

Aplicação lodo de estação de tratamento de efluentes em solo impactado sob cultivo de milho ⁽¹⁾.

Leonardo Capeleto de Andrade ⁽²⁾; Robson Andrezza ⁽³⁾; Flávio Anastácio de Oliveira Camargo ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq.

⁽²⁾ Eng° Ambiental, mestre e doutorando em Ciência do Solo; Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Porto Alegre, RS. eng.capeleto@gmail.com; ⁽³⁾ Professor do Centro de Engenharias; Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). ⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Solos, UFRGS.

RESUMO: A destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos é um dos grandes desafios à sociedade. O objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos da aplicação de lodo de Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de aterro industrial em um solo negativamente impactado pela extração de argila no cultivo de milho híbrido (*Zea mays*), em casa de vegetação. Os tratamentos utilizados foram: Controle (sem aplicação de lodo), doses de lodo (2; 5; 10; 20 e 50 Mg ha⁻¹), e Controle - com aplicação de NPK. Os resultados foram coletados 75 dias após a germinação, onde foi avaliado: pH; condutividade elétrica (CE); argila dispersa em água; e teores disponíveis de P, K, Ca, Mg, Cu, Zn e Na. Nas plantas foi avaliado: altura; massa seca; teores totais de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn, Na, Cr, Ni, Pb e As. As doses de lodo modificaram o pH e a CE do solo; contudo, não influenciaram a altura e massa do milho. A aplicação de lodo gerou aumento nos teores de P, K, Ca, Mg e Na no solo e K, Ca, Mg, S no tecido. Contudo, houve também aumento dos teores de Cr, Ni, Pb e Se na planta. A aplicação de lodo de estação de tratamento de efluentes de aterro industrial em um solo impactado negativamente pela extração de argila não influenciou no desenvolvimento da parte aérea do milho. As doses em estudo não atingiram os valores limitantes no solo exigido pela legislação vigente para metais.

Termos de indexação: ETE; *Zea mays*; metais pesados.

INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios à sociedade encontra-se na disposição final ambientalmente correta dos resíduos sólidos (Jacobi & Besen, 2011). Os lodos de Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) industriais diferenciam-se dos lodos urbanos principalmente por seus atributos químicos. Dentre alguns dos principais elementos normalmente presentes em lodos de ETE da indústria do curtume estão: N, P, K, S, Ca, Mg, Zn, Fe, Cu, Mn, Cr, Na e As. Alguns destes componentes são nutrientes para

plantas e micro-organismos, como: N, P, K, S, Ca e Mg (Selbach et al., 1991). Metais como Cu, Fe, Mn e Zn são essenciais para o crescimento de plantas e constituintes importantes de várias enzimas metabólicas, porém outros metais como Al, As, Cd, Cr, Pb e Se são biologicamente não essenciais para as plantas e ainda podem ser tóxicos acima de certos níveis. Apesar disto, o Cr⁺³ é requerido em pequenas quantidades como um micro-nutriente inorgânico para animais (Panda & Choudhury, 2005).

A aplicação de lodos em solos, como destino final, pode ser recomendada de acordo com as características do resíduo e da interação deste com o solo. Efeitos positivos e negativos da aplicação de lodo com presença de cromo podem ser observados, dependendo das doses (Castilhos et al., 2002; Kray et al., 2013). Diversos autores demonstram resultados benéficos da aplicação de lodos em solos (Selbach et al., 1991; Castilhos et al., 2002; Cavallet & Selbach, 2008; Medeiros et al., 2009; Vieira et al., 2011; Gianello et al., 2011), como aumento do pH, incremento de nutrientes e benefícios no desenvolvimento de culturas.

Baseado nisto, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos da aplicação de lodo de ETE de aterro industrial em um solo impactado e no cultivo de milho em casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O delineamento experimental foi blocos ao acaso com sete tratamentos e três blocos. As doses de lodo utilizadas no estudo foram: 2; 5; 10; 20 e 50 Mg ha⁻¹, além de tratamento Controle negativo (Controle (0)) (sem aplicação de lodo) e Controle positivo (Controle (NPK)) (com aplicação de NPK e sem aplicação de lodo).

Amostras de solo e tecido vegetal

No ensaio foi utilizado um solo classificado como Argissolo Vermelho distrófico, coletado em uma área negativamente impactada pela extração de



argila (29°40'36.7"S e 51°12'45.3"W), onde esta é utilizada na compactação dos leitos das células do aterro industrial (onde foi coletado o lodo), sendo predominantemente derivado dos horizontes A e C (Areia franca), com poucos resquícios do horizonte B. O solo foi caracterizado: Argila - 13%; pH (H₂O 1:1) - 6,9; SMP - 7,1; Matéria orgânica - 1,9%; Al+H - 1,2 cmolc dm⁻³; CTC - 8,9 cmolc dm⁻³; Saturação por bases (V) - 86%; P - 10 mg dm⁻³; K - 29 mg dm⁻³; S - 12 mg dm⁻³; Zn - 12 mg dm⁻³; Cu - 1,8 mg dm⁻³; Mn - 12 mg dm⁻³; Na - 8 mg dm⁻³.

