

Atributos químicos em Latossolo Vermelho fertilizado com dejetos suíno e adubo solúvel

Chemical attributes of a South Brazilian Oxisol fertilized with swine manure and soluble fertilizer

Paulo Cezar Cassol^{1*}, Danielle Cristine Pukot da Silva²,
Paulo Roberto Ernani³, Osmar Klauber Filho¹, Willian Lucrécio⁴

Recebido em 15/04/2009; aprovado em 17/06/2011

RESUMO

O uso do dejetos suíno como fertilizante é uma alternativa mais utilizada para o descarte desse resíduo. Entretanto, a dose aplicada não deve ultrapassar a capacidade de adsorção do solo a fim de evitar que o excesso de elementos, especialmente P, Cu e Zn, possa atuar como poluente. O presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar as variações nos atributos químicos de um Latossolo Vermelho distroférrico provocadas por seis aplicações anuais de dejetos suíno (DJ), nas doses 0 (testemunha), 25, 50, 100 e 200 m³ ha⁻¹, de adubo solúvel (AS), e de dejetos complementado com adubo solúvel (DJ+AS). O experimento foi conduzido a campo, no município de Campos Novos, SC, no período de 2001 a 2007. Anualmente, foram cultivados milho (*Zea mays*) e aveia (*Avena strigosa*) em cultivos sucessivos, no sistema plantio direto. Em agosto de 2007, o solo foi amostrado nas profundidades de 0-2, 4-6, 9-11, 19-21, 29-31 e 39-41 cm. O DJ não afetou o pH e os teores de Al e Mg trocáveis do solo, mas aumentou o teor de Ca trocável, embora somente na dose 200 m³ ha⁻¹ e na profundidade 0-2 cm. Nesta, o AS diminuiu o pH em relação aos demais tratamentos, tendo também diminuído este atributo na profundidade 4-6 cm, porém, somente em relação ao DJ na

maior dose aplicada. O DJ, em doses de 100 e 200 m³ ha⁻¹, aumentou o teor de P extraível nas camadas de 0-2 e 4-6 cm, inclusive em relação ao AS. Na maior dose, o DJ também aumentou o K extraível em todas as profundidades, sendo que nas doses de 50 e 100 m³ ha⁻¹ o aumento ocorreu até as camadas de 19-21 e 29-31 cm, respectivamente. Nas doses a partir de 50 m³ ha⁻¹, o DJ aumentou os teores de Cu e Zn extraíveis nas camadas de 0-2 e 4-6 cm, enquanto nas doses a partir de 100 m³ ha⁻¹ esse aumento foi observado até a camada de 9-11 cm.

PALAVRAS-CHAVE: esterco, resíduo, disponibilidade de nutrientes, poluição do solo.

SUMMARY

The use of swine manure as fertilizer is the main method for final disposal of this waste. However, the dose applied must not exceed the reception capacity of the soil, to avoid the excess of elements that have potential pollutants, particularly P, Cu and Zn. In order to evaluate changes in chemical attributes of a South Brazilian Oxisol, caused by six annual applications of swine manure at the rates 0 (control), 25, 50, 100 and 200 m³ ha⁻¹, soluble fertilizer, and manure supplemented with soluble fertilizer, a field experiment was

¹Departamento de Solos e Recursos Naturais, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UEDESC). Av. Luiz de Camões, 2090, Bairro Conta Dinheiro, CEP 88520-000, Lages, SC, Brasil. Email: a2pc@cav.udesc.br. *Autor para correspondência.

² Programa de Pós-Graduação em Manejo do Solo, CAV/UEDESC, Lages, SC, Brasil.

³ Departamento de Solos e Recursos Naturais, CAV/UEDESC, Lages, SC, Brasil.

⁴ Curso de Agronomia. CAV/UEDESC, Lages, SC, Brasil.

conducted in Campos Novos, SC, in the period from 2001 to 2007. Each year, successive crops of corn (*Zea mays*) and oat (*Avena strigosa*) were grown under no-tillage. In August 2007, the soil was sampled at depths of 0-2, 4-6, 9-11, 19-21, 29-31 and 39-41 cm. Compared to the control treatment, the manure did not affect the pH and concentration of exchangeable Al and Mg, but it increased the exchangeable Ca, although only at the rate of 200 m³ ha⁻¹, at 0-2 and 4-6 cm depths. At the first depth, soluble fertilizer decreased the pH in relation to other treatments, and at 4-6 cm depth the soluble fertilizer decreased this attribute only in relation to manure applied at the highest dose. The manure in doses of 100 and 200 m³ ha⁻¹ increased significantly the content of extractable P at depths 0-2 and 4-6 cm, including in relation to soluble fertilizer. At the highest dose applied, the manure also raised the extractable K at all depths, while at the dose 100 m³ ha⁻¹, this increase was observed up to 29-31 cm depth; and at the dose 50 m³ ha⁻¹, it reached 4-6, 9-11 and 19-21 cm depths. In doses from 50 m³ ha⁻¹, the manure increased the content of soil extractable Cu and Zn in depths of 0-2 and 4-6 cm and for doses from 100 m³ ha⁻¹ this increase was also seen at 9-11 cm depth.

