



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbccs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Brasil

Erhard Scherer, Eloi; Nunes Nesi, Cristiano; Massotti, Zemiro

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO INFLUENCIADOS POR SUCESSIVAS APLICAÇÕES DE
DEJETOS SUÍNOS EM ÁREAS AGRÍCOLAS DE SANTA CATARINA

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 34, núm. 4, julio-agosto, 2010, pp. 1375-1384

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180215875034>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

SEÇÃO VIII - FERTILIZANTES E CORRETIVOS

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO INFLUENCIADOS POR SUCESSIVAS APLICAÇÕES DE DEJETOS SUÍNOS EM ÁREAS AGRÍCOLAS DE SANTA CATARINA⁽¹⁾

Eloi Erhard Scherer⁽²⁾, Cristiano Nunes Nesi⁽³⁾ & Zemiro Massotti⁽⁴⁾

RESUMO

Os dejetos de suínos constituem uma boa fonte de nutrientes, porém, quando inadequadamente usados, podem constituir-se em fator negativo de impacto ambiental. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do uso prolongado de dejetos de suínos como fertilizante sobre os atributos químicos do solo, em áreas com culturas anuais sob plantio direto. Amostras de solo foram coletadas em propriedades rurais da região oeste de Santa Catarina com tradição no uso de dejetos de suínos como fertilizante. Foram selecionadas áreas de três tipos de solo: Latossolo, Cambissolo e Neossolo, que haviam recebido dejetos de suínos por um período de aproximadamente 15 anos e por mais de 20 anos. Foram também coletadas amostras de solo adubado com fertilizante mineral e sob mata nativa em áreas adjacentes, para comparação. A amostragem do solo foi feita em sete profundidades (0–5, 5–10, 10–20, 20–30, 40–50, 70–80 e 100–110 cm), para determinação dos teores de matéria orgânica e de P, K, Cu e Zn disponíveis. O uso prolongado de dejetos de suínos proporcionou o acúmulo desses nutrientes nas camadas superficiais do solo, principalmente até a profundidade de 5 cm. O teor de matéria orgânica dos solos não foi alterado pelas sucessivas aplicações de dejetos de suínos. Em geral, as adubações anuais com dejetos de suínos não influenciaram a disponibilidade dos nutrientes no subsolo. No Neossolo e no Cambissolo, porém, observou-se movimentação de P até as camadas de 40–50 e 70–80 cm, indicando maior potencial de lixiviação do elemento nesses solos. O acúmulo de Cu e Zn ocorreu principalmente até 10 cm de profundidade no Latossolo e até 20 cm no Cambissolo e Neossolo. O grande acúmulo de nutrientes na camada superficial do solo (0–5 cm) em áreas adubadas com dejetos de suínos indica maior potencial de poluição ambiental por escoamento superficial do que as áreas com adubação mineral.

Termos de indexação: adubação orgânica, macronutrientes, cobre, zinco, mobilidade no solo, camadas do solo.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em setembro de 2009 e aprovado em maio de 2010.

⁽²⁾ Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI. Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar – CEPAF. Caixa Postal 791, CEP 89801-970 Chapecó (SC). E-mail escherer@epagri.sc.gov.br

⁽³⁾ Pesquisador da EPAGRI-CEPAF. E-mail cristiano@epagri.sc.gov.br

⁽⁴⁾ Extensionista Rural da EPAGRI, Regional de Concórdia. E-mail massotti@epagri.sc.gov.br

SUMMARY: LONG-TERM SWINE MANURE FERTILIZATION AND ITS EFFECTS ON SOIL CHEMICAL PROPERTIES IN SANTA CATARINA, SOUTHERN BRAZIL

Swine manure is a good nutrient source, but may have a negative impact on the environment when inadequately used. The aim of this work was to evaluate changes in properties of soils under no-till grain production and long-term swine manure fertilization. Soil samples from three representative soils types (Oxisol, Inceptisol and Leptosol) from Western Santa Catarina, Southern Brazil, were collected under no-tillage cultivation and surface application of swine manure for about 15 years and over 20 years. Samples from areas treated with mineral fertilizer and unfertilized controls (under forest vegetation) were also collected from seven soil layers (0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 40-50, 70-80, and 100-110 cm) to evaluate soil organic matter content and available P, K, Cu, and Zn. Long-term swine manure application caused nutrient accumulation (P, K, Cu and Zn) in the top soil layer, mainly in the top 5 cm of soil. Soil organic matter was not affected by manure application. In general, the annual manure applications did not affect the chemical properties of the subsoil. In Leptosol and Inceptisol, however, increased P concentrations were found in the 40-50 cm and 70-80 cm soil layers, indicating a greater potential for P loss in these soils. Exchangeable Zn and Cu was accumulated mainly in the top 10 cm of the Oxisol and in the top 20 cm of the Inceptisol and Leptosol. The accumulation of nutrients in the top soil layer (0-5 cm) indicated a greater potential for nutrient loss than in soils treated with conventional mineral fertilizer.

Index terms: organic fertilization, macronutrients, Cu, Zn, mobility, soil layers.

