e do alumínio (Figura 2), o que pode ter sido motivado pela presença do chumbo na raiz. Segundo Taiz e Zeigler (2004), o cálcio é um elemento extremamente importante e, dentre outras funções, foi-lhe atribuído o papel de mensageiro secundário em várias respostas da planta tanto a sinais ambientais quanto a hormonais. Isto talvez explique porque, diante do desarranjo ocorrido pela introdução do chumbo no solo, um metal pesado, houve um nítido aumento na taxa de cálcio requerida pela planta. Quanto à presença de alumínio, apesar de não estar entre os macro ou micronutrientes, em pequenas quantidades, alguns pesquisadores afirmam que ele pode estimular o crescimento vegetal (MARSCHNER, 1995).

**Figura 2.** Espectros do caule da calêndula em solo padrão (A) e em solo contaminado (B).

Fonte: Elaboração própria.

Em relação às folhas, a análise via EDS (Figura 3) mostrou diferenças na assimilação dos elementos K e Pb, onde a elevação no nível de K poderia ser interpretada como uma reação da planta tentando equilibrar um eventual desarranjo conferido pela assimilação do Pb, o que levaria a uma possível baixa resistência a pragas, visto que as folhas mostraram estrias brancas, o que pode ter sido provocado por uma das possíveis pragas naturais que produzem galerias no mesófilo foliar.

**Figura 3.** Espectros das folhas da calêndula em solo padrão (A) e em solo contaminado (B).

Fonte: Elaboração própria.

Segundo An (2006), o crescimento da raiz é mais sensível à contaminação do solo, sendo o caule mais resistente a esta toxicidade. Isto pode ser constatado na calêndula, que fixou chumbo apenas na raiz e nas folhas (Figuras 1 e 3), tendo sido detectadas, inclusive, deformações nas bordas foliares e nos capítulos constituintes das inflorescências típicas da família Compositae, que nada mais são do que folhas modificadas para realizar as tarefas de atração de polinizadores e proteção das minúsculas flores concentradas na região central.

Em relação, especificamente, à não formação da inflorescência desta planta, talvez possa ser explicada pela alteração do pH do solo, a partir da diluição de Pb em ácido clorídrico, uma vez que estudos têm mostrado que o pH intracelular seja um possível intermediário na sinalização bioquímica para a passagem do desenvolvimento vegetativo (formação de folhas) para o desenvolvimento reprodutivo (desenvolvimento de flores) (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Sharma e Dubey (2005), estudando a toxicidade do chumbo em plantas, ressaltaram que a presença do chumbo modifica o estado hormonal da planta, o que, em outras palavras, poderia interferir nos sinais químicos promovidos por alguns hormônios na passagem do estágio vegetativo para o reprodutivo, o que é caracterizado pelo desenvolvimento de flores.

De acordo com Baycu (2006), com o aumento da população e industrialização, as plantas são afetadas por uma larga quantidade de substâncias que contaminam o ar, água e solo. Atividades de trânsito geram material particulado, aerossóis e metais pesados no ambiente urbano. A deposição de metais pesados no solo pode influenciar a composição dos elementos das folhas e sua fisiologia, podendo inibir sistemas enzimáticos e processo metabólicos. Tal fato pode explicar as possíveis alte-

rações encontradas nas folhas, tendo sido possível observar que suas “flores” apresentaram deformações à medida que a contaminação do solo foi se intensificando (Figura 4).

**Figura 4:** Calêndulas cultivadas em solo contaminado e em solo padrão.



Fonte: Elaboração própria.

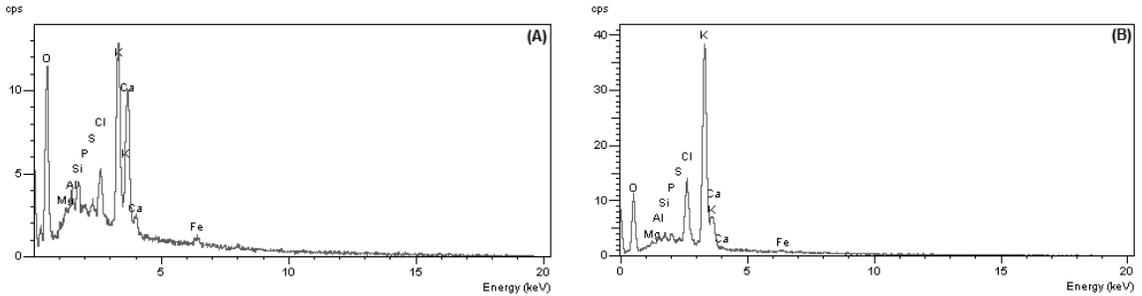
As alterações citadas acima tornam a calêndula uma candidata a ser utilizada como planta bioindicadora da presença do chumbo no solo, visto que as deformações nas inflorescências e nas folhas foram possivelmente ocasionadas pela presença deste elemento.