KEY WORDS: swine manure, waste, nutrient availability, soil pollution.

INTRODUÇÃO

A produção de suínos ocorre em sistemas confinados que geram volume expressivo de dejetos com alta carga de poluentes. Entretanto, esses resíduos contêm todos os nutrientes essenciais às plantas (CQFS-RS/SC, 2004) e sua aplicação no solo é uma forma de reciclá-los, podendo-se substituir, em parte ou totalmente, os adubos comerciais, mantendo-se a produtividade das culturas com redução nos custos de produção. Além disso, características físicas do solo, como densidade, porosidade e capacidade de infiltração e retenção de água podem ser melhoradas pela incorporação da matéria orgânica presente nos resíduos de animais (PAGLIAI et al., 1983;

OLIVEIRA, 1993; SEIFFERT e PERDOMO, 1998).

Entretanto, quando os resíduos de animais são aplicados em doses excessivas, aportam nutrientes em quantidade superior à capacidade de extração pelas plantas cultivadas. Isso ocorre nas regiões de alta concentração de criações de suínos, provocando o enriquecimento exagerado do solo com elementos que possuem potencial poluente, destacando-se P, Cu e Zn (SEGANFREDO, 2000). Esses nutrientes podem ser lixiviados pela água de percolação, poluindo o lençol freático e as nascentes próximas às áreas de aplicação, ou transportados pela enxurrada, poluindo as águas superficiais. Isto ocorre em maior intensidade quando não é feita a incorporação do dejetos ao solo, ou quando a aplicação ocorre em solos com relevo declivoso, suscetíveis à erosão (CERETTA et al., 2005).

A proporção entre os teores de nutrientes contidos nos dejetos orgânicos animais é relativamente fixa e de difícil controle, o que exige atenção especial na adubação com estes materiais, para se evitar o risco de serem adicionados nutrientes fora do balanço adequado à necessidade das culturas, nos diferentes tipos de solos (CQFS-RS/SC, 2004). Assim, torna-se necessário o conhecimento das modificações nos atributos químicos do solo decorrentes do uso do dejetos suíno adubo, como subsídio indispensável para a produção agrícola em bases sustentáveis, sem comprometer a qualidade do ambiente (SCHERER et al., 2007).

Quando aplicados em doses altas, e repetidas, os resíduos orgânicos em geral podem aumentar o pH do solo. Entretanto, esse efeito geralmente é temporário e de pequena magnitude, comparativamente ao calcário (EPSTEIN et al., 1976; CASSOL et al., 2001; MUGWIRA, 1979; LUND e DOSS, 1980). Entretanto, Scherer et al. (2007) não constataram efeitos da adição do dejetos suíno sobre componentes da acidez do solo, saturação de cátions básicos, CTC ou teor de matéria orgânica do solo.

OPaplicado na superfície do solo geralmente se acumula na camada até 10 cm de profundidade e próximo à zona de deposição, independente da

fonte utilizada, conforme observado por Queiroz et al. (2004) em solo Podzólico Vermelho-Amarelo, Scherer e Nesi (2004) em Latossolos e Cambissolos, Scherer et al. (2007) em Latossolo Vermelho distroférico, e Gatiboni et al. (2008), em Argissolo Vermelho distrófico. Esse acúmulo do P na camada superficial do solo pode favorecer a perda do elemento por processos erosivos (CERRETA et al., 2003; GUADAGNIN et al., 2005). Isso leva ao risco de eutrofização dos mananciais, devido a seu enriquecimento em P biodisponível que favorece o desenvolvimento exagerado de algas e outros organismos do meio aquático (SEGANFREDO, 2000; GATIBONI et al., 2008), depreciando sua qualidade.

O acúmulo de P derivado da aplicação de resíduos animais no solo, geralmente ocorre na forma inorgânica (GATIBONI et al., 2008). Isto ocorre porque mais de 60% do P total contido em dejetos animais já se encontra nesta forma e também porque os compostos fosfatados orgânicos presentes nesses resíduos são mineralizados pelos microorganismos do solo (CASSOL et al., 2001). Os solos altamente intemperizados, como os Latossolos, apresentam grande potencial de adsorção de P, o que lhes confere alta capacidade de reter esse nutriente mediante ligações químicas estáveis e, ou em compostos de baixa solubilidade (BOLAN et al., 1985). Entretanto, a capacidade de adsorção P nos colóides minerais é limitada a um valor máximo que pode ser superado, quando há aplicação de doses altas do nutriente (RHEINHEIMER et al., 2003) e, diminui com o aumento no teor de matéria orgânica do solo (SANYAL e De DATTA, 1991) que pode resultar da adição de resíduos animais (CASSOL et al., 2008).

Os suplementos minerais contendo Cu e Zn, comumente incluídos na ração para suínos, resultam no enriquecimento do dejetos com esses elementos que, quando em excesso, podem ter efeito tóxico a plantas e animais. Assim, a definição da dose do dejetos suíno também deve considerar o risco de contaminação do solo e dos mananciais nas áreas de aplicação desse resíduo (SEGANFREDO, 2000).

