



Metais pesados em solo com histórico de aplicações de fontes orgânicas e mineral de nutrientes

Jéssica Carolina Faversoni⁽¹⁾; Carlos Alberto Ceretta⁽²⁾; Gustavo Brunetto⁽³⁾; Paulo Ademar Avelar Ferreira⁽⁴⁾; Max Kleber Laurentino Dantas⁽⁵⁾; Adriéli Tassinari⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Doutorandas do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). E-mail: jessicafaversani@yahoo.com.br.

⁽²⁾ Professor Titular do Departamento de Solos e do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

⁽³⁾ Professor Adjunto III do Departamento de Solos e do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

⁽⁴⁾ Pós-Doutorando em Ciência do Solo no Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFSM.

⁽⁵⁾ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

⁽⁶⁾ Graduanda em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

RESUMO: As aplicações de fertilizantes orgânicos e minerais em áreas agrícolas, especialmente, sob plantio direto e ao longo de anos, pode promover o aumento dos teores de metais pesados, como arsênio (As), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cromo (Cr), cobre (Cu), zinco (Zn) e níquel (Ni) no solo, que podem ser contaminantes do solo e águas. No Brasil, as normas vigentes para a regulação dos níveis máximos de substâncias químicas no solo são estabelecidas pela Resolução CONAMA 420/2009 do Conselho Nacional do Meio Ambiente. O trabalho objetivou avaliar os teores de As, Cd, Pb, Ni, Cr, Zn e Cu em solo submetido por vários anos a adição de fontes orgânicas e mineral de nutrientes, comparando os resultados a níveis máximos estabelecidos pela legislação nacional. O trabalho foi realizado na área experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria (RS). O experimento foi instalado no ano de 2004 e os tratamentos foram dejetos líquidos de suínos (DLS) e de bovinos (DLB), cama sobreposta de suínos (CSS), adubação mineral (uréia + superfosfato triplo + cloreto de potássio) e testemunha (sem a aplicação de nutrientes). Em agosto de 2014 foram coletadas amostras de solo e dejetos. Foram analisados os elementos As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn e constatou-se que houve acréscimo de seus teores no solo com as frequentes aplicações de fertilizantes orgânicos e mineral sem, contudo, ultrapassarem os valores máximos estabelecidos pelo CONAMA 420.

Termos de indexação: dejetos de animais; fertilizante mineral; contaminação ambiental.

INTRODUÇÃO

Na região Sul do Brasil, normalmente suínos e bovinos de leite são criados em sistema confinado. No Rio Grande do Sul (RS) são produzidos diariamente, aproximadamente, 38.000 m³ de dejetos líquidos de suínos (DLS) (Fepam, 2008) e 1.185 m³ de dejetos líquidos de bovinos (DLB)

(Ibge, 2011). Os dejetos líquidos e sólidos de suínos e bovinos podem ser aplicados no solo como fonte única ou complementar de nutrientes, entre eles, N, P, K, Ca e Mg às plantas (Ciancio et al., 2014). Mas, os dejetos na sua composição também possuem metais pesados, como Cu, Zn, Mn, As, Cd, Pb, Cr e Ni (Gräber et al., 2005). Com isso, solos submetidos a aplicações sucessivas de dejetos ao longo dos anos podem apresentar acúmulo destes metais pesados no solo.

No Brasil, a Resolução CONAMA 420/2009 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama, 2009) regula o nível máximo de substâncias químicas no solo e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. De acordo com o nível de contaminação, esta sinaliza a necessidade de realizar práticas preventivas, a fim de garantir a manutenção da funcionalidade do solo ou a implementação de medidas corretivas destinadas a restabelecer a qualidade do solo e promover a sustentabilidade de forma compatível com os usos pretendidos (Conama, 2009).

O trabalho objetivou avaliar os teores de As, Cd, Pb, Ni, Cr, Zn e Cu em solo submetido por vários anos a adição de fontes orgânicas e mineral de nutrientes, comparando os resultados a níveis máximos estabelecidos pela legislação nacional.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na área experimental do Departamento de Solos da UFSM, em Santa Maria-RS. O clima da região é do tipo Cfa, com temperatura média anual de 19,3°C e precipitação média de 1561 mm. O solo é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico arênico (Embrapa, 2013).

O experimento foi instalado no ano de 2004 em área sob sistema de plantio direto. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com

quatro repetições e parcelas com dimensões de 5 x 5 m (25 m²). Os tratamentos foram a aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) e de bovinos (DLB), cama sobreposta de suínos (CSS), adubação mineral (uréia + superfosfato triplo + cloreto de potássio) e um tratamento testemunha, sem a aplicação de nutrientes. Os tratamentos foram aplicados, anualmente, na superfície do solo e sem incorporação, sempre antes da implantação da cultura do milho até 2010; à partir dessa data, optou-se por realizar duas aplicações, antecedendo ambas às culturas da sucessão.

