

Seleção de plantas para fitorremediação de chumbo⁽¹⁾

Diego Campana Loureiro⁽²⁾; Sara Julliane Ribeiro Assunção⁽³⁾; Jorge Antonio Gonzaga Santos⁽⁴⁾; André Dias de Azevedo Neto⁽⁵⁾; Flávia Melo Moreira⁽⁶⁾; Marcos de Oliveira Ribeiro⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Projeto financiado com recursos CNPq; ⁽²⁾ Bolsista de pós-doutorado; Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA. campanaloureiro@gmail.com; ⁽³⁾ Engenheira Agrônoma; Prefeitura Municipal de Entre Rios; ⁽⁴⁾ Professor Associado; Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; ⁽⁵⁾ Professor Adjunto; Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; ⁽⁶⁾ Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; ⁽⁷⁾ Graduando em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

RESUMO: O uso indiscriminado de metais tem contribuído para a contaminação do solo, ar e água, e por isso a remediação de áreas impactadas por metais é fundamental para o restabelecimento do equilíbrio nos ecossistemas impactados. O objetivo do trabalho foi selecionar espécies vegetais com diferentes hábitos de crescimento e potencial de uso em programas de fitorremediação em áreas contaminadas com chumbo (Pb) como Santo Amaro – BA, Brasil. Os tratamentos foram estabelecidos em delineamento experimental inteiramente ao acaso com treze tratamentos, as espécies vegetais: algaroba (*Prosopis juliflora*), aroeira (*Schinus terebinthifolia*), cedro (*Cedrela fissilis*), eucalipto (*Eucalyptus urophylla*), feijão de porco (*Canavalia ensiformes* L.), grama batatais (*Paspalum notatum*), ipê roxo (*Tabebuia impetiginosa*), jenipapo (*Genipa americana*, L.), jurubeba (*Solanum paniculatum* L.), leucena (*Leucaena leucocephala*), mamona (*Ricinus communis* L.), pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e vetiver (*Vetiveria zizanioides* L.), com três repetições. O estudo foi conduzido em um Vertissolo contaminado por Pb por 34 dias. A exposição das diferentes espécies ao solo contaminado aumentou a concentração de Pb no caule, na folha e na raiz das diferentes espécies vegetais. A aroeira (arbustiva), o feijão de porco e o vetiver (herbáceas) foram as espécies mais eficientes em concentrar chumbo na parte aérea das plantas. A grama batatais apresentou potencial de ser utilizada em processo de fitoestabilização, devido a capacidade da espécie concentrar mais Pb na raiz impedindo que o contaminante se espalhe nos ecossistemas.

Termos de indexação: Metais pesados, fator de translocação, fator de bioacumulação.

INTRODUÇÃO

A ampla utilização do chumbo (Pb) é um exemplo de contaminante da indústria de mineração e da indústria de processamento de minerais, que, quando descartado nos solos ou corpos d'água afeta diretamente a qualidade de vida das pessoas,

plantas, animais e ecossistemas. Na cidade de Santo Amaro, no estado da Bahia, foi instalada uma empresa de mineração que beneficiava óxidos de chumbo para a fabricação de lingotes de chumbo. Durante 33 anos de funcionamento, além da contaminação atmosférica proveniente do lançamento de material particulado pela chaminé, a empresa deixou um passivo de 500 mil toneladas de escória enriquecida com diversos metais pesados (21% de Cd, até 13% de Zn e até 3% de Pb) armazenada a céu aberto, no pátio da fundição sem nenhum tratamento, contaminando o solo, lençol freático, animais, plantas, a população local, além da contaminação do Rio Subaé como resultado do transbordamento da bacia de rejeito e do lançamento de efluentes sem tratamento (Souza, 2008). A fitorremediação é uma tecnologia que consiste no emprego de plantas e da sua microbiota, associada ou não ao uso de condicionadores do solo, além de práticas agrônômicas que, se aplicadas em conjunto, removem, imobilizam ou tornam os contaminantes inofensivos ao ecossistema (Cruvinel, 2009; Andrade, et al., 2007). O sucesso da fitorremediação é dependente da existência de plantas tolerantes aos contaminantes e capazes de remover, estabilizar ou imobilizar metais no solo. O objetivo do trabalho foi o de selecionar espécies vegetais tolerantes ou acumuladoras em absorver Pb de um solo contaminado, para ser empregado em selecionadas áreas de Santo Amaro - BA.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Centro Experimental do CCAAB (Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas), em Cruz das Almas - Bahia, Brasil, em casa de vegetação com condições semi controladas de luz, temperatura média diurna de 24,5 °C e a noturna de 22,0 °C, no período de dezembro de 2011 a fevereiro de 2012.

