



# FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola  
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

## Ácidos Húmicos e Carvão Vegetal Ativado como Amenizantes da Fitotoxicidade de Pb em Milho

**Nielson Machado dos Santos<sup>1</sup>; Adriana Maria de Aguiar Accioly<sup>2</sup>; Clistenes Williams Araújo do Nascimento<sup>3</sup>; Jorge Antonio Gonzaga Santos<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Doutorando em Ciência do Solo, Departamento de Agronomia/DEPA da Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE, Rua Dom Manuel de Medeiros s/n – Dois Irmãos –CEP 52171-900 –Recife, PE, [nielsonmachado@hotmail.com](mailto:nielsonmachado@hotmail.com); <sup>2</sup>Pesquisadora, Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Rua Embrapa, s/nº, Cruz das Almas, BA, CEP 44380-000, [adriana@cnpmf.embrapa.br](mailto:adriana@cnpmf.embrapa.br); <sup>3</sup>Professor, Departamento de Agronomia/DEPA da Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE, Rua Dom Manuel de Medeiros s/n – Dois Irmãos –CEP 52171-900 –Recife, PE, [clistenes@depa.ufrpe.br](mailto:clistenes@depa.ufrpe.br); <sup>4</sup>Professor, Centro de Ciências Agrárias Biológicas e Ambientais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Campus Cruz das Almas- CEP 44380-000 - Cruz das Almas, BA – Brasil, [gonzaga.jorgeas@gmail.com](mailto:gonzaga.jorgeas@gmail.com)

**RESUMO** – A contaminação por chumbo no município de Santo Amaro da Purificação-BA, Brasil, originou-se a partir da instalação de uma metalúrgica na década de 60. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de ácidos húmicos e carvão vegetal ativado como fontes de carbono para reduzir a toxidez de Pb para plantas de milho em solo contaminado. O material de solo utilizado no experimento foi coletado próximo à área da metalúrgica, na camada de 0-20 cm de profundidade. As doses foram estabelecidas com base no teor de carbono (AHv 50 dag kg<sup>-1</sup> de ácido húmico; AHc 40 dag kg<sup>-1</sup> de ácido húmico; CV 55 dag kg<sup>-1</sup> de carvão vegetal), correspondendo a 0; 0,75; 1,5; 3 e 7,5 g C kg<sup>-1</sup> de solo. Ao final de 43 dias de cultivo as plantas foram coletadas rente ao solo, ocorrendo separação entre parte aérea e raízes. As plantas foram secas e pesadas para obtenção da massa seca da parte aérea e da raiz e submetidas a digestão nitro-perclórica para determinação de Pb. Foi avaliado o teor de clorofila *a* e *b*. A produção de matéria seca foi significativamente menor no tratamento controle, em comparação às maiores doses dos produtos. Os teores de clorofila *a* e *b* aumentaram em função do aumento das doses de carbono. Em decorrência da aplicação das doses de carbono, verificou-se redução do teor de Pb na parte aérea do milho. A adição de carbono independente da fonte reduziu a fitotoxicidade do Pb para o milho.

**Palavras – chaves:** poluição do solo; metais pesados; clorofila *a* e *b*

**INTRODUÇÃO** - A contaminação do solo com metais é resultado, na maioria dos casos, de atividades antrópicas, especialmente aquelas relacionadas a mineração, a descarte ou a acidentes com resíduos industriais, aplicação agrícola de lodo de esgoto, fertilizantes e pesticidas. Devido ao potencial tóxico e à elevada persistência dos metais no ambiente, solos poluídos com esses elementos são um problema ambiental que requer

uma solução efetiva e economicamente viável (Nascimento & Xing, 2006).

A contaminação por chumbo no município de Santo Amaro da Purificação-BA, Brasil, originou-se a partir da instalação de uma metalúrgica na década de 60. Devido ao abandono da indústria, da deposição atmosférica e do transbordamento da bacia de rejeitos ocorreu a maior contaminação urbana de Pb do mundo, ocasionando graves efeitos na saúde humana e no meio ambiente.

Carvalho et al. (2003) avaliando o níveis de chumbo no sangue de 47 crianças, na faixa etária de 1 a 4 anos, que moravam no entorno da fundição da COBRAC distantes até 1 km, observaram que o nível médio de chumbo no sangue foi de 17,1 ± 7,3 mg/dL. Segundo os mesmos autores é considerado como intoxicação relevante pelo chumbo, uma concentração do metal no sangue superior a 9 mg/dL.