INTRODUÇÃO

Em Santa Catarina, especialmente na região oeste do Estado, a suinocultura é uma atividade tipicamente realizada em pequenas propriedades rurais com agricultura familiar diversificada. Em muitas dessas propriedades, com suinocultura intensiva, os dejetos são utilizados continuamente nas mesmas áreas, normalmente próximas à unidade de produção e, em grande parte dos casos, em frequências e quantidades excessivas em relação à capacidade de absorção pelas plantas cultivadas (Seganfredo et al., 2003; Mattias, 2006). As propriedades rurais estão localizadas, na maioria dos casos, em área com topografia bastante acidentada, com pouca área agricultável. Acrescenta-se a isso o aumento da produção de suínos ao longo do tempo e consequente aumento da produção de dejetos a serem aplicados nas áreas agricultáveis (Pilon et al., 2003) em sistema plantio direto (SPD) com aplicação de dejetos sem incorporação ao solo.

Essa disposição intensiva de dejetos de suínos pode promover acúmulo de nutrientes na camada superficial do solo, principalmente daqueles elementos com menor mobilidade, entre os quais P, Cu e Zn (Konzen, 2000; Ceretta et al., 2003; Gräber et al., 2005; Scherer et al., 2007), o que pode potencializar sua transferência via escoamento superficial (Gessel et al., 2004; Basso et al., 2005; Berwanger, 2006).

Embora a literatura internacional seja relativamente ampla sobre a utilização de dejetos de suínos como fertilizante e seu possível impacto ambiental, o acervo brasileiro é ainda bastante

limitado. A maioria das informações restringe-se às curvas de resposta de algumas culturas, avaliando doses e fontes, normalmente, em experimentos de curta duração (Konzen, 2000; Scherer & Nesi, 2007). Poucos são os trabalhos que apresentaram resultados do efeito cumulativo do uso prolongado de dejetos sobre características do solo, acúmulo de nutrientes no solo ou perda destes por escoamento superficial ou por lixiviação (Berwanger, 2006).

O conhecimento da dinâmica de elementos no solo onde se utilizam dejetos de suínos como fertilizante possibilita estabelecer estratégias para corrigir distorções nos sistemas de produção, visando a uma maior sustentabilidade ambiental. Neste trabalho, avaliou-se o efeito da aplicação continuada de dejetos de suínos nas propriedades químicas dos principais solos da região suinícola do oeste de Santa Catarina.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de solo para o presente estudo foram coletadas em propriedades rurais da região oeste de Santa Catarina, com longa tradição no uso dos dejetos de suínos como fertilizante. O clima regionalmente é subtropical úmido do tipo Cfa, segundo a classificação de Köppen, com incursões do clima do tipo Cfb, em algumas áreas de maior altitude. Foram amostrados solos em áreas de clima Cfa, em que é amplo o predomínio de Cambissolos e Neossolos, e em áreas de clima Cfb, onde, principalmente na paisagem mais estável, há predominância de Latossolos (Testa & Espírito Santo, 1992).

Na seleção dos locais, buscou-se, junto a técnicos da Extensão Rural e das Secretarias Municipais de Agricultura dos municípios com suinocultura intensiva, primeiramente identificar propriedades que possuíam tradição em suinocultura e que já vinham usando dejetos de suínos como fertilizante por um período superior a 20 anos. Ao mesmo tempo, foi verificada a existência de uma área na adjacência em que tinha sido usada somente adubação mineral por igual período.

Com base no conhecimento dos técnicos e dos dados obtidos junto aos produtores rurais, levantaram-se informações relacionadas ao perfil da propriedade quanto ao uso do solo, sistema de produção, forma de manejo dos dejetos e uso destes na adubação. A partir do histórico das áreas, partiu-se para amostragem do solo daquelas que melhor se enquadrassem nas três classes de manejo da adubação preestabelecidas: (1) área com cultivo de culturas anuais e uso de dejetos de suínos por aproximadamente 15 anos; (2) área com cultivo de culturas anuais e uso de dejetos de suínos por longo período (entre 20 e 25 anos); e (3) área com cultivo de culturas anuais e uso de adubo mineral por aproximadamente 20 anos. Além dessas, foi amostrada uma área com vegetação natural, representada pela mata nativa ou secundária, em que o solo não sofreu qualquer tipo de manejo. As características físicas e químicas deste solo foram consideradas como referência para comparação com os outros três sistemas com adubação orgânica e com adubação mineral.

Em cada tipo de solo (Latossolo, Cambissolo e Neossolo) foram coletas amostras em 10 propriedades (locais) de cada uma das quatro condições de adubação estabelecidas. As amostras foram coletadas em sete profundidades no perfil (0–5, 5–10, 10–20, 20–30, 40–50, 70–80 e 100–110 cm). O solo das camadas superficiais (0–20 cm) foi coletado com pá de corte e, a partir dessa profundidade, utilizou-se trado tipo holandês, coletando-se três subamostras por local. O Neossolo, por problemas de espessura do perfil e pedregosidade, foi amostrado até a profundidade máxima de 80 cm. A presença de pedras e cascalho no perfil do Neossolo e, em alguns casos, também no Cambissolo fez com que em alguns locais fossem necessárias várias tentativas de amostragem para se atingir a profundidade desejada.