Nos vasos foi cultivado milho híbrido (*Zea mays*), SHS4080, plantado em volume de 4 dm³ de solo. Para o tratamento Controle positivo (NPK), utilizaram-se as doses recomendadas pelo Manual de Adubação e Calagem para RS e SC (CQFSRS/SC, 2004). Não foi realizado a calagem do solo devido ao índice SMP e pH do solo apresentados. Os vasos foram semeados em setembro de 2013 (15 dias após incubação do lodo) e colhidos em novembro de 2013 (75 dias após a germinação), avaliando-se: nas amostras de solo (0-20 cm) - o pH_{H₂O} (1:1), a condutividade (1:5), argila dispersa em água (ADA) e os teores disponíveis de P, K, Ca, Mg, Cu, Zn e Na (Mehlich-1); nas plantas - a altura, massa seca e os teores totais de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn, Na, Cr, Ni, Pb e As (extração nitro-perclórica) também foram analisadas.

O lodo utilizado neste estudo foi coletado nos leitos de secagem da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de um aterro industrial localizado no município de Estância Velha (29°40'36.7"S 51°12'45.3"W), região metropolitana de Porto Alegre (RS), em área de grande concentração de empresas do ramo coureiro-calçadista. O material foi seco (65°C), tamisado (2 mm) e caracterizado: C_{org} (7,3 %); N (3,9%), P (0,2 %); K (0,3%); Ca (20%); Mg (0,8%); S (1,2%); Fe (4,7%); Na (2,6%); Cu (23 mg kg⁻¹); Zn (32 mg kg⁻¹); Mn (658 mg kg⁻¹); Cd (0,3 mg kg⁻¹); Cr⁺³ (602 mg kg⁻¹); Cr⁺⁶ (<1 mg kg⁻¹); Ni (38 mg kg⁻¹); As (12 mg kg⁻¹); Hg (0,01 mg kg⁻¹); Poder de neutralização (49%); pH_{H₂O} (7,9); CE (12,8 dS m⁻¹). A caracterização do lodo e solo foi realizada no Laboratório de Análises de Solo, da Faculdade de Agronomia, UFRGS, segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). As quantificações ocorreram por ICP-OES.

Análise estatística

Os resultados foram avaliados por análise de variância e, quando significativos a 5% de probabilidade, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey, utilizando o programa estatístico Assistat v.7.7 beta. Para modelos gráficos utilizouse o programa SigmaPlot v.11.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doses de lodo de Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de aterro industrial modificaram o pH e a condutividade elétrica (CE) do solo ($p < 0,05$), porém não influenciou a altura e massa do tecido vegetal do milho. O pH do solo variou de 7,0 a 7,5 e a CE variou de 0,06 a 0,40 dS m⁻¹, após 75 dias de incubação com as diferentes doses de lodo testadas, não havendo diferenças estatísticas ($p < 0,05$) entre os tratamentos Controle (sem aplicação de lodo e com aplicação de NPK) e a dose de 2 Mg ha⁻¹ de lodo. A altura e massa seca do milho variaram, entre os tratamentos Controle (0) e as doses de lodo; a altura variou de 20,3 a 26,8 cm e a massa seca de 4,1 a 5,3 g, não havendo diferenças estatísticas. O único tratamento que diferiu estatisticamente foi o Controle positivo (NPK), com médias de 37,8 cm de altura das plantas e 12,7 g de biomassa. Resultados similares foram encontrados por Castilhos et al. (2002) e Gianello et al. (2011), onde também não foram verificadas diferenças entre os rendimentos de matéria seca nos diferentes tratamentos com adição de lodo com presença de cromo, diferindo apenas do tratamento controle com aplicação de NPK.

A aplicação de lodo gerou incremento nos teores disponíveis de P, K, Ca, Mg e Na no solo (0-20 cm), não havendo diferenças significativas para Zn e Cu entre os tratamentos. Os teores de P no solo (nos tratamentos com aplicação de lodo) não obtiveram valores superiores ao tratamento Controle (NPK) nas doses testadas, diferentemente do K e Mg. Os teores disponíveis de Ca e Na aumentaram progressivamente com a aplicação de lodo, sendo que os teores de Ca dobraram entre o tratamento Controle (0) e a dose de 20 Mg ha⁻¹ e o Na aumentou linearmente.