Com isso medidas que visem corrigir ou atenuar os impactos danosos causados por esses elementos químicos, se faz necessário, para garantir a funcionalidade dos ecossistemas e reduzir os riscos à saúde humana e a expansão da contaminação. Entre as técnicas para a redução da disponibilidade ou mobilidade de Pb em solos contaminados destaca-se a fitoestabilização, que consiste no uso de plantas e amenizantes para imobilizar contaminantes no sistema solo-planta, visando reduzir a biodisponibilidade destes e prevenir a sua entrada nas águas subterrâneas ou na cadeia alimentar (Accioly & Siqueira, 2000; Andrade et al., 2007).

Entre os amenizantes que podem ser utilizados em um programa de fitoestabilização estão as substâncias húmicas (SH) sendo definida como molécula relativamente pequena e heterogênea de várias origens que se auto organiza em conformação supramolecular (Piccolo, 2001).

Outro amenizante que apresenta características desejáveis para aplicação em um programa de fitoestabilização é o carvão vegetal, que consiste na carbonização da madeira, caracterizada pela

decomposição térmica parcial da mesma em ambientes fechados, na ausência ou na presença de quantidades controladas de oxigênio (Carvalho, 1997).

Nesse contexto, esse trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de ácido húmico extraído de vermicomposto, ácido húmico comercial e carvão vegetal ativado como fontes de carbono para reduzir a toxidez de Pb para plantas de milho em solo contaminado.

**MATERIAL E MÉTODOS** – O material de solo utilizado no experimento foi coletado próximo à área da metalúrgica, às margens da via férrea no município de Santo Amaro da Purificação-BA, na camada de 0-20 cm de profundidade, com conteúdo total de chumbo de 11707 mg kg<sup>-1</sup> (método 3050B, USEPA). O material de solo foi seco ao ar, destorroado e peneirado em malha de 4 mm. Foram retiradas subamostras que foram peneiradas em malha de 2 mm para caracterização química e física (Tabela 1).

A extração do ácido húmico do vermicomposto, foi realizada utilizando o método de extração alcalina. A metodologia utilizada foi adaptada daquela sugerida pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (Swift, 1996).

O ácido húmico comercial utilizado no experimento foi do fabricante Aldrich, apresentando 40,15% de carbono.

Para a produção do carvão vegetal ativado foram utilizados blocos de madeira (5 x 5 x 15 cm) de Eucalipto sp. que foram carbonizados em forno num ambiente livre de oxigênio por 8 h com temperatura de 350 °C. Após o processo de carbonização, o carvão foi triturado, macerado em almofariz e depois tamisado em peneira de 100 mesh. Para ativação, o carvão já peneirado foi mantido em refluxo na presença de HNO<sub>3</sub> 4,4 mol L<sup>-1</sup>, por 4 h contabilizadas após ebulição, permanecendo em repouso por 12 h.

O ensaio foi realizado em casa de vegetação em vasos preenchidos com 1 kg de solo. Os vasos foram cultivados durante 43 dias com milho (*Zea mays*). As doses das três fontes de carbono utilizadas no experimento foram estabelecidas de acordo com experimento preliminar. As doses dos produtos foram estabelecidas com base no teor de carbono (Ácido Húmico do vermicomposto- AHv 50 dag kg<sup>-1</sup> de ácido húmico; Ácido Húmico comercial- AHc 40 dag kg<sup>-1</sup> de ácido húmico; Carvão Vegetal- CV 55 dag kg<sup>-1</sup> de carvão vegetal), correspondendo a 0; 0,75; 1,5; 3 e 7,5 g C kg<sup>-1</sup> de solo. O teor de carbono do AHv foi determinado pelo método Walkley-Black modificado (Embrapa, 1999) para o CV o teor de carbono foi mensurado em um analisador elementar (Perkin Elmer 2400 Series II CHNS/O Analyzer) e para o AHc considerou-se o teor fornecido pelo fabricante.

Ao final de 43 dias de cultivo as plantas foram coletadas rente ao solo, ocorrendo separação entre parte aérea e raízes. As raízes foram lavadas abundantemente em água corrente, depois em água deionizada. Em seguida, foram colocadas para secar em estufa de aeração forçada a 60°C até atingir peso constante, quando foram pesadas para obtenção da massa seca da parte aérea e da raiz. Após a secagem foram trituradas em moinho tipo

Wiley e submetidas a digestão nitro-perclórica para determinação de Pb.