As amostras de terra fina, secas e tamisadas, foram submetidas à análise química, extraíndo-se P e K com solução de Mehlich-1, com leitura colorimétrica do P e fotométrica do K; teor de MO do solo, determinado pelo método da combustão úmida, com utilização de bícromato de sódio e ácido sulfúrico com leitura colorimétrica; e Cu e Zn disponíveis, extraídos com HCl 0,1 mol L⁻¹ e determinados por espectrofotometria de absorção atômica. Os métodos de análise usados estão descritos em Tedesco et al. (1995).

Quando da coleta das amostras de solo, a quase totalidade das áreas sob uso agrícola encontrava-se

sob SPD consolidado, ou seja, com mais de cinco anos sem revolvimento do solo e incorporação de adubos. Os tempos de adoção do SPD variaram de 3 a 10 anos no Latossolo e de 4 a 15 anos no Cambissolo e Neossolo.

Nas áreas do Latossolo predominava o cultivo de milho no verão e aveia-preta ou trigo no inverno, enquanto nas áreas com Neossolo e Cambissolo predominava o cultivo de milho no verão e aveia-preta ou associação aveia e azevém no inverno. Para o estudo procurou-se amostrar solos de áreas que recebiam anualmente entre 30 e 60 m³ ha⁻¹ de dejetos de suínos. Segundo Scherer et al. (1996), os dejetos de suínos dessa região apresentam, em média, 30 g kg⁻¹ de matéria seca, 2,8 g dm⁻³ de N, 2,4 g dm⁻³ de P₂O₅, 1,5 g dm⁻³ de K₂O, 16 mg dm⁻³ de Cu e 43 mg dm⁻³ de Zn.

Nas áreas atualmente sob plantio direto, foi utilizado, por muitos anos, o preparo convencional do solo com arado e grade de discos nas áreas mecanizáveis de Latossolo ou Cambissolo e arado “fuçador”, de tração animal, nas áreas de encosta com Neossolo e Cambissolo. Todos os solos cultivados tinham recebido calcário com base em análise do solo, visando atingir determinado pH, normalmente entre 5,5 e 6,0.

Os dados de cada tipo de solo foram submetidos à análise de variância, considerando-se o modelo inteiramente casualizado com 10 repetições (locais) para avaliar o efeito das quatro condições de adubação estabelecidas dentro de cada camada de solo. Para comparação de médias, utilizou-se o teste t a 5 % em cada uma das profundidades amostradas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fósforo e potássio

Os teores de P disponível aumentaram significativamente nas camadas superficiais em razão do uso de dejetos de suínos ou de adubo mineral (Quadro 1). Os maiores teores foram observados na camada de 0–5 cm nos solos que receberam dejetos por mais de 20 anos, que, com exceção do Neossolo, diferiram dos solos que receberam dejetos por menos tempo ou adubo mineral. Isso demonstra que sucessivas aplicações de dejetos – às vezes em quantidades superiores às necessidades de P das culturas – resultam em acúmulo do nutriente na superfície do solo, sobretudo em se tratando de áreas com sistema plantio direto consolidado, em que os dejetos são sucessivamente aplicados na superfície do solo, sem incorporação.

Um expressivo acúmulo de P na superfície dos solos que receberam aplicação de dejetos de suínos também foi constatado em outros trabalhos (Ceretta et al., 2003; Gessel et al., 2004; Scherer et al., 2007), bem como uma forma potencial de perda do nutriente por escoamento superficial (Berwanger, 2006) ou por lixiviação (Eghball et al., 1996; Djodjic et al., 2004).

Quadro 1. Teores de fósforo e de potássio disponíveis em diversas profundidades do perfil de três solos sob mata nativa e uso agrícola com aplicação de dejetos de suínos e adubo mineral (médias de 10 locais)

Profundidade	Mata nativa		Dejetos de suínos				Adubo mineral		CV	
			(15 anos)		(> 20 anos)					
	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K
cm	mg dm ⁻³								%	
	Latossolo									
0-5	3,9 c	108 c	30,9 b	353 a	63,6 a	341 a	17,0 bc	242 b	23,80	6,90
5-10	3,6 c	86 b	26,2 ab	248 a	28,6 a	237 a	10,4 b	129 b	27,30	10,90
10-20	2,9 b	61 b	6,2 ab	174 a	10,7 a	202 a	5,3 ab	89 b	27,40	13,20
20-30	2,5 b	41 c	3,1 b	109 ab	5,2 a	171 a	3,2 ab	67 bc	20,60	16,90
40-50	2,1 a	31 b	2,7 a	76 a	3,4 a	108 a	2,5 a	47 ab	18,40	19,30
70-80	2,0 a	16 c	2,4 a	53 ab	2,4 a	70 a	2,2 a	28 bc	9,80	18,50
100-110	2,3 a	16 b	2,4 a	41 a	2,1 a	55 a	2,2 a	26 ab	13,40	17,50
	Cambissolo									
0-5	4,2 c	144 b	31,3 b	311 a	62,3 a	344 a	13,0 bc	266 a	24,10	8,90
5-10	3,6 c	105 b	22,0 ab	214 a	46,5 a	257 a	9,4 b	211 a	26,90	11,90
10-20	3,1 b	81 b	14,9 a	167 ab	16,2 a	220 a	5,6 b	161 ab	29,10	13,90
20-30	2,8 b	62 b	10,3 a	121 ab	7,7 a	175 a	4,0 b	100 ab	24,70	17,20
40-50	2,7 b	50 a	6,1 a	96 a	6,0 a	100 a	3,6 ab	92 a	22,90	18,10
70-80	2,7 c	37 a	5,5 a	75 a	4,8 ab	66 a	3,3 bc	73 a	20,50	19,60
100-110	3,0 b	38 a	4,8 a	68 a	4,0 ab	73 a	3,3 b	34 a	19,10	17,30
	Neossolo									
0-5	5,6 b	270 b	62,7 a	359 a	79,1 a	360 a	13,0 b	267 b	23,40	4,30
5-10	5,1 c	212 ab	23,2 b	289 a	46,0 a	255 ab	12,0 bc	199 b	25,90	7,20
10-20	4,5 c	163 a	16,4 ab	215 a	34,0 a	204 a	7,5 bc	159 a	27,40	11,40
20-30	3,9 c	117 a	9,6 ab	153 a	10,4 a	149 a	6,3 bc	89 a	25,90	13,60
40-50	3,7 b	108 a	8,3 a	124 a	7,6 a	114 a	5,5 ab	68 a	24,50	12,50
70-80	3,9 a	98 a	7,6 a	77 a	5,7 a	99 a	5,0 a	53 a	21,00	13,90