A dose de dejetos aplicada antes da implantação de cada cultura foi determinada com base na exigência de N pela cultura, considerando o índice de eficiência de cada material orgânico. Dessa forma, as quantidades de N aplicadas antes da implantação de cada cultura, foram de acordo com a recomendação proposta pela CQFS-RS/SC (2004). Até o presente momento foram realizadas 15 aplicações de fontes orgânicas e mineral de nutrientes no solo.

Tratamentos e amostragens

Na reaplicação das fontes de nutrientes (orgânicas e mineral) foram amostradas as fontes orgânicas aplicadas nos cultivos de de aveia-preta (inverno de 2013), milho (safra 2013/14) e trigo (inverno de 2014) e armazenadas. Posteriormente, as amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até massa constante. Em seguida, determinou-se a matéria seca e o resíduo foi armazenado em frascos de acrílico com volume de 50 mL. O fertilizante mineral (NPK) foi coletado e armazenado apenas em um único momento, pois foram utilizadas as mesmas fontes para todos os cultivos.

Em agosto de 2014, 138 meses após a implantação do experimento e no pleno florescimento da cultura do trigo foram coletadas, na camada de 0-5 cm, as amostras de solo no centro das quatro repetições. O solo foi seco ao ar, passado em peneira de malha de 2 mm, realizada a caracterização química e, posteriormente, armazenado para as demais análises.

As amostras das fontes de nutrientes (orgânicos e mineral) e solo foram maceradas em gral de pedra ágata e, em seguida, foram passadas em peneiras com abertura de malha de 150 micras (μ), para padronização das partículas e, logo depois, reservadas.

As amostras das fontes de nutrientes (orgânicos e mineral) e solo, foram abertas por digestão de via úmida, assistida por radiação micro-ondas (MAWD), método EPA 3051A (Usepa, 2007). Os teores de As, Cd, Pb, Cr, Ni, Cu e Zn foram determinadas por

espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores dos metais pesados determinados nos diferentes fertilizantes orgânicos e mineral adicionados no cultivo da aveia preta, milho e trigo variaram de 0,3 a 605 mg kg⁻¹ (Tabela 1). No cultivo da aveia preta a ordem decrescente dos teores de metais pesados encontrados na CSS foi Zn>Cu>Cr>Pb>As>Ni>Cd. Nas diferentes fontes orgânicas adicionadas ao solo, os maiores teores observados foram para os metais pesados Zn e Cu. O NPK apresentou os maiores teores de Zn e Cr em sua composição. No cultivo do milho os teores de Zn no DLS, DLB e CSS foram de 215, 271 e 216 mg kg⁻¹, respectivamente. O Zn foi o metal pesado observado em maior concentração nessas fontes orgânicas. Na CSS o teor de Zn foi de 16 e 35 vezes maior que os teores de Pb e As, respectivamente. Já, no cultivo do trigo, a sequência decrescente de metal pesado observado no DLS foi Zn>Cu>Ni>Cr>Pb>As>Cd. Independente do dejetos utilizado sempre foi observado maior teor de Zn e Cu em sua composição, em relação aos teores de As, Cd, Cr, Ni e Pb.

Os maiores teores de Cu e Zn nos dejetos, quando comparado aos teores de As, Cd, Cr, Ni e Pb pode ser atribuído as altas quantidades de Cu e Zn adicionadas de forma intencional nas rações dos suínos. Isso acontece por causa da baixa assimilação desses elementos pelo metabolismo dos animais (Nicholson et al., 2003). As principais fontes de Cu fornecida ao suínos são as formas de carbonato, cloreto, sulfato e óxido (Andrighetto et al., 1981). Assim, a adsorção ou complexação do Cu aos compostos orgânicos nos dejetos deve ocorrer no trato digestivo dos suínos ou durante o período de estabilização dos dejetos, antes de sua aplicação ao solo. Já, o Zn fornecido via rações é derivado de óxidos com baixa solubilidade (Andrighetto et al., 1981) e pouco assimilado no trato digestivo (Jondreville et al., 2003).

Observa-se que as concentrações de metais pesados nas amostras de dejetos não atingiram os níveis críticos correspondentes a faixa de concentração estabelecida pela resolução do CONAMA 375, para metais pesados, embora citada para o caso de lodo de esgoto (Tabela 1). Mas, os teores de As no fertilizante mineral estão próximos do estabelecido pela Legislação brasileira de contaminantes em fertilizantes minerais (Brasil, 2006). Esse metal pesado é encontrado naturalmente em rochas fosfatadas e são levados ao produto final, nos fertilizantes por meio do



processo industrial, como impureza (Guilherme; Marchi, 2007).