Em relação à camomila, esta teve dificuldades em desenvolver suas folhas e, portanto, estas foram trituradas com o caule. Embora não tenha absorvido chumbo, esta mostrou forte evidência de que este elemento possa ter contribuído para uma maior absorção de elementos essenciais para o seu desenvolvimento, tais como o potássio, cujo papel dentro da célula, dentre outros, é garantir as relações osmóticas, isto é, desempenha importante papel na regulação do potencial osmótico das células vegetais (KERBAUY, 2004). Seu visível aumento talvez esteja relacionado à tentativa de reequilibrar a planta, devido à presença do chumbo (Figura 5).

Ainda na Figura 5, pode-se observar que os teores de potássio elevaram-se significativamente, em solo contaminado, os de Mg permaneceram praticamente os mesmos, sugerindo uma possível competição entre os elementos.

Andrade et al. (2000), estudando a produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio, observaram uma redução do teor de magnésio decorrente da adubação com K, sugerindo absorção competitiva destes dois elementos, conforme mencionado por MARSCHNER (1995), o qual relatou que cátions como  $K^+$  e  $Ca^+$  competem efetivamente com  $Mg^{2+}$  e diminuem grandemente sua absorção, quando potássio e calcário são aplicados. O magnésio, contudo, é um elemento diretamente associado à ativação de enzimas associadas à respiração, fotossíntese e síntese de DNA e RNA, sendo parte da estrutura em anel da molécula de clorofila. Logo, o baixo desenvolvimento observado tanto em solo contaminado, quanto em solo referência pode, obviamente, ser atribuído a muitos fatores, tais como temperatura inadequada, luz e até mesmo à qualidade das sementes utilizadas no cultivo, porém estes parâmetros não podem ser desprezados.

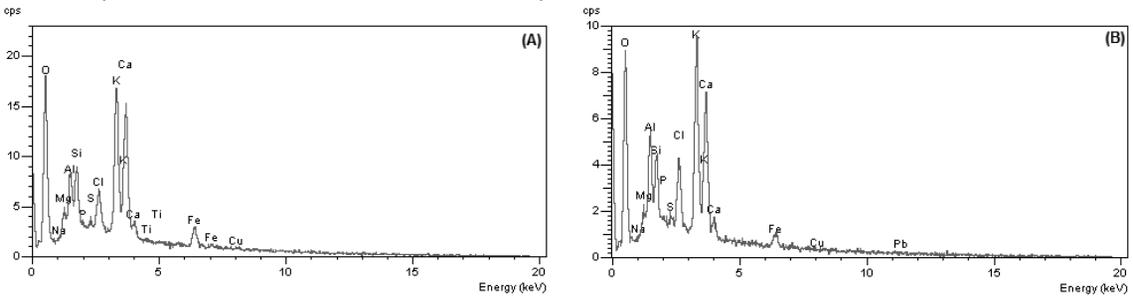
**Figura 5.** Espectros do caule e folhas da camomila em solo padrão (A) e em solo contaminado (B).



Fonte: Elaboração própria.

Na titônia, pôde-se observar um efeito diferente relativo à absorção de elementos, quando comparada à camomila e à calêndula. Através da Figura 6 observa-se uma sensível diferença nos níveis de absorção dos elementos na planta padrão, em relação à planta do solo contaminado. Apesar dos elementos incorporados pela planta serem basicamente os mesmos em solo padrão e contaminado, houve uma sensível redução nas quantidades apresentadas pela planta cultivada em solo contaminado, o que pode ser atribuído ao fato do chumbo ter interferido nos mecanismos de absorção desses elementos.

**Figura 6.** Espectros da folha da titônia em solo padrão (A) e em solo contaminado (B).



Fonte: Elaboração própria.

No caule, não se observaram mudanças significativas dos elementos agregados. Além dos elementos naturais da folha, foi incorporado chumbo e reduzida a assimilação de K, Al e Si, refletindo na alteração da organização dos capítulos constituintes das inflorescências da planta estudada (Figura 7).

**Figura 7.** Capítulo da titônia em solo padrão (A) e contaminado (B).



Fonte: Elaboração própria.

Baycu et al. (2006) citam que altas concentrações de metais pesados têm sido encontradas em folhas de árvores, cujas medidas servem como biomarcadores de poluição. Sendo assim pôde-se observar que das três plantas analisadas via EDS, tanto a titônia quanto a calêndula fixaram, além dos elementos naturais necessários ao seu desenvolvimento, o chumbo, tornando-as fortes candidatas a bioindicadores de solos contaminados por este elemento.

## 4 Conclusão

A camomila mostrou uma maior dificuldade em sua germinação e em seu desenvolvimento, tanto em solo contaminado quanto em solo padrão, o que pode ser atribuído a um conjunto de fatores ambientais, como temperatura e radiação, bem como a elementos constituintes do solo e até mesmo à qualidade das sementes, sendo, portanto, descaracterizada como possível bioindicadora.