Médias seguidas por letras iguais na linha para P e K não diferem entre si pelo teste t a 5 %.

De acordo com as tabelas de interpretação propostas pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (CQFSRSC, 2004), os teores de P no solo de áreas com adubação mineral, na profundidade de até 10 cm, estão dentro dos limites considerados ideais para o bom desenvolvimento de culturas anuais. Por outro lado, nas áreas com dejetos de suínos, os teores de P na mesma profundidade estão bem acima dos níveis considerados altos (18 mg dm⁻³ para Latossolo e Cambissolo e 24 mg dm⁻³ para o Neossolo), estabelecidos pela Comissão para esses solos com base no teor de argila.

A distribuição dos teores de P nas diversas camadas analisadas (Quadro 1) revela comportamento diferenciado dos solos quanto à mobilidade do P no perfil. No Latossolo, por exemplo, mesmo com expressivo acúmulo de P na camada superficial (63,6 mg dm⁻³), após aplicação de dejetos por mais de 20 anos, a mobilidade do elemento no perfil do solo foi baixa, sendo significativamente maior em relação à testemunha (solo sob mata nativa) apenas nas camadas de até 30 cm de profundidade. No Neossolo, o efeito da aplicação de dejetos nos teores de P em comparação à testemunha ocorreu até a profundidade de 50 cm e, no Cambissolo, até a profundidade de 80 cm. Uma mobilidade semelhante do P no perfil

também foi constatada em um Argissolo do Rio Grande do Sul (Ceretta et al., 2003), o que pode representar um risco de contaminação das águas (Hountin et al., 2000).

A maior mobilidade do P no perfil observada nas áreas adubadas com dejetos de suínos corrobora os resultados de Eghball et al. (1996) e Mozzaffari & Sims (1994), que também observaram maior movimentação do P no perfil do solo que recebeu dejetos em comparação ao adubo mineral, atribuindo esse fato à movimentação do P na forma orgânica. Por sua vez, Djodjic et al. (2004) e Werner (1999) relatam que em áreas adubadas com dejetos animais os mecanismos de transporte do P no solo e as propriedades do subsolo parecem ser mais importantes para a lixiviação do que a quantidade do elemento acumulado na superfície do solo.

Apesar de ter havido migração de P em profundidade, o risco de contaminação ambiental por percolação é pequeno se comparado àquele por escoamento superficial (Basso et al., 2005), principalmente nos solos de encosta basáltica (Neossolo e Cambissolo), que ocorrem em áreas com grande declividade. Nesses solos, mesmo com aplicação de dejetos por mais de 20 anos, os teores de P nas camadas inferiores continuam de médio a baixos (CQFSRSC,

2004), indicando que ainda existe capacidade de suporte desses solos, sem grande risco de perda do elemento por lixiviação.

O comportamento do K no solo foi similar ao do P (Quadro 1), verificando-se também teores mais elevados nas camadas superficiais do solo nos dois períodos de aplicação de dejetos, que não diferiram entre si, mas foram superiores ao sistema com adubação mineral, à exceção do Cambissolo. Neste solo, o efeito do adubo mineral e dos dejetos foi semelhante, mas com teores de K significativamente maiores do que os do solo sob mata nativa.

A estratificação do K ao longo do perfil do solo caracteriza-se pelo acúmulo desse nutriente na superfície do solo e decréscimo nos teores com o aumento da profundidade de amostragem, ocorrendo tanto em solos sob cultivo de plantas anuais quanto sob plantas nativas. O perfil de estratificação de K em solo cultivado sob SPD foi também observado em outros trabalhos (Klepker & Anghinoni, 1995; Scherer et al., 2007).