Comportamentos similares aos obtidos no solo ocorreram no tecido vegetal do milho, com aumentos nos teores de K, Ca, Mg e S com aplicação de lodo em solo, não havendo porém diferenças significativas para o P. Contudo, com a aplicação de lodo em concentrações acima de 10 Mg ha⁻¹, o K obteve teores superiores ao tratamento Controle (NPK). O Na também não apresentou diferenças entre o tratamento Controle (0) e a adição de 5 Mg ha⁻¹ de lodo, contudo, ocorreu um aumento após esta dose, alcançando valores cerca de 10 vezes maiores na dose de 10 Mg ha⁻¹ e mais de 100 vezes na dose de 50 Mg ha⁻¹ em relação ao tratamento Controle sem adição de lodo. Para os metais Zn, Mn e Cu (Figuras 1a, 1b, e 1c, respectivamente), ocorreram aumentos nos teores destes metais no tecido vegetal com a aplicação de lodo, porém, apenas na aplicação de 20 Mg ha⁻¹ de



lodo e nas doses superiores, houve diferenças com o tratamento Controle (0). O Fe teve apenas um pico na aplicação de 20 Mg ha⁻¹ de lodo, reduzindo posteriormente, sem diferenças para os demais tratamentos (Figura 1d).

Do mesmo modo, houve aumento nos teores de metais pesados no tecido vegetal com as doses de lodo. Os metais Cr, Ni, Pb (Figuras 1e, f, g) tiveram aumento nos teores do tecido vegetal com a aplicação de lodo no solo impactado. Dentre os metais pesados, apenas o As (Figura 1h) apresentou redução nos teores com a aplicação de lodo, em comparação com o tratamento Controle (0). Segundo Campos et al. (2013), a mobilidade, biodisponibilidade e toxidez do As no solo é afetada fortemente pelo pH e componentes mineralógicos da fração argila, sofrendo adsorção química em óxidos de Fe e Al. A adição de resíduos com presença de metais possibilita a absorção destes elementos pelas plantas, contudo, as grandes concentrações de carbono orgânico (7,3%) e poder de neutralização (49%) do lodo estudado podem contribuir na complexação e indisponibilização dos metais para as plantas, em função do aumento de cargas negativas dependentes do pH e das cargas da MO (Bissani et al., 2008).

Apesar dos altos valores da CE, esta não alcançou valores críticos (Bissani et al., 2008). Mesmo com grandes valores de sódio, não foi observado aumento nos valores da argila dispersa em água (ADA) com a aplicação das doses de lodo, apresentando média de 6,7% para ADA e 49% para GF em todos os tratamentos.

CONCLUSÕES

A aplicação de lodo de estação de tratamento de efluentes de aterro industrial em solo impactado negativamente pela extração de argila não influenciou no desenvolvimento do milho.

As doses em estudo não atingiram os valores limitantes da legislação vigente para metais em solo.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); ao Programa de Pós Graduação em Ciências do Solo (PPGCS) e ao Departamento de Solos, UFRGS.

REFERÊNCIAS

BISSANI, C.A. et al. Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas. 2. ed. Porto Alegre :Gênese, 2008. 344 p.

CAMPOS, M.L. et al. Teor de arsênio e adsorção competitiva arsênio/fosfato e arsênio/sulfato em solos de Minas Gerais, Brasil. *Ciência Rural*, 43:985-991, 2013.

CASTILHOS, D.D. et al. Rendimentos de culturas e alterações químicas do solo tratado com resíduos de curtume e cromo hexavalente. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 26:1083-1092, 2002.

CAVALLET, L.E.; SELBACH, P.A. Populações microbianas em solo agrícola sob aplicação de lodos de curtume. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:2863-2869, 2008.

CQFSRS/SC - COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre, SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400p.

GIANELLO, C.; et al. Viabilidade do uso de resíduos da agroindústria coureiro-calçadista no solo. *Ciência Rural*, 41:242-245, 2011.

KRAY, C.H.; et al. Decomposição de resíduo carbonífero e de curtume no solo avaliada pela atividade microbiana e modificações nos atributos químicos do solo pela aplicação dos resíduos. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 19:10-21, 2013.

MEDEIROS, J.C.; et al. Calagem superficial com resíduo alcalino da indústria de papel e celulose em um solo altamente tamponado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:1657-1665, 2009.

PANDA, S.K.; CHOUDHURY, S. Chromium stress in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17:95-102, 2005.

SELBACH, P.A.; et al. Descarte e biodegradação de lodos de curtume no solo. *Revista do couro, Estancia Velha*, 17:51-62, 1991.

TAVARES FILHO, J. et al Water-dispersible clay in soils treated with sewage sludge. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34, 2010.