A aplicação de resíduos animais no solo

também incorpora outros nutrientes, como Ca, Mg e K, o que geralmente aumenta a biodisponibilidades desses elementos (CASSOL et al., 2005; CERRETA et al., 2003; SCHERER et al., 2007). Entretanto, a proporção do aumento depende do teor original desses elementos no solo e de suas quantidades totais aplicadas (MOREIRA, 2004; SCHERER et al., 2007).

Este trabalho teve por objetivo, avaliar os efeitos do dejetos suíno, aplicado anualmente em doses até 200 m³ ha⁻¹, da fertilização com adubo solúvel e com este combinado com o dejetos, em atributos químicos de um Latossolo Vermelho distroférico, em seis profundidades, até 41 cm a partir da superfície do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido um experimento a campo no município de Campos Novos, SC, em Latossolo Vermelho distroférico argiloso, com início em novembro de 2001, onde foram realizadas seis aplicações anuais dos tratamentos: dejetos suíno (DJ) nas doses 0 (testemunha), 25, 50, 100 e 200 m³ ha⁻¹; adubação com adubo solúvel (AS); e adubação combinada de DJ com adubo solúvel (DJ+AS). O tratamento AS constituiu-se de 130, 100 e 70 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, e o DJ+AS compreendeu 25 m³ ha⁻¹ do resíduo complementado com aproximadamente 75, 16 e 15 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Esses valores foram definidos visando fornecer quantidades totais de nutrientes semelhantes às fornecidas no tratamento AS. Na aplicação realizada em novembro de 2006, a dose do DJ no tratamento DJ+AS foi diminuída para 12,5 m³ ha⁻¹, pois o DJ disponível para aquela aplicação apresentou teores de matéria seca e nutrientes expressivamente superiores aos observados nos demais anos (Tabela 1). As quatro repetições da cada tratamento foram aplicadas em parcelas com 75,6 m² (12 m x 6,3 m) de área total e 50 m² (10,2 m x 4,9 m) de área útil, distribuídas no delineamento experimental de blocos completos casualizados.

As fontes solúveis de N, P e K foram uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio,

Tabela 1 – Características do dejetos suíno utilizado no experimento, no período de 2001 a 2006, gerado por animais em fase de terminação, com recolhimento contínuo e estocagem em esterqueira a céu aberto por período entre três e quatro meses.

Aplicação	pH	MS	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Zn	Mn	
		----- kg m ⁻³ -----						----- g m ⁻³ -----					
10/2001	6,7	66	3,4	1,4	1,2	3,3	1,1	nd ²	11,9	1,2	8,0	5,2	
11/2002	7,1	26	2,6	1,0	1,2	1,8	0,7	nd	nd	nd	nd	nd	
10/2003	6,9	32	2,6	1,1	1,3	2,1	0,9	nd	nd	nd	nd	nd	
10/2004	7,3	43	3,7	1,4	1,5	2,8	1,2	nd	nd	nd	nd	nd	
10/2005	7,8	56	3,2	1,5	1,1	1,8	0,9	nd	nd	8,8	3,2	nd	
10/2006	7,0	114	4,6	2,8	1,7	1,7	0,9	0,8	9,0	3,4	4,6	12,8	

respectivamente. Esses adubos e o DJ foram aplicados a lança na superfície do solo, sendo distribuídos manualmente e com distribuidor de dejetos líquido, respectivamente. As aplicações foram realizadas cinco dias antes da semeadura de milho, com exceção do N solúvel que, no tratamento AS, teve 1/5 da dose aplicada nessa ocasião e o restante em cobertura. No tratamento DJ+AS, toda a dose foi aplicada em cobertura, seis semanas após a germinação do milho.

Anualmente foram cultivados, em sucessão e no sistema plantio direto, milho (*Zea mays*) e aveia preta (*Avena strigosa*). A aveia foi dessecada com herbicida a base de glifosato na fase de florescimento, 15 dias antes da semeadura do milho. O milho foi cultivado em densidade de aproximadamente sete plantas m⁻², empregando-se uma cultivar de híbrido simples de ciclo precoce.

Em agosto de 2007, foram coletadas amostras de solo para determinação dos atributos químicos em seis camadas: 0-2, 4-6, 9-11, 19-21, 29-31 e 39-41 cm. As amostras foram compostas de sete subamostras coletadas em pontos aleatórios das parcelas, utilizando-se trado fatiador para a coleta nas três primeiras profundidades e trado holandês para as demais. O solo excedente foi recolocado no respectivo buraco de coleta na mesma ordem da retirada. As amostras de solo foram secas em estufa a 65°C

com circulação de ar e moídas para diâmetro de partículas inferior a 2,0 mm. Foram determinados os atributos químicos: pH em água, teores de Al, Ca e Mg trocáveis (KCl 1 mol l⁻¹), teores de P e K (Mehlich), Zn e Cu extraíveis (HCl 0,1 mol l⁻¹), segundo metodologias descritas por Tedesco et al. (1995).