A maior mobilidade de K no perfil foi observada no Latossolo (Quadro 1), onde, em todas as profundidades amostradas, as áreas que receberam dejetos de suínos diferiram do solo sob mata nativa. Em razão do alto teor de argila desse solo (Quadro 2), esperava-se menor mobilidade do K. Contudo, resultados obtidos por Werle et al. (2008) em dois Latossolos do Estado de São Paulo mostraram que a movimentação do K no perfil independe do teor de argila do solo e que a lixiviação de K estava diretamente relacionada com o teor inicial desse elemento no solo, resultante da aplicação de altas doses de adubo potássico no período que antecedeu o estudo.

Originalmente, o Neossolo apresentou os maiores teores de K, o que já era esperado por tratar-se de um solo mais jovem do que os demais, com maior quantidade de minerais primários e secundários com K em suas estruturas. Os altos teores de K encontrados ao longo de todo o perfil sob mata nativa demonstram a alta capacidade de suprimento desse

solo. Nele, ao contrário dos demais, a adubação influenciou positivamente os teores de K apenas na camada superficial (0–5 cm). Uma provável explicação para esse caso está relacionada à mineralogia desse solo, fazendo com que parte considerável do K aplicado fosse rapidamente convertida em formas não trocáveis pela presença de argilominerais ávidos por esse cátion (Sposito, 1989).

De acordo com as tabelas de interpretação propostas para os solos dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (CQFSRSC, 2004), todos os solos são originalmente bem supridos com K e apresentam altos teores do elemento na profundidade de até 10 cm – camada que serve de referência para a recomendação de adubo no SPD. Por sua vez, todas as áreas que receberam dejetos de suínos ou adubo mineral apresentam na profundidade até 10 cm valores bem acima do limite de 180 mg dm⁻³ de K, estabelecido como teor muito alto para essas classes de solo.

Isso mostra que excessivas aplicações de K, principalmente proveniente de dejetos de suínos, podem resultar em acúmulo de grande quantidade do nutriente na camada superficial do solo, aumentando o potencial de perda desse elemento por escoamento superficial (Basso, 2003).

Cobre e zinco

Os sistemas com dejetos de suínos influenciaram significativamente a disponibilidade de Cu e a sua distribuição no perfil dos solos (Quadro 3). Os teores mais elevados foram encontrados na camada superficial dos solos de áreas com dejetos de suínos, que diferiram significativamente dos solos sob mata nativa ou com adubação mineral. Um maior acúmulo de Cu na camada superficial do solo com a utilização de dejetos de suínos no SPD também foi constatado em outros trabalhos (Konzen, 2000; Mattias, 2006; Girotto, 2007).

Não se observou efeito significativo do tempo de uso de dejetos de suínos sobre os teores de Cu no solo, o que corrobora os resultados de Mattias (2006), que constatou baixa relação entre o tempo de aplicação de dejetos de suínos e o aumento nos teores de Cu em dois solos de Santa Catarina.

No Latossolo, o efeito dos dejetos sobre os teores de Cu restringiu-se à camada superficial (0–5 cm), enquanto no Cambissolo e no Neossolo o efeito foi significativo até a camada de 10–20 cm. Essa diferenciação entre os solos quanto à mobilidade descendente do Cu no perfil pode estar relacionada às características dos solos, que interferem na disponibilidade e mobilidade do elemento no perfil (Gräber et al., 2005). Entre as mais citadas estão o pH, o teor de argila, o potencial redox, a complexação por ligantes orgânicos e a própria mineralogia dos solos (Sposito, 1989).

O Zn revelou comportamento bem definido, aumentando nas camadas superficiais com a

Quadro 2. Teores de argila do solo em diversas profundidades do perfil de três solos (médias de dez locais e quatro sistemas de adubação)

Profundidade	Latossolo	Cambissolo	Neossolo
cm		g kg ⁻¹	
0–5	420	420	362
5–10	491	483	400
10–20	548	517	425
20–30	646	597	502
40–50	663	622	523
70–80	678	594	527
100–110	667	592	-

Quadro 3. Teores de cobre e de zinco disponíveis em diversas profundidades do perfil de três solos sob mata nativa e uso agrícola com aplicação de dejetos de suínos e adubo mineral (médias de 10 locais)