TEDESCO M.J. et al. Análises de solos, plantas e outros materiais. 2ª ed. Porto Alegre, UFRGS, Departamento de Solos. *Boletim Técnico*, 5. 1995. 174p.

VIEIRA, G. A. et al. Atributos do solo e crescimento do milho decorrentes da adição de lodo anaeróbico da estação de tratamento de efluentes da parbolização do arroz. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:535-542, 2011.

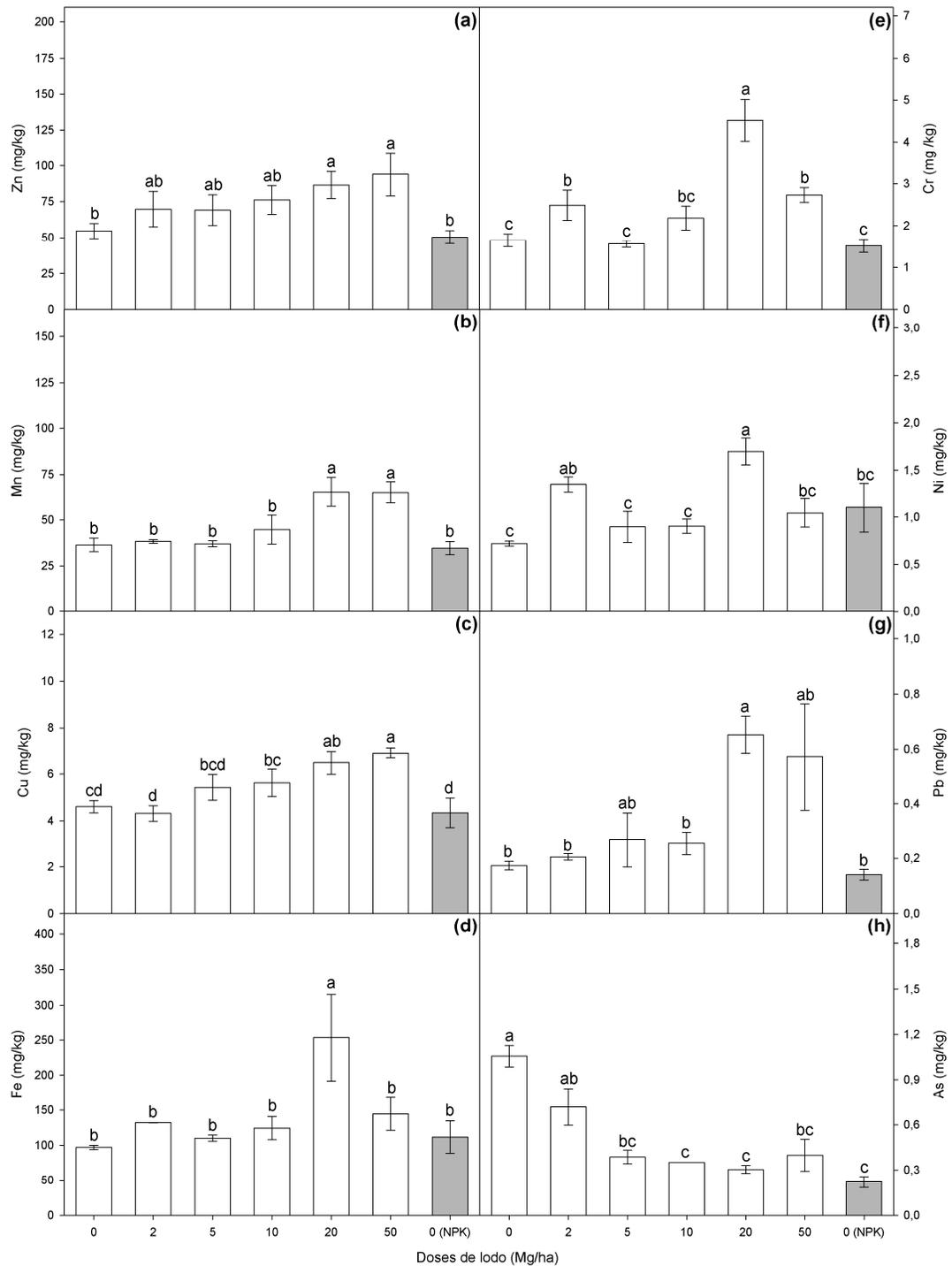


Figura 1 - Teores totais de (a) zinco, (b) manganês, (c) cobre, (d) ferro, (e) cromo, (f) níquel, (g) chumbo e (h) arsênio no tecido vegetal do milho para nos tratamentos com doses de lodo (2; 5; 10; 20; 50 Mg ha⁻¹) e Controles sem aplicação de lodo (0) e com aplicação de NPK.