Os teores de As, Cd, Cr, Ni e Pb no solo, após os 138 meses de uso das diferentes fontes orgânicas e mineral, estão bem abaixo dos estabelecidos pela resolução do CONAMA 420 (Tabela 2). Considerando a resolução do CONAMA 375, que é desenvolvida para lodo de esgoto, o tempo máximo de aplicação de CSS com base na concentração média anual de As, Cd, Cr, Ni e Pb seria de 750, 286, 1.222, 1850 e 406 anos, respectivamente. Portanto, no cenário explorado nesses estudos as quantidades aplicadas desses elementos via CSS são baixas e não causariam poluição do solo em um curto período de utilização. Após 138 meses de condução do experimento, os teores de Cu e Zn no solo do tratamento que recebeu adição de CSS foram de 47,8 e 90,9 mg kg⁻¹, respectivamente. A aplicação de CSS não aumentou os teores desses metais pesados no solo para níveis que atingissem o patamar de prevenção estabelecido pela resolução do CONAMA 420, ou seja, o teor acima do qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo. Estes valores estabelecidos pela legislação são a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição padronizado (Conama, 2009).

CONCLUSÕES

A utilização de dejetos líquidos de suínos, de cama sobreposta de suínos e de dejetos líquidos de bovinos e adubação mineral (NPK) durante 138 meses promoveu incrementos de As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn no solo sem, contudo, ultrapassarem os valores máximos estabelecidos pela legislação brasileira.

REFERÊNCIAS

ANDRIGUETTO, J.M. et al. Nutrição animal: As bases e os fundamentos da nutrição animal. 4. ed. São Paulo, Nobel, 1981. v.1. 394p.

BRASIL. Instrução normativa nº 27, de 5 de junho de 2006. Dispõe fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes para serem, importados ou comercializados, deverão atender os limites estabelecidos nos Anexos I, II, III, IV e V desta instrução normativa no que se refere as concentrações máximas adquiridas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados, pragas e ervas daninhas. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, n 110, p. 15, 9 de junho de 2006. Seção 1. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/sanidade->

[vegetal/legislacao](#). Acessado em 07 de janeiro de 2015

CIANCIO, N. R. et al. Crop response to organic fertilization with supplementary mineral nitrogen. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 38, n. 3, p. 912-922, 2014.

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução no 420, de 28 de dezembro de 2009. "Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.", Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]. Brasília, DF, nº 249, de 30/12/2009, págs. 81-84. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res09/res42009.pdf>. Acessado em 10 de outubro de 2013.

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 375, de 2006. Gestão de resíduos e produtos perigosos- uso. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acessado em 10 outubro de 2013.

GIROTTI, E. et al. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, p. 955-965, 2010.

GRÄBER, I. et al. Accumulation of copper and zinc in danish agricultural soils in intensive pig production areas. *Danish J. Geography*, v. 105, p. 15-22, 2005.

GUILHERME, L. R. G; MARCHI, G. Metais em fertilizantes inorgânicos: avaliação de risco à saúde após a aplicação. São Paulo: ANDA. v 1, 154p, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Indicadores IBGE – Estatística da Produção Pecuária. Rio de Janeiro, 2011. 24p.

JONDREVILLE, C.; REVY, P.S.; DOURMAD, J.Y. Dietary means to better control the environmental impact of copper and zinc by pigs from weaning to slaughter. *Livestock Product. Science*. v. 84, p. 147-156, 2003.

USEPA – United States Environmental Protection Agency, Method 3051A: Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils. 2 ed. USEPA. Washington DC, 1988.



Tabela 1 - Teores de metais pesados em dejetos de animais e adubação mineral (valores expressos com base na massa seca do material), usados nas culturas da aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), milho (*Zea mays* L.) e trigo (*Triticum aestivum*).