Profundidade	Dejetos de suínos										CV	
	Mata nativa		(15 anos)		(>20 anos)		Adubo mineral					
	Cu	Zn	Cu	Zn	Cu	Zn	Cu	Zn	Cu	Zn		
cm	mg dm ⁻³										%	
	Latossolo											
0–5	3,4 b	4,3 c	8,2 a	17,3 b	10,0 a	31,8 a	2,6 b	5,4 c	30,00	28,70		
5–10	4,5 a	3,0 c	6,9 a	8,3 b	7,2 a	12,1 a	4,3 a	3,4 c	27,30	20,60		
10–20	5,4 a	2,4 a	6,3 a	3,7 a	6,2 a	5,0 a	4,7 a	2,1 a	26,80	27,20		
20–30	6,0 a	2,1 a	6,6 a	1,9 a	6,4 a	2,2 a	5,3 a	1,0 a	24,30	25,10		
40–50	6,0 a	1,6 a	6,4 a	1,6 a	5,8 a	1,4 a	5,8 a	0,7 a	24,50	22,90		
70–80	5,4 a	1,4 a	5,3 a	0,6 a	5,2 a	0,9 a	5,3 a	0,5 a	25,20	17,30		
100–110	4,9 a	1,3 a	5,0 a	0,6 bc	4,7 a	1,0 ab	4,8 a	0,4 c	26,90	17,50		
	Cambissolo											
0–5	5,4 c	10,2 b	12,1ab	28,3 a	19,2 a	46,4 a	6,7 bc	6,9 b	21,10	40,00		
5–10	7,7 b	8,3 bc	12,3a	15,9 ab	15,4 a	27,4 a	7,8 b	4,9 c	16,00	39,50		
10–20	9,6 ab	6,6 ab	12,1a	8,1 ab	13,6 a	12,7 a	8,5 b	4,0 b	13,80	36,30		
20–30	9,4 a	4,6 a	12,3a	3,7 a	12,1 a	5,0 a	9,8 a	2,2 a	11,30	30,30		
40–50	9,6 a	3,5 a	11,7a	2,8 a	13,9 a	3,2 a	9,9 a	2,0 a	15,30	27,40		
70–80	9,6 a	2,6 a	10,6a	2,3 a	13,1 a	2,4 a	9,4 a	1,3 a	14,40	23,70		
100–110	9,5 a	2,5 a	9,5 a	2,1 a	13,3 a	2,4 a	9,7 a	1,5 a	15,50	21,40		
	Neossolo											
0–5	4,5 c	15,5 b	23,9 a	51,7 a	18,9 a	37,9 a	10,1 b	14,3 b	23,40	24,70		
5–10	6,6 c	17,9 bc	16,1 a	28,2 a	16,7 a	24,0 ab	10,0 b	11,3 c	20,40	19,80		
10–20	9,8 c	12,7 ab	13,5 ab	15,3 ab	16,5 a	20,2 a	10,3 bc	8,4 b	17,60	29,40		
20–30	10,1 a	8,6 a	13,0 a	6,9 a	13,8 a	9,8 a	11,3 a	5,4 a	18,10	24,50		
40–50	10,1 a	8,3 a	11,8 a	3,9 b	12,2 a	5,2 ab	13,1 a	3,8 b	18,40	24,90		
70–80	10,6 a	4,9 a	10,5 a	2,8 b	12,5 a	3,4 ab	11,5 a	2,1 b	14,00	21,40		

Médias seguidas por letras iguais na linha para Cu e Zn não diferem entre si pelo teste t a 5 %.

utilização de dejetos e diminuindo em profundidade no perfil, em todos os sistemas de adubação (Quadro 3). Os maiores teores foram observados na camada superficial do solo (0–5 cm), nas áreas que receberam dejetos de suínos, não se constatando, a exemplo do Cu, efeito para o tempo de uso do adubo, à exceção do Latossolo, em que as áreas que receberam dejetos por mais de 20 anos apresentaram os maiores teores. Possivelmente, esse maior acúmulo de Zn na superfície do solo ocorreu devido à ciclagem do nutriente pelas plantas e ao não revolvimento do solo e incorporação dos dejetos, pois a maioria das áreas se encontrava com o SPD consolidado. Isso mostra que ambos os metais (Cu e Zn) mostraram menor mobilidade no Latossolo do que no Neossolo e Cambissolo.

O expressivo acúmulo de Cu e Zn na camada superficial do solo sob SPD pode ser explicado pelas altas concentrações desses metais nos dejetos de suínos (Scherer et al., 1996), que, para uma dose média anual de 45 m³ ha⁻¹ de dejetos, após 20 anos, resultaria na adição de 14 kg ha⁻¹ de Cu e 38 kg ha⁻¹ de Zn, respectivamente.

No Latossolo, a adubação com dejetos de suínos influenciou significativamente os teores de Zn até a profundidade de 10 cm, ao passo que nos demais solos a mobilidade do elemento, a exemplo do Cu, se

estendeu até a profundidade de 20 cm. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Girotto (2007), que em um Argissolo adubado por sete anos com dejetos de suínos também verificou pouca mobilidade desses dois elementos no solo, chegando até 10 e 12 cm de profundidade para Zn e Cu, respectivamente. Girotto (2007) observou também que o Cu, oriundo da aplicação de dejetos de suínos, acumula no solo em sua maior parte nas frações orgânicas, enquanto o Zn acumula majoritariamente em frações minerais.

As disponibilidades desses dois metais pesados nas camadas superficiais são relativamente baixas (Quadro 3) quando comparados com a capacidade máxima de adsorção dos solos dessa região, que foi de 317 e 221 mg kg⁻¹ de Cu e de 137 e 325 mg kg⁻¹ de Zn, em Cambissolo e Latossolo, respectivamente (Moreira et al., 2009). Isso explica, em parte, a baixa mobilidade desses dois elementos nesses solos, principalmente no Latossolo, mesmo em áreas com sucessivas aplicações de dejetos de suínos.

De modo geral, a adubação mineral não influenciou a disponibilidade de Cu e Zn no solo, porém observou-se que os solos sob mata nativa apresentaram teores mais baixos de Cu na camada superficial (0–5 cm) em relação às camadas subjacentes no mesmo perfil.

Essa constatação indica provável influência dos resíduos orgânicos, encontrados na superfície do solo em área de mata, na imobilização do elemento.