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste de Fisher e as comparações de médias foram realizadas pelo teste de Tukey (p < 0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O pH do solo na camada de 0-2 cm apresentou valores de 4,9 até 5,6, correspondentes aos tratamentos adubo solúvel (AS) e 200 m³ de dejetos suíno (DJ), respectivamente. Na camada de 4-6 cm, esse atributo situou-se na faixa de 4,9 até 5,4 nos mesmos tratamentos (Figura 1a). Nos tratamentos AS e DJ+AS e na profundidade 0-2 cm o pH foi menor do que nos demais, que não diferiram entre si, e na profundidade 4-6 cm esse atributo foi menor no AS, porém somente em relação à dose de 200 m³ ha⁻¹ de DJ. Não houve efeito de tratamento no pH do solo nas profundidades 9-11 cm e inferiores. Estes resultados mostram que o AS teve efeito acidificante na camada superficial do solo até de 6 cm de profundidade, o que foi atribuído à

nitrificação do N amoniacal, derivado da uréia que foi a fonte solúvel desse nutriente, conforme também relatado por Ciotta et al. (2002) e Ernani (2008).

O DJ não afetou o pH do solo, o que também foi observado em outros trabalhos com esse tipo de resíduo (CERETTA et al., 2003; SCHERER et al., 2007) ou com resíduos de outros animais (ERNANI e GIANELLO, 1983; NUERNBERG, 1983). Entretanto, Mugwira (1976) e Lund e Doss (1980) relataram aumento do pH do solo decorrente da aplicação de esterco líquido de vacas de leite por três anos consecutivos. As diferenças de efeito sobre o pH causado por resíduos animais aplicados no solo são atribuídas às variações na sua composição, especialmente quanto aos teores de carbonato ou outros componentes de reação alcalina (WHALEN et al., 2000). Por outro lado, a magnitude do efeito de resíduos em componentes da acidez do solo também depende do poder tampão do solo tratado e da dose aplicada, sendo geralmente necessárias doses elevadas e repetidas para serem observadas mudanças significativas (CASSOL et al., 2005).

Os teores de Al trocável (Figura 1b) não diferiram significativamente entre tratamentos em todas as profundidades. Destaca-se que em profundidades até 20 cm os valores desse atributo situaram-se próximo a zero, aumentando a partir desta profundidade. Este comportamento se explica pelo fato da acidez do solo ter sido corrigida anteriormente ao início desse trabalho pela incorporação de calcário na camada arável (0-20 cm). Com isso, o pH do solo, exceto nos tratamentos que receberam AS, conforme relatado acima, situam-se em torno de 5,5 e nessa condição o Al encontra-se na forma de hidróxido que é um composto precipitado (MARION et al., 1976; ERNANI, 2008). Por outro lado, a ocorrência de Al trocável abaixo de 20 cm de profundidade reflete a acidez do solo existente na sua condição original, já que a calagem geralmente não tem efeito abaixo da camada de sua incorporação mecânica (ERNANI, 2008). O aparecimento de Al trocável na profundidade 0-2 cm do tratamento AS, chegando a 0,3 cmol_c dm⁻³, embora insuficiente para provocar diferença

significativa, também indica a ocorrência da reacidificação do solo, decorrente da aplicação de uréia como fonte de N.

De modo geral, excetuando-se as duas profundidades mais superficiais, o DJ não afetou os teores de Ca e Mg trocáveis do solo (Figuras 1c e 1d), o que difere dos resultados de trabalhos semelhantes que observaram aumentos nas concentrações destes elementos em camadas até 20 cm de profundidade, após aplicações repetidas de doses até 100 m³ ha⁻¹ de DJ (DURIGON, 2000; CERETTA et al., 2003; SCHERER et al., 2007). No presente trabalho, o aumento do teor de Ca trocável foi observado somente na maior dose de DJ e na camada de 0-2 cm, comparativamente aos tratamentos testemunha, AS e DJ+AS. Contudo, na camada de 4-6 cm, a dose maior de DJ também aumentou o teor de Ca trocável, porém somente quando comparado com o AS. O teor de Mg trocável do solo teve comportamento semelhante ao do Ca, excetuando-se a diferença em relação à testemunha que não ocorreu com este nutriente. Estas diferenças nos teores de Ca e Mg trocáveis são explicadas pelas quantidades destes nutrientes veiculadas pelo DJ na dose 200 m³ ha⁻¹, que foram expressivamente maiores em relação aos demais tratamentos.

A pequena diferença entre tratamentos nos teores de Ca e Mg trocáveis, notadamente em profundidades abaixo da camada de 4-6 cm, e até 19-21 cm, são atribuídas, em parte, ao fato dos teores originais destes nutrientes no solo serem altos, conforme se observa nos valores do tratamento testemunha, que foram consequência da calagem prévia do solo, realizada com calcário dolomítico. Isto, aliado aos altos coeficientes de variação desses resultados que foram de 23,5% e 23,6% para Ca e Mg trocáveis, respectivamente, contribuíram para que os valores de DMS fossem proporcionalmente elevados, dificultando a detecção de diferenças.