O estudo foi estabelecido em delineamento experimental inteiramente casualizado, com 13 espécies sendo dez escolhidas baseado em resultados obtidos por outros autores: algaroba

(*Prosopis juliflora*), cedro (*Cedrela fissilis*), eucalipto (*Eucalyptus urophylla*), feijão de porco (*Canavalia ensiformis* L.), grama batatais (*Paspalum notatum*), ipê roxo (*Tabebuia impetiginosa*), leucena (*Leucaena leucocephala*), mamona (*Ricinus communis*), pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e vetiver (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash); e três espécies escolhidas pela ocorrência na área contaminada, aroeira (*Schinus terebinthifolia*), jenipapo (*Genipa americana*, L.) e jurubeba (*Solanum paniculatum* L.) com três repetições.

As unidades experimentais foram constituídas de colunas de PVC 0,10 m de diâmetro e 0,20 m de altura contendo 1500,0 g de solo contaminado, seco ao ar e peneirado em tela de nylon de 2,00 mm. O solo utilizado no estudo foi um Vertissolo amostrado na profundidade de 0-0,20 m em uma área do entorno de onde funcionava a empresa de mineração, em Santo Amaro.

Após 34 dias de cultivo as plantas foram colhidas do solo contaminado, e segmentadas em folha, caule e raiz. As diferentes partes das plantas foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar em temperatura entre 65 e 75°C até a massa constante, seguido da determinação da massa seca das partes. O material vegetal seco foi triturado em moinho tipo Willey, equipado com peneira de 1 mm. O material vegetal foi digerido via úmida, e o Pb foi extraído pelo método do USEPA 3050B, conforme descrito por Raij et al. (2001). O teor de Pb na raiz, no caule e na folha foi determinado em ICP OES da Perkin Elmer modelo optima 7000 DV com o limite de detecção: 0,60 $\mu\text{g L}^{-1}$ Pb; e comprimento de onda: 220,353 nm. O fator de translocação (FT) foi calculado dividindo o teor de metal na parte aérea pelo teor de metal na raiz.

Os dados referentes ao teor do Pb no caule, folha e raiz das diferentes espécies vegetais foram submetidos à análise de variância (teste F). O teste de separação de média Tukey ($p < 0,05$) foi utilizado para comparar o efeito da contaminação nos diferentes atributos avaliados utilizando o programa computacional SAS (2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A exposição das diferentes espécies ao solo contaminado, durante trinta e quatro dias, aumentou a concentração de chumbo (Pb) no caule, na folha e na raiz das diferentes espécies vegetais (Tabela 1). O teor de chumbo nos grupos de crescimento variou de 7,09 a 83,23 mg kg^{-1} na folha, de 9,98 a 267,08

mg kg^{-1} no caule e de 6,69 a 166,64 mg kg^{-1} na raiz. Independente do hábito de crescimento, a maioria das plantas avaliadas apresentou maior concentração de Pb no caule (Tabela 1).