Segundo Gräber et al. (2005), tanto o Cu como o Zn são capazes de formar complexos com substâncias húmicas, que influenciam a mobilidade desses metais no perfil do solo. Todavia, em razão de a constante de estabilidade do complexo formado pelo Cu ser maior em relação à do Zn (Sposito, 1989), a mobilidade do Cu é mais influenciada pela presença de substâncias húmicas em suspensão do que o Zn (Ashworth & Alloway, 2007).

Matéria orgânica

A aplicação de dejetos de suínos não proporcionou aumentos nos teores de MO em nenhum dos solos e camadas amostradas (Quadro 4). Esse fato já podia ser esperado, em razão do baixo teor de matéria seca e carbono orgânico que os dejetos líquidos de suínos apresentam. Em média, os dejetos de suínos da região oeste de Santa Catarina apresentam 3 % de matéria seca (Scherer et al., 1996), o que, numa dose média de 45 m³ ha⁻¹, representa uma adição anual máxima de 1,3 t ha⁻¹ de MO.

Os maiores teores de MO foram observados nas camadas superficiais dos solos sob mata nativa, as quais diferiram significativamente das áreas cultivadas, com exceção do Latossolo na camada de 0–5 cm. O teor mais elevado de MO, encontrado na camada superficial deste solo tanto nas áreas com

adubação orgânica como naquelas com adubação mineral, provavelmente é resultado da adoção do SPD, com deposição dos restos culturais na superfície do solo. Resultados obtidos por Klepker & Anghinoni (1995) e Amado et al. (2001) mostram que o SPD associado a sistemas com alta adição de resíduos vegetais, ricos em carbono, resulta em balanço positivo de MO no solo. Ambos os trabalhos ressaltam a importância do alto aporte de resíduos vegetais mesmo no SPD quando se visa ao acúmulo de C orgânico no solo. O positivo efeito do SPD é observado tanto no estoque de carbono orgânico total como no particulado (Costa et al., 2004).

Os menores teores de MO encontrados nas camadas superficiais dos perfis de Cambissolo e Neossolo cultivados em relação à mata nativa evidenciam que a deposição de resíduos pelo SPD na superfície do solo não foi suficiente para devolver valores próximos dos obtidos para mata nativa. Cabe ressaltar que, antes da implantação do SPD, os solos foram por longo período manejados com lavração e incorporação dos resíduos, o que, normalmente, resulta numa diminuição dos teores de MO, similarmente ao que foi observado por Perin et al. (2003) em solos do Rio Grande do Sul.

CONCLUSÕES

1. A utilização continuada de dejetos de suínos como fertilizante em áreas com culturas anuais

Quadro 4. Teores de matéria orgânica do solo em diversas profundidades do perfil de três solos sob mata nativa e uso agrícola com aplicação de dejetos de suínos e adubo mineral (médias de 10 locais)

Profundidade	Mata nativa	Dejetos de suínos		Adubo mineral	CV
		(15 anos)	(> 20 anos)		
cm			g dm ⁻³		%
0–5	52 a	44 a	45 a	43 a	10,40
5–10	50 a	45 ab	42 b	43 b	6,30
10–20	50 a	42 b	39 b	42 b	6,90
20–30	44 a	38 ab	34 b	36 b	8,60
40–50	38 a	29 b	28 b	31 b	12,10
70–80	31 a	25 a	25 a	26 a	12,90
100–110	26 a	22 ab	19 b	20 b	12,70
0–5	57 a	40 b	38 b	38 b	10,70
5–10	54 a	37 b	39 b	39 b	8,70
10–20	46 a	35 b	35 b	37 b	7,20
20–30	36 a	28 a	31 a	31 a	12,70
40–50	32 a	23 a	26 a	26 a	14,30
70–80	26 a	20 a	19 a	21 a	18,20
100–110	21 a	16 a	17 a	17 a	17,60
0–5	52 a	37 b	30 b	32 b	16,30
5–10	50 a	38 b	32 b	36 b	12,90
10–20	42 a	31 b	28 b	33 b	13,80
20–30	36 a	24 a	26 a	28 a	17,50
40–50	32 a	19 b	20 b	20 b	20,90
70–80	27 a	15 b	17 b	15 b	23,90

Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste t a 5 %.

proporciona maior acúmulo de nutrientes (P, K, Cu e Zn) na camada superficial do solo do que a adubação mineral.

2. Sucessivas aplicações de dejetos de suínos na mesma área alteram a distribuição de P, K, Cu e Zn no perfil, sendo esse efeito mais acentuado no Neossolo e no Cambissolo do que no Latossolo, que praticamente não apresenta mobilidade desses nutrientes, à exceção do K.

3. O Cu e Zn adicionados ao solo via dejetos de suínos apresentam pouca mobilidade, acumulando-se em maiores quantidades na camada superficial, sem maiores riscos ambientais por lixiviação.