As quantidades de Ca e Mg adicionadas pelas seis aplicações de 200 m³ ha⁻¹ de DJ, totalizaram cerca de 1350 e 570 kg ha⁻¹. Assim, caso estes montantes fossem totalmente retidos na CTC da camada de 0-5 cm, poderia haver um incremento de até, aproximadamente, 13 e 8

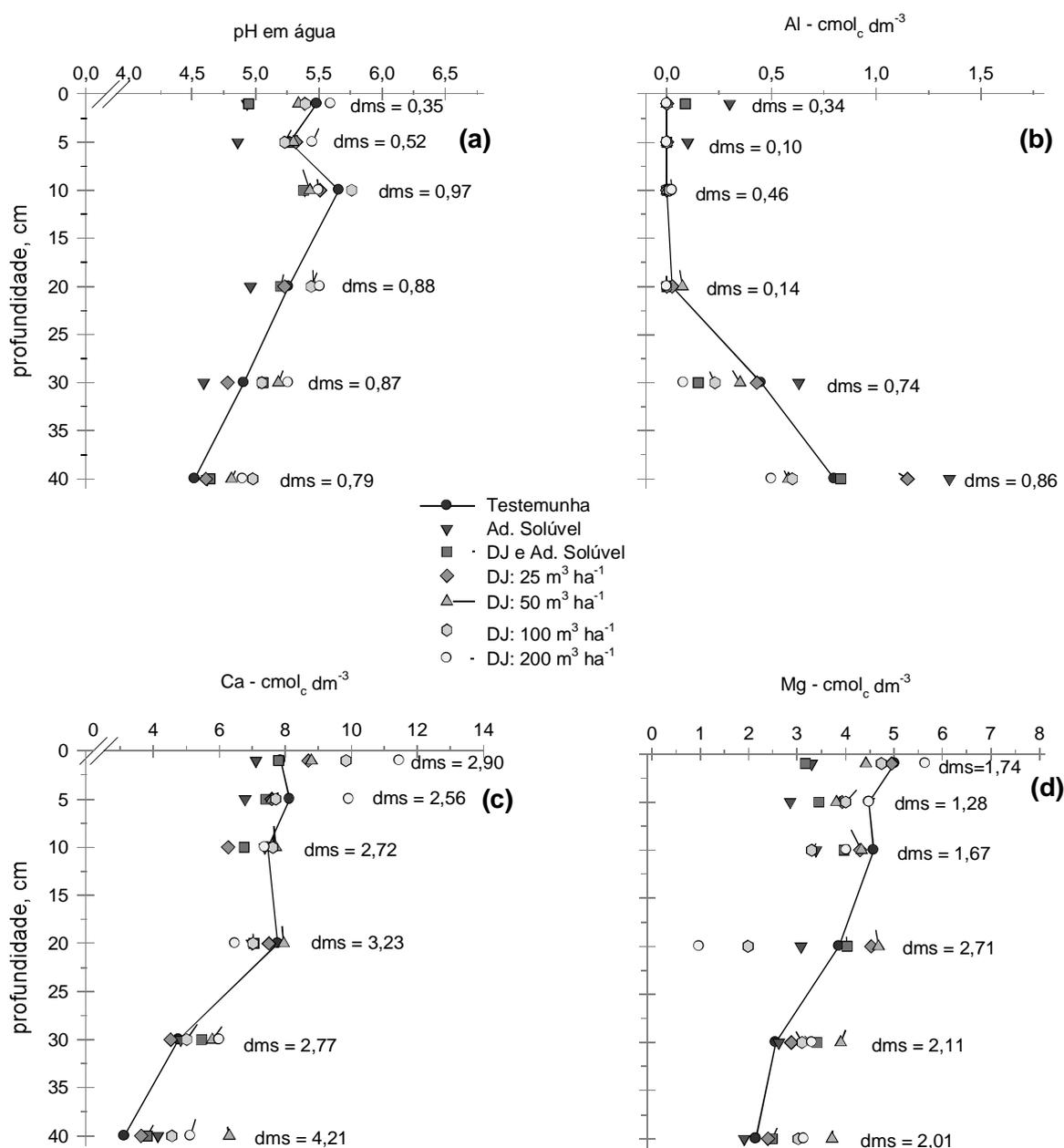


Figura 1 - Valores de pH em água (a), Al (b), Ca (c) e Mg (d) trocáveis em seis profundidades de um Latossolo Vermelho Distroférico após seis aplicações anuais de dejetos suínos (DJ), em doses de 0 a 200 m³ ha⁻¹, adubo solúvel e dejetos associados a adubo solúvel, em cultivos de sucessão aveia-milho em sistema plantio direto. Primeira aplicação dos tratamentos em novembro de 2001 e amostragem do solo em agosto de 2007. (DMS de Tukey, p<0,05).

cmol_c dm⁻³ nos teores destes dois nutrientes no solo, respectivamente. Entretanto, na média das profundidades 0-2 e 4-6 cm, no tratamento 200 m³ ha⁻¹ de DJ, foram recuperados somente cerca de 2,7 e 0,3 cmol_c dm⁻³ de Ca e Mg, respectivamente,

a mais do que no tratamento testemunha. Isto indica que a maior parte do que foi aplicado destes nutrientes migrou para o interior do perfil do solo pelo processo de lixiviação que movimentava estes cátions em profundidade, principalmente

quando são aplicados através de fontes que não aumentam o pH do solo (ERNANI, 2008), como o DJ neste experimento.