No grupo das herbáceas foram encontradas as espécies que apresentaram os maiores teores de Pb na parte aérea e nas raízes entre todas as espécies avaliadas (Tabela 1). As espécies herbáceas tendem ser mais tolerantes ao excesso de metais pesados do que as espécies lenhosas (Eltrop et al., 1991). Nota-se que o vetiver foi a espécie vegetal com maior teor de Pb nas folhas (Tabela 1). Alves et al. (2008), constataram que o vetiver apresentou a maior eficiência na absorção e translocação de Pb para a parte aérea. Porém no presente estudo o feijão de porco foi a espécie que apresentou o maior fator de translocação (FT) e alto teor de Pb no caule (Tabela 1). Mazzuco (2008), avaliando o feijão de porco em solo contaminado com doses crescentes de Pb, constatou que os teores do metal na planta aumentou com o aumento da dose aplicada no solo. Já a grama batatais apresentou o maior teor de Pb nas raízes, assim como observado por Yoon et al. (2006) e Andrade et al. (2009).

Entre os arbustos, a Aroeira foi a espécie que apresentou a maior concentração de chumbo no caule enquanto a Jurubeba foi na folha e na raiz (Tabela 1). Rossato (2010) ao trabalhar com uma espécie arbustiva (*Pluchea sagittalis*), encontrou as maiores concentrações de Pb na raiz.

No grupo das arbóreas, o eucalipto apresentou o maior teor de Pb na raiz, ao passo que não houve diferença de acúmulo de Pb na folha e no caule desse grupo (Tabela 1). Magalhães et al. (2008), avaliando *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus saligna*, em substrato contaminado com diferentes percentagens de escória e carepa de laminação, encontrou que em todos os tratamentos as duas espécies de eucalipto acumularam mais metais nas raízes. Devido às características de crescimento rápido, sistema radicular bastante desenvolvido e facilidade de adaptação a condições estressantes o eucalipto possui potencial para uso em programas de recuperação de áreas impactadas pela deposição de metais pesados no solo (Accioly, 2001).

Na seleção de plantas fitorremediadoras é desejável que a planta selecionada apresente o fator de transferência (FT) $\geq 1,00$. No presente estudo, o valor de FT das plantas arbustivas variou de 0,87 a 17,90; das plantas arbóreas de 3,77 a 10,18; e das plantas herbáceas de 0,22 a 33,92.



Dentro de cada hábito de crescimento os maiores acúmulos de chumbo na parte aérea ocorreram nos maiores valores de FT. Em contraste as plantas que apresentaram menores valores de FT, grama batatais (0,22) e a jurubeba (0,87) foram às espécies que acumularam mais chumbo na raiz.

CONCLUSÕES

Nenhuma das espécies avaliadas é hiperacumuladoras, porém entre as espécies testadas a aroeira (arbustiva), o feijão de porco e o vetiver (herbáceas) mostraram-se tolerantes ao chumbo e tem potencial para serem testadas como plantas fitoextratoras. A jurubeba e a grama batatais por acumularem mais chumbo na raiz têm potencial para serem usadas em estudo de fitoestabilização.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, ao Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas da UFRB, ao CNPq e à CAPES pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ACCIOLY, A. M. A. Amenizantes e estratégias para o estabelecimento de vegetação em solos de áreas contaminadas por metais pesados. 2001. 170f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

ANDRADE, M. G; MELO, V. F.; SOUZA, L. C. P.; GABARDO, J.; REISSMANN, C. B. Metais pesados em solos de área de mineração e metalurgia de chumbo. II - formas e disponibilidade para plantas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol.33, no.6, Viçosa, 2009.

ALVES, J. do C. A.; SOUZA, A. P.; PÔRTO, M. L.; ARRUDA, de J. A.; JUNIOR, U. A. T.; SILVA, G. B.; ARAÚJO, R. C.; SANTOS, D. Absorção e distribuição de chumbo em plantas de vetiver, jureminha e algaroba. Viçosa, Revista Brasileira Ciência do Solo, v.32, p.1329-1336, 2008.

CRUVINEL, D. F. C.; Avaliação da fitorremediação em solos submetidos à contaminação com metais. 79 F. (2009). Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental), Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, São Paulo, 2009.