Tratamento	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Aveia preta							
-----mg kg ⁻¹ -----							
DLS ⁽¹⁾	0,8 ± 0,14	0,4 ± 0,01	2,6 ± 0,02	453,4 ± 11,80	5,0 ± 0,00	2,8 ± 0,13	605,8 ± 15,68
DLB ⁽²⁾	1,3 ± 0,08	2,3 ± 0,00	4,1 ± 0,02	76,6 ± 0,10	4,2 ± 0,11	8,2 ± 0,02	162,0 ± 1,70
CSS ⁽³⁾	5,2 ± 0,18	1,8 ± 0,01	13,9 ± 0,40	57,7 ± 0,68	4,5 ± 0,09	12,1 ± 0,20	191,8 ± 1,42
NPK ⁽⁴⁾	8,2 ± 0,07	8,5 ± 0,09	123,9 ± 1,18	29,3 ± 0,18	21,0 ± 0,23	1,1 ± 0,01	158,5 ± 1,83
Milho							
DLS	0,4 ± 0,05	0,4 ± 0,01	1,3 ± 0,04	150,6 ± 0,38	4,6 ± 0,02	1,0 ± 0,17	215,0 ± 0,79
DLB	2,7 ± 0,12	1,5 ± 0,13	6,1 ± 0,04	72,5 ± 2,11	3,7 ± 0,06	8,4 ± 0,10	271,4 ± 15,25
CSS	6,1 ± 0,34	2,1 ± 0,07	13,3 ± 0,43	77,6 ± 3,22	5,3 ± 0,12	13,6 ± 0,02	216,3 ± 5,60
NPK	8,2 ± 0,07	8,5 ± 0,09	123,9 ± 1,18	29,3 ± 0,18	21,0 ± 0,23	1,1 ± 0,01	158,5 ± 1,83
Trigo							
DLS	0,7 ± 0,18	0,3 ± 0,01	2,2 ± 0,05	253,3 ± 1,42	6,3 ± 0,10	1,5 ± 0,01	546,1 ± 2,48
DLB	2,7 ± 0,19	1,6 ± 0,01	8,0 ± 0,25	77,0 ± 1,07	4,2 ± 0,01	8,4 ± 0,02	238,3 ± 0,59
CSS	5,4 ± 0,12	1,9 ± 0,02	23,5 ± 0,05	63,6 ± 1,49	9,3 ± 0,05	15,3 ± 0,10	208,2 ± 1,58
NPK	8,2 ± 0,07	8,5 ± 0,09	123,9 ± 1,18	29,3 ± 0,18	21,0 ± 0,23	1,1 ± 0,01	158,5 ± 1,83
Padrões de referências							
Dejetos ⁽⁵⁾	41	39	1000	1500	420	300	2800
Adubos ⁽⁶⁾	10	20	200	*	*	100	*

Médias ± desvio padrão; teores determinados em base seca; ⁽¹⁾ Dejeito líquido de suínos; ⁽²⁾ Dejeito líquido de bovinos; ⁽³⁾ Cama sobreposta de suínos; ⁽⁴⁾ Adubação mineral; ⁽⁵⁾ Resolução do CONAMA 375; ⁽⁶⁾ Legislação brasileira de contaminantes em fertilizantes minerais (MAPA); * Sem padrões de referência.

Tabela 2 - Teores de metais pesados na camada de 0-5 cm do solo, após 138 meses da instalação do experimento (com histórico de 15 aplicações), com aplicações de fertilizantes orgânicos e mineral.

Tratamento	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
-----mg kg ⁻¹ -----							
DLS ⁽¹⁾	3,4 ± 0,04	1,3 ± 0,01	12,6 ± 0,24	34,5 ± 0,35	3,5 ± 0,05	12,4 ± 0,26	59,5 ± 0,30
DLB ⁽²⁾	3,1 ± 0,09	1,3 ± 0,01	11,1 ± 0,15	14,3 ± 0,18	3,3 ± 0,03	11,8 ± 0,22	38,9 ± 0,49
CSS ⁽³⁾	3,7 ± 0,13	1,4 ± 0,01	11,4 ± 0,12	47,8 ± 1,40	3,9 ± 0,04	12,6 ± 0,08	90,9 ± 0,34
NPK ⁽⁴⁾	3,5 ± 0,02	1,3 ± 0,04	13,5 ± 1,01	7,5 ± 0,09	3,6 ± 0,40	12,1 ± 0,13	18,3 ± 0,27
CONTROLE	3,3 ± 0,13	1,3 ± 0,01	12,2 ± 0,01	7,4 ± 0,16	3,3 ± 0,06	12,0 ± 0,17	19,4 ± 0,44
Padrões de referências							
SOLO ⁽⁵⁾	35	3	150	200	70	180	450
CARGA MÁXIMA ⁽⁶⁾	30	4	154	137	74	41	445

Médias ± desvio padrão; teores determinados em base seca ⁽¹⁾ Dejeito líquido de suínos; ⁽²⁾ Dejeito líquido de bovinos; ⁽³⁾ Cama sobreposta de suínos; ⁽⁴⁾ Adubação mineral; ⁽⁵⁾ Valores orientadores para solo em nível de investigação agrícola (mg kg⁻¹) (CONAMA 420). ⁽⁶⁾ Carga máxima permitida no solo pela aplicação de lodo kg ha⁻¹ (CONAMA, 375).