Com o intuito de entender o efeito dos metais pesados no estresse ocasionado nas plantas, foi avaliado o teor de clorofila *a* e *b*. Para tal análise, foi coletado o terço médio de uma folha por planta. Tais frações das folhas foram envoltas em papel alumínio e colocadas em caixa de isopor com gelo e transportadas para o laboratório quando foram congeladas. No dia seguinte, 200 mg das amostras foram trituradas na presença de acetona a 80%, em seguida o extrato foi filtrado em tecido de náilon fino e o volume completado para 25 ml com acetona 80%. O extrato foi centrifugado por 15 minutos a 1000 rpm, depois o teor de clorofila foi determinada por espectrofotometria, segundo o método descrito por Arnon (1949).

O experimento constou de fatorial 3x5, composto por três fontes de carbono (Ácido Húmico do vermicomposto, Ácido Húmico comercial e Carvão Vegetal ativado) e cinco doses de carbono (0; 0,75; 1,5; 3,0 e 7,5 g C kg<sup>-1</sup> de solo), com três repetições, e foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, Teste de Tukey a 5 % de significância para comparação das médias dos tratamentos e análise de regressão para as doses. Para a regressão também foram realizadas análises de variância para os componentes da equação. As análises foram realizadas no software Sisvar (Ferreira, 2008).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO** - A adição de carbono ao solo teve forte influência na produção de matéria seca da parte aérea e da raiz do milho. A produção de matéria seca foi significativamente menor no tratamento controle (0 g C kg solo<sup>-1</sup>), em comparação às maiores doses dos produtos. A maior produção de matéria seca da parte aérea e da raiz foi obtida nas plantas tratadas com AHv, obtendo um aumento da ordem de 34,3 e 50% para a parte aérea e raiz, respectivamente, em relação ao controle (Figura 1). Esse resultado reflete a maior capacidade que o AHv teve em reduzir o teor disponível do Pb no solo, diminuindo com isso os teores na planta. A adição de 7,5 g C kg solo<sup>-1</sup> oriundo do AHc provocou um aumento de 25,3% na produção de matéria seca da parte aérea e 34,5% para matéria seca de raiz, quando comparado ao controle. Para o CV o aumento da produção de massa seca da parte aérea foi de 24,5% e 37,8% para a raiz, quando comparado a maior dose com o controle. Walker et al. (2003), avaliando o efeito de dois amenizantes orgânicos (estrupe fresco e um composto maduro), na biodisponibilidade de metais pesados em dois solos contaminados, observaram que o maior rendimento de fitomassa para o rabanete foi proveniente do solo amenizado com estrupe. Os autores atribuem esse maior rendimento aos menores teores de Pb, Cu e Zn no tecido foliar das plantas cultivadas no solo que recebeu o estrupe em relação as plantas controle.

Na figura 2 encontram-se os resultados relativos aos conteúdos de clorofila *a* e *b*. Os resultados indicam que ambos conteúdos aumentaram em função do aumento das doses de carbono. O maior teor de clorofila *a* foi decorrente da maior dose do AHv, o que denota que a

redução da disponibilidade do Pb pelas fontes de carbono em estudo, diminuíram o estresse causado por esse elemento na planta de milho, acarretando numa diminuição nos danos causados ao aparato fotossintético da planta. Santos et al., (2011), determinando a indução da resposta antioxidante, conteúdo de clorofila e de pigmentos fotoprotetores em amostras de *B. decumbens* cultivadas e que foram submetidas a diferentes concentrações de Cd e Zn, observaram que o conteúdo de clorofila *a + b* decresceu do controle para os tratamentos e relacionaram o sintoma de clorose com o elevado conteúdo de metal nas folhas o que correspondeu a um decréscimo em ambas as concentrações de clorofila *a e b*, confirmando que o Zn e o Cd foram danosos ao aparato fotossintético da planta.