LITERATURA CITADA

- AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F. & BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:189-197, 2001.
- ASHWORTH, D.J. & ALLOWAY, B.J. Complexation of copper by sewage sludge-derived dissolved organic matter: Effects on soil sorption behaviour and plant uptake. *Water Air Soil Pollution*, 182:187-196, 2007.
- BASSO, C.J. Perdas de nitrogênio e fósforo com aplicação no solo de dejetos líquidos de suínos. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2003. 125p. (Tese de Doutorado)
- BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; POLETTO, N. & GIROTTI, E. Dejeto líquido de suínos: II-Perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. *Ci. Rural*, 35:1305-1312, 2005.
- BERWANGER, A.L. Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com aplicação de dejeto líquido de suínos. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2006. 102p. (Tese de Mestrado)
- CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; BASSO, C.J.; BARCELLOS, L.A.R. & VIEIRA, F.C.B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. *Pesq. Agropec. Bras.*, 38:729-735, 2003.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFS/RS-SC. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.
- COSTA, F.S.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J.A. & FONTOURA, M.V. Aumento de matéria orgânica num Latossolo Bruno em plantio direto. *Ci. Rural*, 34:587-589, 2004.
- DJODJIC, F.; BÖRLING, K. & BERGSTRÖM, L. Phosphorus leaching in relation to soil type and soil phosphorus content. *J. Environ. Qual.*, 33:678-684, 2004.
- EGHBALL, B.; BINFORD, G.D. & BALTENSPERGER, D.D. Phosphorus movement and adsorption in a soil receiving long-term manure and fertilizer application. *J. Environ. Qual.*, 25:1339-1343, 1996.
- GESSEL, P.D.; HANSEN, N.C.; MONCRIEF, J.F. & SCHMITT, M.A. Rate of fall-applied liquid swine manure: Effects on runoff transport of sediment and phosphorus. *J. Environ. Qual.*, 33:1839-1844, 2004.
- GIROTTI, E. Cobre e zinco no solo sob uso intensivo de dejeto líquido de suínos. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2007. 121p. (Tese de Mestrado)
- GRÄBER, I.; HANSE, J.F.; OLESEN, S.E.; PETERSEN, J.; OSTERGAARD, H.S. & KROGH, L. Accumulation of copper and zinc in danish agricultural soils in intensive pig production areas. *Danish J. Geogr.*, 105:15-22, 2005.
- HOUNTIN, J.A.; KARAM, A.; COUILLARD, D. & CESCAS, M.P. Use of a fractionation procedure to assess the potential for phosphorus movement in a soil profile after 14 years of liquid pig manure fertilization. *Agrie. Ecosyst. Environ.*, 78:77-84, 2000.
- KLEPKER, D. & ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. *R. Bras. Ci. Solo*, 19: 395-401, 1995.
- KONZEN, E.A. Alternativas de manejo, tratamento e utilização de dejetos animais em sistemas integrados de produção. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 32p. (Documentos, 5).
- MATTIAS, J.L. Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2006. 165p. (Tese de Doutorado)
- MOREIRA, I.C.L.; MATTIAS, J.L.; CERETTA, C.A.; GIROTTI, E.; TRENTIN, E.E.; POCOJESKI, E. & LOURENZI, C. Adsorção de cobre, zinco e manganês em solos sob aplicação de dejetos suínos em Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., Recife, 2005. Anais. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. CD-ROM.
- MOZAFFARI, M. & SIMS, T.S. Phosphorus availability and sorption in an Atlantic coastal plain watershed dominated by animal based agriculture. *Soil Sci.*, 157:97-107, 1994.
- PERIN, E.; CERETTA, C.A. & KLAMT, E. Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois Latossolos do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:665-674, 2003.
- PILON, C.N.; MIRANDA, C.R.; GUIDONI, A.L.; COLDEBELLA, A. & PEREIRA, R.K. Diagnóstico das propriedades suinícolas da área de abrangência do Consórcio Lambari. Concórdia, Embrapa Suínos e Aves, 2003. 33p. (Documentos, 84)
- SCHERER, E.E.; AITA, C. & BALDISSERA, I.T. Avaliação da qualidade do esterco líquido de suíno da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante. Florianópolis, EPAGRI, 1996. 46p. (Boletim Técnico, 79)
- SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.T. & NESI, C.N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:123-131, 2007.
- SCHERER, E.E. & NESI, C.N. Sistemas de preparo do solo, doses e fontes de adubo nitrogenado na produtividade de milho. Agropec. Catarinense, 20:67-71, 2007.

- SEGANFREDO, M.A.; SOARES, I.J. & KLEIN, C.S. Potencial fertilizante e poluente dos dejetos de suínos no contexto das pequenas propriedades do Oeste de SC. Concórdia, Embrapa Suínos e Aves, 2003. 4p. (Comunicado Técnico, 342)
- SPOSITO, G. *The chemistry of soils*. New York, Oxford University Press, 1989. 277p.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5)
- TESTA, V.M. & ESPIRITO SANTO, F.R.C. Principais solos do Oeste Catarinense: Aspectos gerais para identificação no campo e suas principais limitações. Florianópolis, EPAGRI, 1992. 75p. (Boletim Técnico, 60)
- WERLE, R.; GARCIA, A.R. & ROsoleM, C.A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. R. Bras. Ci. Solo, 32:2297-2305, 2008.
- WERNER, W. Die eignung der p-sättigung des bodens und der p-konzentration der bodenlösung zur prognose der p-verlagerung im profil. VDLUFA-Schriftenreihe, 50:79-94, 1999.