Doses a partir de 50 m³ ha⁻¹ de DJ promoveram aumentos expressivos nos teores de P extraível do solo em relação à testemunha (Figura 2a), porém este aumento concentrou-se nas profundidades até 6 cm, concordando com resultados de outros estudos semelhantes (OLOYA e LOGAN, 1980; GUERTAL et al., 1991; SCHERER et al., 2007; GATIBONI et al., 2008). O aumento no teor de P também ocorreu em profundidades maiores que 6 cm, porém somente com as maiores doses de DJ, chegando até 9-11 cm com 100 m³ ha⁻¹ e até 29-31 cm com 200 m³ ha⁻¹. Entretanto, estes aumentos observados abaixo de 6 cm foram de proporções menores do que nas duas profundidades mais superficiais.

Nas doses menores ou iguais a 100 m³ ha⁻¹, o DJ não afetou o teor de P extraível em profundidades abaixo de 11 cm, indicando que nestas doses não houve migração significativa de P para camadas mais profundas do solo. Este comportamento pode ser explicado pela alta capacidade de adsorção de P do Latossolo Vermelho distroférico que apresenta horizonte superficial muito argiloso e alta concentração de óxidos de Fe e Al, que possuem número elevado de sítios com grande afinidade de adsorção de P (NOVAIS e SMITH, 1999; GATIBONI et al., 2008; ERNANI, 2008).

Ceretta et al. (2003) observaram aumento do teor de P disponível em profundidade, inclusive na camada de 20 a 40 cm, decorrente de DJ aplicado diversas vezes durante quatro anos seguidos. Contudo, a dissonância entre o trabalho destes autores e os resultados ora apresentados pode ser explicada pela diferença na quantidade de P aportado ao solo que chegou a 2,04 mg ha⁻¹ na menor dose aplicada naquele caso, enquanto os dados ora discutidos foram coletados após aplicações que, na dose 100 m³ ha⁻¹, somaram 0,92 mg ha⁻¹. As características distintas dos solos tratados também contribuíram para a referida dissonância, já que aqueles autores aplicaram o resíduo em solo com camada superficial menos argilosa (Alissolo Crômico Órtico típico) que,

consequentemente, tem menor capacidade de adsorção de P do que o Latossolo, possibilitando que maior proporção do que foi adicionado fosse lixiviado para camadas inferiores.

Com as aplicações de DJ em doses maiores que 50 m³ ha⁻¹ o teor de K extraível do solo aumentou nas profundidades até 21 cm (Figura 2b). Destaca-se que no caso da maior dose de DJ aplicada, este efeito chegou até a camada de 39-41 cm. Estes resultados indicam que parte do K adicionado, principalmente nas doses mais altas, foi redistribuída para o interior do perfil do solo concordando, com resultados de trabalhos semelhantes realizados anteriormente (CERETTA et al., 2003; KLEPKER e ANGHINONI, 1995).

O DJ aumentou os teores de Cu e Zn extraíveis do solo (Figuras 2c e 2d), e isto foi mais intenso nas doses maiores e chegou até a camada de 9-10 cm. Na camada de 0-2 cm, o aumento nos teores desses metais foi significativo para todos os tratamentos com DJ. Na camada de 4-6 cm, o aumento ocorreu nas doses a partir de 50 m³ ha⁻¹, enquanto que na camada de 9-11 cm, somente na dose 200 m³ ha⁻¹. Nesta última profundidade, o teor de Zn também foi aumentado pela dose 100 m³ ha⁻¹. Em profundidades abaixo de 11 cm não houve qualquer diferença nos teores de Cu, porém a maior dose do DJ aumentou o Zn extraível até a camada de 39-41 cm. Estes resultados confirmam observações anteriores (SEGANFREDO, 2000), que constataram o enriquecimento do solo em Cu e Zn extraíveis, principalmente nas camadas mais superficiais do solo, quando o DJ é adicionado em doses elevadas e repetidas.

Os teores de Zn e Cu extraíveis do solo situaram-se acima dos níveis considerados críticos (CQFS-RS/SC, 2004), principalmente nos tratamentos que receberam DJ em doses maiores que 25 m³ ha⁻¹. Esses elementos acumularam principalmente nos primeiros 10 cm superficiais, ressaltando-se que são elementos com potencial de toxidez aos organismos do solo, às plantas e também às pessoas que consomem alimentos produzidos em áreas com níveis excessivos de formas biodisponíveis de Cu e Zn. A acumulação destes elementos no solo é favorecida pela ocorrência de ligações entre