O teor de Pb na parte aérea do milho, apresentou significância para a interação das doses com as fontes de carbono. Em decorrência da aplicação das doses de carbono, verificou-se redução do teor de Pb na parte aérea do milho. A adição de 7,5 g C kg solo<sup>-1</sup> oriundo do AHv proporcionou redução de 84,8% no teor de Pb na parte aérea do milho, quando comparado com o controle (Figura 3). O solo tratado com CV apresentou uma atenuação de 75% no teor de Pb na parte aérea, quando comparado a sua maior dose com o controle. O AHc diminuiu o teor de Pb na parte aérea em 58%. Estes dados corroboram com Singha et al. (2010), que avaliaram a aplicação de fertilizante orgânico (a base de esterco) e inorgânico (NPK), isoladamente e combinados, na redução da disponibilidade de metais pesados em solo contaminado e posterior cultivo de beterraba. Os autores observaram que a maior redução nos teores disponíveis no solo de Pb, Ni, Cu e Cr foi decorrente do tratamento com fertilizante orgânico. A taxa de redução foi de 7,93; 18,23; 9,58 e 7,18 % para Pb, Ni, Cu e Cr, respectivamente. A atenuação dos teores disponíveis dos metais no solo acarretou numa menor absorção dos metais pela beterraba. Foi observada redução de 9; 9; 17 e 14% para Pb, Ni, Cu e Cr, respectivamente, quando aplicado o fertilizante orgânico ao solo.

**CONCLUSÃO** – A adição de carbono, independente da fonte, reduz a fitotoxicidade de Pb para o milho. As fontes de carbono avaliadas reduziram os teores de Pb na parte aérea do milho, apresentando a seguinte ordem de eficiência: AHv>CV>AHc.

#### REFERÊNCIAS –

ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J.O. Contaminação química e biorremediação do solo. Tópicos em Ciência do Solo, Viçosa, V. 1, P. 299-351, 2000.

ANDRADE, J.C.M.; TAVARES, S.R.L.; MAHLER, C.F. Fitorremediação: o uso de plantas na melhoria da qualidade ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 176 p.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant physiology. v. 24 n.1, 1949.

CARVALHO, A.M.M.L. Efeito da impregnação da madeira de *Eucalyptus grandis* com sais ignífugos na produção e na

qualidade do carvão. Tese (Doutorado). Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, 1997.

CARVALHO, F. M.; NETO, A. M. S.; TAVARES, T. M.; COSTA, A. C. A.; CHAVES, C. R.; NASCIMENTO, L. D.; REIS, M. A. Chumbo no sangue de crianças e passivo ambiental de uma fundição de chumbo no Brasil. Rev Panam Salud Publica/Pan Am J Public Health 13(1), 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de análises química de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. Revista Symposium Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

NASCIMENTO, C.W.A. & XING, B. Phytoextraction: A review on enhanced metal availability and plant accumulation. Sci. Agric., 63:299-311, 2006.

PICCOLO, A. The supramolecular structure of humic substances. Soil Science, v. 166, n° 11, p. 810–832, 2001.

SANTOS, F. S.; SOBRINHO, N. M. B. A.; MAZUR, N.; GARBISU, C.; BARRUTIA, O.; BECERRIL, J. M. Resposta antioxidante, formação de fitoquelatinas e composição de pigmentos fotoprotetores em *Brachiaria decumbens* Stapf submetida à contaminação com Cd e Zn. Quim. Nova, v. 34, n. 1, p.16-20, 2011.

SINGHA, A.; AGRAWALA, M.; MARSHALL, F. M. The role of organic vs. inorganic fertilizers in reducing phytoavailability of heavy metals in a wastewater-irrigated area. Ecological Engineering v. 36 p.1733–1740, 2010.

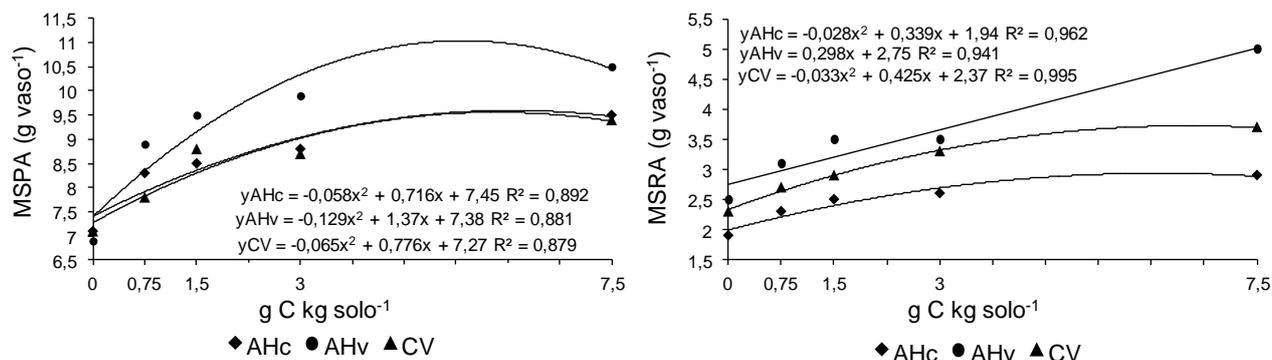
SWIFT, R.S. Organic matter characterization (chap 35). pp. 1018-1020. In D.L. Sparks et al. (eds) Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. Soil Sci. Soc. Am. Book Series: 5. Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI, 1996.