ELTROP, L.; BROWN, G.; JOACHIM, O.; BRINKMANN, K. Lead tolerance of Betula and Salix in the mining area of Mechernich/Germany. Plant and soil, v.131, n.2, p.275-285, 1991.

MAGALHÃES, M. O. L.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; Mazur, N. Uso de resíduos industriais na remediação de solo contaminado com cádmio e zinco. Revista Ciência Florestal. v. 21, p.219-227, 2008.

MAZZUCO, K.T.M.; Uso da *Canavalia Ensiformis* Como Fitorremediador. de solos contaminados por chumbo. 187f. 2008. Dissertação (Doutorado em Engenharia Química), Universidade Federal de Santa Catarina. 2008.

RAIJ, B. Pesquisa e desenvolvimento em micronutrientes e metais pesados. In: FERREIRA, M. E. et al., eds. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal, 600p. 2001.

ROSSATO, L. V. Efeitos bioquímicos e fisiológicos do chumbo em plantas de Quitoco (*Pluchea Sagittalis*): possível papel fitorremediador. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Toxicológica). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS. 2010.

SAS Institute. Statistical analysis system. Procedure guide for personal computer. version 8.0. Cary, 2000.

SOUZA, M. L. de. Diagnóstico da contaminação ambiental e humana provocada pelo chumbo no centro urbano de Santo Amaro da Purificação-BA. 44f. 2008. Monografia (Licenciatura em Geografia) Faculdade Maria Milza, Cruz das Almas, 2008.

YOON, J.; CAO, X.; ZHOU, Q.; MA, L.Q. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a. Science Of The Total Environment, Shenyang, n.72, p.456-464, 4 abr. 2006.

Tabela 1: Teores de Chumbo na Folha, Caule e Raiz e fator de translocação (FT) em treze espécies antes do estudo e após trinta e quatro dias de exposição ao solo contaminado.

Espécies	Antes do Estudo			Após 34 dias de Exposição			FT*
	Folha	Caule	Raiz	Folha	Caule	Raiz	
Chumbo							
----- mg kg ⁻¹ -----							
Arbusto							
Aroeira	7,41	6,14	8,65	7,68 b	165,72 a	9,53 b	17,87 a
Jurubeba	6,58	6,44	6,67	18,04 a	45,95 b	58,24 a	0,87 b
Média	7,00	6,29	7,66	12,86 B	105,84 A	33,88 A	9,37 B
Árvore							
Algaroba	7,08	7,00	6,88	16,17 a	65,65 a	9,70 ab	6,83 a
Cedro	7,58	6,24	6,89	10,11 a	49,35 a	8,47 b	5,94 a
Eucalipto	6,92	6,55	7,15	13,08 a	52,61 a	13,99 a	3,77 a
Ipê Roxo	6,56	6,66	8,61	12,85 a	46,05 a	7,55 b	6,14 a
Jenipapo	10,55	6,50	8,43	14,25 a	67,40 a	9,42 b	7,77 a
Leucena	6,65	10,56	6,35	10,30 a	80,00 a	8,28 b	10,18 a
Média	7,56	7,25	7,39	12,79 B	60,18 A	9,57 B	6,77 B
Herbácea							
F. Porco	7,68	5,78	6,96	9,92 d	267,08 a	7,93 b	33,92 a
G. Batatais	7,78	0	8,01	37,33 b	-	166,67 a	0,22 c
Mamona	9,08	8,08	6,87	7,09 d	11,12 b	6,69 b	1,69 c
P. Manso	6,58	6,87	6,56	17,20 c	9,98 b	10,86 b	0,96 c
Vetiver	6,53	0	6,76	83,23 a	-	8,37 b	9,94 b
Média	7,53	4,15	7,03	30,96 A	57,63 A	40,1 A	9,34 B

*Fator de Transferência. Letras minúsculas nas colunas dentro de um grupo compara espécies entre si. Letras maiúsculas nas colunas comparam as médias dos grupos entre si. Médias seguidas por letras minúsculas iguais dentro dos grupos na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).