A calêndula apresentou diferenças nas folhas, com a presença de estrias esbranquiçadas, coloração amarelada e deformação em suas inflorescências com o aumento de chumbo, o que reflete a sensibilidade da planta a este metal. Essas condições poderão ser utilizadas como indicativo da presença do Pb no solo.

A titônia apresentou capacidade de absorver chumbo apenas em suas folhas, o que pode ter colaborado para alterar a pigmentação de seus capítulos, evidenciando tal fato um forte parâmetro de sensibilidade para a presença do elemento Pb.

Assim, tanto a titônia quanto a calêndula podem ser utilizadas como biomarcadores de solos contaminados por chumbo.

## Agradecimentos

Ao Programa de Pesquisa e Extensão da Universidade do Estado de Minas Gerais - PAPq-UEMG, pela bolsa de iniciação científica.

À empresa HOMEOPASSOS pelo apoio técnico.

# Biomonitoring of lead via energy dispersive spectroscopy in medicinal plants

## Abstract

The present study aimed to search for medicinal plants such as chamomile (*Matricaria chamomilla* L.), marigold (*Calendula officinalis* L.), and tithonia (*Tithonia rotundifolia*) regarding the ability of absorption and fixation of lead into its constituent parts in a soil environment contaminated. Such plants were chosen due to ease of handling and its short life cycle. Beds were prepared containing soil consisting of a mixture of gravel, sand, soil, organic fertilizer, in order to simulate the characteristics of the local soil. After, it was carried out soil contamination in a controlled manner in the following proportions of lead / soil: 0, 40, 80, 160 and 320 mg.kg<sup>-1</sup>. After the plants reach maturity were

harvested, oven dried, separated by parts (roots, stems, leaves and flowers), milled in a knife mill and subjected to analysis via energy dispersive spectrometry (EDS) to identify the presence of lead. Analysis were performed via Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) in soil and plants to identify the presence of lead. It can be verified the tithonia showed a higher absorption capacity of the lead in their leaves and showed deformities, compromising the development of chapters, while calendula set lead in the root and the leaves, which also exhibit deformities. Chamomile, not developed completely no soil, and there were, however, significant absorption of potassium, as shown in EDS. The results showed that both titônia, as calendula, showed strong potential as bioindicators of soil contaminated with lead

**Keywords:** Bio-indicators. Heavy metals. Characterization. Environment.

## Referências bibliográficas

- ANDRADE, A. C. et al. Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v.29, n. 06, p. 1589-1595, 2000.
- AN, Y. J. Assessment of comparative toxicities of lead and copper using plant assay. **Chemosphere**, [s.l.], v. 62, n. 8, p. 1359-1365, mar. 2006.
- BAYCU, G. et al. Ecophysiological and seasonal variations in Cd, Pb, Zn and Ni concentrations in the leaves of urban deciduous trees in Istanbul. **Environmental Pollution**, [s.l.], v.143, n. 3, p.545-554, out. 2006.
- CALZONI, G.L. et al. Active biomonitoring of heavy metal pollution using *Rosa rugosa* plants. **Environmental Pollution**, [s.l.], v. 149, n., p.239-245, 2007.
- CHARY, N.S.; KAMALA, C.T.; RAJ, D.S.S. Assessing risk of heavy metals from consuming food grown on sewage irrigated soils and food chain transfer. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [s.l.], v. 69, n. 3, p.513-524, mar. 2008.
- FRANCO-HERNÁNDEZ, M.O. et al. Heavy metals concentration in plants growing on mine tailings in Central Mexico. **Bioresource Technology**, Mexico, v. 101, n. 11, p. 3864-3869, jun. 2010.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.
- KESTENBACH, H.-J.; BOTTA FILHO, W. J. **Microscopia eletrônica: transmissão e varredura**. São Paulo: ABM, 1989.
- LIU, P. et al. Analysis of heavy metal sources for vegetable soils from Shandong Province, China. **Agricultural Sciences in China**, v. 10, n. 1, p.109-119, jan. 2011.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. London: Academic Press, 1995.
- MASSA, N. et al. Screening for heavy metal accumulators amongst autochthonous plants in a polluted site in Italy. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Italy, v.73, n. 8, p. 1988-1997, nov. 2010.

MEERS, E. et al. Phytoavailability assesment of heavy metals in soils by single extractions and accumulation by *Phaseolus vulgaris*. **Environmental and Experimental Botany**, v.60, n. 3, p.385-396, jul. 2007.

SHARMA, P.; DUBEY, R. S. Lead toxicity in plants. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Londrina, v.17, n. 1 p.35-52, jan. mar. 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arctext&pid=S1677-04202005000100004](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arctext&pid=S1677-04202005000100004)>. Acesso em 24 jan. 2013.

TAIZ, L. ZEIGER E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

WANG, G. et al. Transfer characteristics of cadmium and leaf from soil to the edible parts of six vegetable species in southeastern China. **Environmental Pollution**, [s.l.], v.144, n. 1, p.127-135, 2006.

## Histórico editorial

Recebido: 17/09/2012

Avaliação e copidesque: 19/09/2012 a 01/04/2013