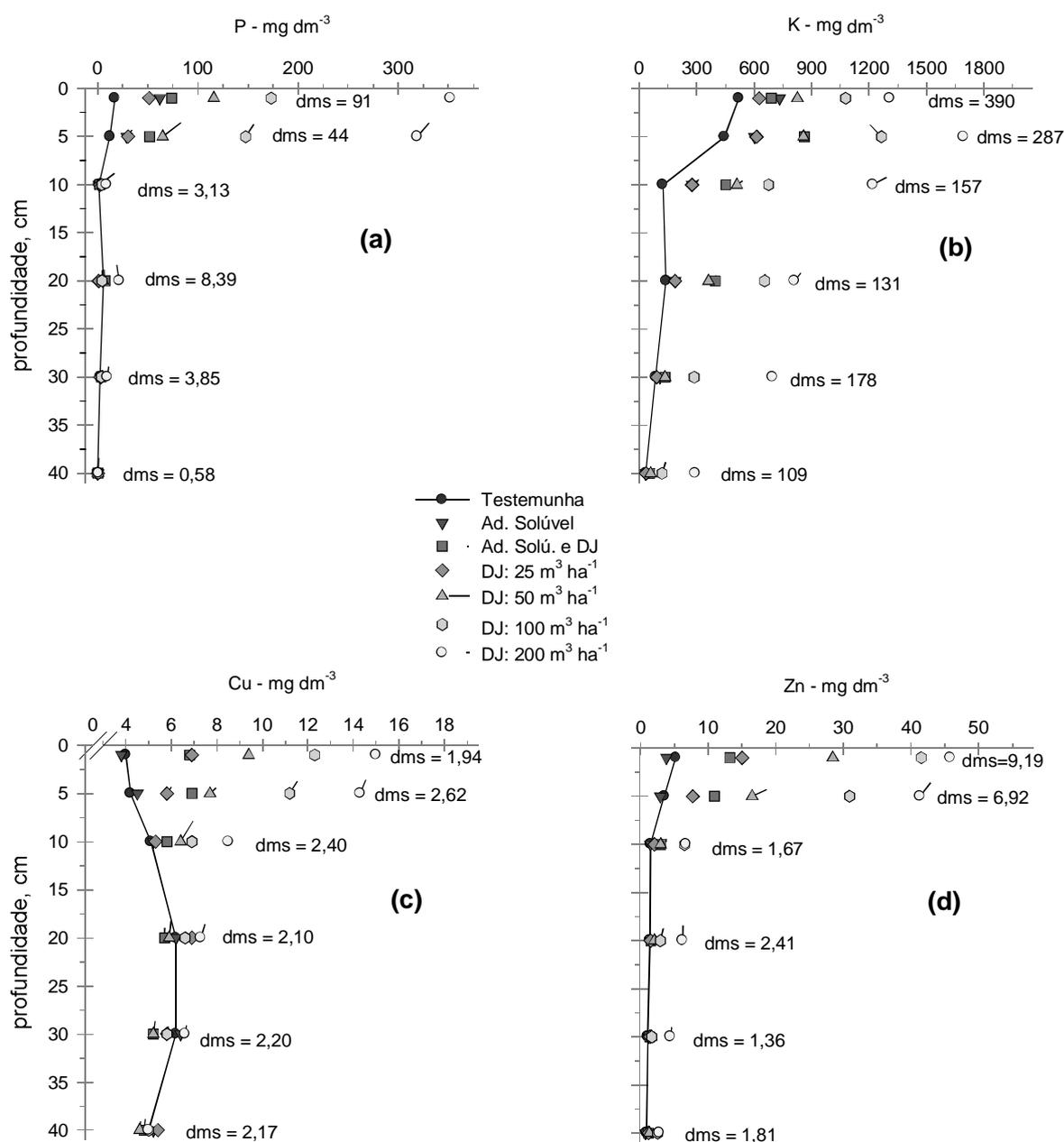


Figura 2 – Teores extraíveis de P (a), K (b) (Mehlich-1), Cu (c) e Zn (d) (HCl 0,1M) em seis profundidades de um Latossolo Vermelho Distroférico após seis aplicações anuais de dejetos suínos (DJ), em doses de 0 a 200 m³ ha⁻¹, adubo solúvel e dejetos associados a adubo solúvel, em cultivos de sucessão aveia-milho em sistema plantio direto. Primeira aplicação dos tratamentos em novembro de 2001 e amostragem do solo em agosto de 2007. (DMS de Tukey, p<0,05).

Cu e Zn e a superfície dos colóides minerais e orgânicos do solo (ERNANI, 2008).

CONCLUSÕES

Após seis aplicações anuais de doses até 200 m³ ha⁻¹, o dejetos suínos distribuído sobre a superfície do solo não afetou o pH, diferentemente

do adubo solúvel que continha uréia como fonte de N, o qual acidificou o solo em profundidades até 6 cm.

O dejetos suíno aplicado anualmente durante seis anos consecutivos sobre a superfície de um Latossolo argiloso cultivado sob plantio direto com a sucessão aveia-milho, em doses a partir de 50 m³ ha⁻¹ aumentou o teor de K extraível do solo em profundidades até 20 cm; também aumentou os teores de P, Cu e Zn extraíveis, porém até a profundidade de 6 cm.