USEPA. Method 3050B. Revision 2 December 1996. Disponível em <http://www.epa.gov/wastes/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3050b.pdf>. Acessado em nov. 2011.

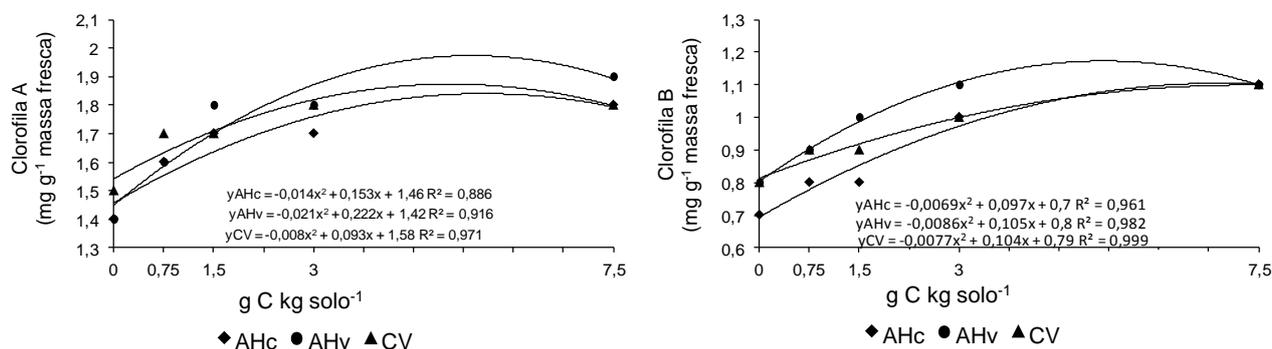
WALKER, D. J.; CLEMENTE, R.; ROIG, A.; BERNAL, M. P. The effects of soil amendments on heavy metal bioavailability in two contaminated Mediterranean soils. Environmental Pollution v.122, p.303–312, 2003.

**Tabela 1.** Propriedades químicas e físicas do material de solo utilizado no experimento

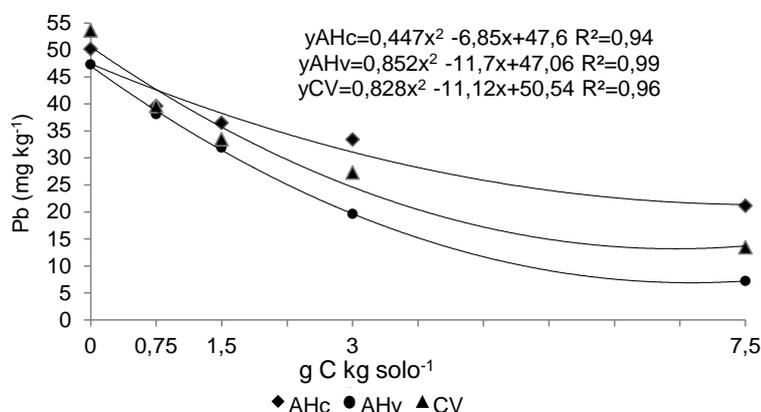
Solo	pH	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	S	CTC	V	CO	Areia	Silte	Argila
		mgdm <sup>-3</sup>								%			g kg <sup>-1</sup>		
Material de solo	7,6	40	0,26	9,6	1,7	0,3	0,0	0,0	11,8	11,8	100	15,7	743	154	103



**Figura 1.** Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca da raiz (MSRA) de *Zea mays* em função de doses de carbono aplicadas ao solo via ácido húmico comercial (AHc), ácido húmico extraído de vermicomposto (AHv) e carvão vegetal ativado (CV).



**Figura 2.** Teor de clorofila *a* e *b* em plantas de milho, em função de doses de carbono aplicadas ao solo via ácido húmico comercial (AHc), ácido húmico extraído de vermicomposto (AHv) e carvão vegetal ativado (CV).



**Figura 3.** Teor de chumbo na parte aérea de milho em função de doses de carbono aplicadas ao solo via ácido húmico comercial (AHc), ácido húmico extraído de vermicomposto (AHv) e carvão vegetal ativado (CV).