Os teores de Ca e Mg trocáveis do solo foram em geral pouco influenciados pela adição de dejetos suíno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLAN, N.S. et al. Describing the effect of adsorption of phosphate by iron and aluminum hydroxides. **Journal of Soil Science**, Cambridge, v.36, p.187-197, 1985.
- CASSOL, P. C. et al. Frações de fósforo em estrume e sua eficiência como adubo fosfatado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 635-644, 2001.
- CASSOL, P. C. et al. Valores de pH e alumínio trocável do solo em função de doses de calcário e de estrumes de bovino, frango e suíno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Resumos expandidos...** Recife: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.
- CASSOL, P.C. et al. Rendimento de milho após sete anos de adubações anuais com doses de dejetos suíno e adubo solúvel, isolado ou combinado ao dejetos. In: FERTBIO, 2008. **Anais...** Londrina: EMBRAPA Soja/IAPAR/UDEL, 2008.
- CERETTA, C.A. et al. Características químicas de solo sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, p.729-735, 2003.
- CERETTA, C. A. et al. Dejetos líquidos de suínos: I perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, p. 1296-1304, 2005.
- CIOTTA, M. N. et al. Acidificação de um latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p.1055-1064, 2002.
- CQFS-RS/SC - COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do solo /Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.
- DURIGON, R. **Esterco líquido de suínos em pastagem natural e características químicas do solo**. 2000. 46p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós Graduação em Ciência do Solo, UFSM, Santa Maria, 2000.
- EPSTEIN, E. et al. Effects of sewage sludge compost applied to acid soil on some soil physical and chemical properties. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.5, p. 422-6, 1976.
- ERNANI, P.R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages: Ed. Autor, 2008. 230p.
- ERNANI, P.R.; GIANELLO, C. Diminuição do alumínio trocável do solo pela incorporação de esterco de bovinos e camas de aviário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.7, p.161-165, 1983.
- GATIBONI, L. C. et al. Formas de fósforo no solo após sucessivas adições de dejetos líquidos de suíno em pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.1753-1761, 2008.
- GUERTAL, E.A. et al. Differential phosphorus retention in soil profiles under no-till crop production. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.55, p.410-413, 1991.
- GUADAGNIN, J. C. et al. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 277-286, 2005.
- KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.19, p. 395-401, 1995.
- LUND, Z.F.; DOSS, B.D. Residual effects of dairy cattle manure on plant growth and soil properties. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, p.123-130, 1980.

- MARION, G.M. et al. Aluminium and silica solubility in soils. **Soil Science**, Baltimore, v. 121, p. 76- 85, 1976.
- MOREIRA, E. B. **Efeito fertilizante de dejetos suíno aplicado em lavoura sob plantio direto**. 2004. 73p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UDESC, Lages, 2004.
- MUGWIRA, L.M. Residual effects of dairy cattle manure on millet and rye forage and soil properties. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.8, p.251-255, 1979.
- NOVAIS, R.F.; SMITH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa; UFV, 1999. 399p.
- NUERNBERG, N. J. **Efeito de sucessões de culturas e tipos de adubação no rendimento e características de um solo de encosta basáltica Sul-Riograndense**. 1983. 146 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFRGS, Porto Alegre, 1983.
- OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 188 p. Documentos, v.27.
- OLOYA, T.O.; LOGAN , T.J. Phosphorus desorption from soils and sediments with varying levels of extractable phosphate. **Journal Environmental Quality**, Madison, v.9, p.526-531, 1980.
- PAGLIAI, M. et al. Changes in surface structure (crusting), after application of sewage sludge and pig slurry to cultivated agricultural soils Northern Italy. **Geoderma**, Amsterdam, v.30, p.35-53. 1983.
- QUEIROZ, F.M. et al. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, p.1487-1492, 2004.
- RHEINHEIMER, D.S. et al. Sorção de fósforo em função do teor inicial e de sistemas de manejo de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 41-49, 2003.
- SANYAL, S.K.; DeDATTA, S.K. Chemistry of phosphorus transformations in soil. **Advances in Soil Science**, New York, v.16, p.2-120, 1991.
- SCHERER, E.E., CASTILHOS, E.G. de Esterco de suínos de esterqueira e de biodigestor na produção de milho e soja consorciados. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.7, p.19-22, 1994.
- SCHERER, E. E. et al. Propriedades químicas de um latossolo vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p.123-131, 2007.
- SCHERER, E.E.; NESI, C.N. Alterações nas propriedades químicas dos solos em áreas intensivamente adubadas com dejetos suínos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5., Lages, 2004. **Anais...** Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / UDESC, 2004.
- SEGANFREDO. A. M. **Análise dos riscos de poluição do ambiente, quando se usa dejetos de suínos como adubo do solo**. Concórdia: EMBRAPA – CNPSA, 2000. Comunicado Técnico.
- SEIFFERT, N. F.; PERDOMO, C. C. **Aptidão de solos da bacia hidrográfica do rio do peixe para aporte de fertilizantes orgânicos**. Concórdia: EMBRAPA – CNPSA, 1998. Comunicado Técnico.
- TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.
- WHALEN, J.K. et al. Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.64, p 962-966, 2000.