



Balanço simplificado de nutrientes e rendimento de grãos em nove anos de aplicação superficial de dejetos líquidos de suínos em Latossolo Vermelho Distrófico¹

Milton da Veiga², Carla Maria Pandolfo³ e Alvadi Antonio Balbinot Junior⁴

Resumo – A aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) em doses superiores às recomendadas para fornecimento de nutrientes às culturas resulta em excedente desses no sistema solo. Para estimar esse excedente em um sistema de rotação de culturas para produção de grãos, foi determinado o balanço simplificado de N, P e K com a aplicação de três doses de DLS (50, 100 e 200m³/ha/ano, sendo 50% no outono e 50% na primavera), e um tratamento contemplando a reposição das quantidades de P e de K exportadas pelos grãos das culturas, em aplicação única na primavera. Ao final do nono ano de experimentação, foram analisados os teores de P extraível e de K trocável em amostras de solo coletadas em seis camadas (até 2,5, 2,5 a 5, 5 a 10, 10 a 20, 20 a 40, e 40 a 60cm de profundidade). Os valores do balanço simplificado de nutrientes variaram em função das quantidades aplicadas, uma vez que a produção obtida e, consequentemente, as quantidades de nutrientes exportados apresentaram pequena variação. A aplicação de doses crescentes de DLS resultou em aumento linear dos teores de P nas camadas amostradas até 5cm e de K nas camadas amostradas entre 5 e 60cm de profundidade.

Termos para indexação: milho, soja, feijão, NPK, ambiente.

Simplified balance of nutrients and crop yield in nine years of superficial pig slurry application on an Oxisol in southern Brazil

Abstract – The application of pig slurry in doses greater than the recommended nutrients supply for the crops results in the excess of these nutrients in the soil system. In order to estimate this exceeding amount in a crop system for grain production, we calculated the simplified balance of N, P and K with the application of three doses of pig slurry (50, 100 and 200m³/ha/year), 50% in the autumn and 50% in the spring, and one treatment with reposition of the P and K exported throughout the grains harvested, applied in the form of soluble fertilizer in an only parcel in the spring. At the end of the ninth year extractable P and exchangeable K content in the soil were determined in samples collected in six layers (0 to 2.5; 2.5 to 5; 5 to 10; 10 to 20; 20 to 40; and 40 to 60cm deep). The simplified balance of N, P and K varied basically in function of the amount applied, since the grain yield, and consequently the amount of these nutrients exported, showed low magnitude of variation among treatments. The application of increasing doses of pig slurry determined linear increasing of extractable P in the soil layers sampled between 0 and 5cm and exchangeable K between 5 and 60cm deep.

Index terms: corn, soybean, common bean, NPK, environment.

Introdução

A grande disponibilidade de dejetos de suínos em algumas regiões ou propriedades de Santa Catarina muitas vezes tem determinado a aplicação no solo de doses que excedem as recomendações para uso como fertilizante, prática que aumenta

o risco de danos ao ambiente, uma vez que a quantidade aplicada pode extrapolar a capacidade de reciclagem do sistema solo-planta. Entre os efeitos potencialmente poluidores destacam-se o acúmulo acentuado de nutrientes na camada superficial do solo e sua lixiviação através do perfil. No primeiro caso, os nutrientes podem ser transportados por erosão até

mananciais de água (Mori et al., 2009), podendo causar eutrofização ou contaminação de águas superficiais com metais pesados, principalmente Cu e Zn. No segundo caso, os nutrientes, especialmente o N na forma de nitrato, podem atingir os mananciais subterrâneos (Aita & Giacomini, 2008).▶

Aceito para publicação em 19/5/11.

¹ Trabalho executado com recursos da Epagri e da Fapesc.

² Eng.-agr., Dr., Epagri/Estação Experimental de Campos Novos, C.P. 116, 89620-000 Campos Novos, SC, e-mail: milveiga@epagri.sc.gov.br.

³ Eng.-agr., Dra., Epagri/Estação Experimental de Campos Novos, e-mail: pandolfo@epagri.sc.gov.br.

⁴ Eng.-agr., Dr., Embrapa Soja, C.P. 231, 86001-970 Londrina, PR, fone: (43) 3371-6058, e-mail: balbinot@cnpsa.embrapa.br.

Apesar dos possíveis problemas decorrentes da aplicação de dejetos animais nas lavouras, seu uso como fonte de nutrientes para culturas ou pastagens se constitui em uma opção técnica e economicamente viável desde que observadas as características dos esterco (Scherer et al., 1996), do solo, do clima e do sistema de culturas. Com relação ao aspecto ambiental, a Instrução Normativa Estadual (INE) nº 11, da Fundação de Amparo à Tecnologia e Meio Ambiente de Santa Catarina (Fatma, 2009), estabelece como taxa máxima de aplicação a dose de 50m³/ha/ano de dejetos líquidos de suínos (DLS). Essa dose foi estabelecida considerando-se, além de outros aspectos, os resultados de estudos técnicos para definir a necessidade de suprimento de nutrientes para as culturas de milho e feijão (Scherer, 1998), cultivadas tradicionalmente nas regiões produtoras de suínos de Santa Catarina. No entanto, a dose máxima única estabelecida pela INE 11 para todo o Estado não considera a diversidade de tipos de solos (Embrapa, 2004) e de climas (Pandolfo et al., 2002) que ocorrem no território catarinense, tampouco os sistemas de culturas, que podem variar substancialmente na capacidade de absorção e exportação de nutrientes.

Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de determinar o balanço simplificado de N, P e K num sistema de produção de grãos com rotação de culturas durante nove anos de aplicação de dejetos líquidos de suínos, o teor de P e o de K no solo ao final desse período e os rendimentos de grãos de feijão, milho e soja durante oito anos de experimentação.

Material e métodos

O estudo foi conduzido no Campo Demonstrativo da Cooperativa Regional Agropecuária de Campos Novos (Coopercampos), localizado nas coordenadas geográficas de 27°21'59" latitude sul e 51°15'33" longitude oeste, com 950m de altitude. O solo do local do experimento foi mapeado como Latossolo Vermelho Distrófico (Embrapa, 2004) e vinha sendo utilizado sob sistema plantio direto com rotação de culturas por

mais de 10 anos. Por ocasião do início do estudo, o solo da área do experimento apresentava, na camada de até 20cm, 45g/kg de matéria orgânica (MO), 10mg/dm³ de fósforo (P) extraível e 228mg/dm³ de potássio (K) trocável, enquadrados respectivamente nas faixas de interpretação média, alta e muito alta desses atributos (Comissão..., 2004).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados, com três repetições dispostas em parcelas de 6 x 5m. Os tratamentos corresponderam à aplicação de dejetos líquidos de suínos nas doses de 50 (DLS50), 100 (DLS100) e 200m³/ha/ano (DLS200), divididas em duas parcelas (50% no outono, antes da implantação das plantas de cobertura de inverno, e 50% na primavera, antes da de verão). Também foi conduzido um tratamento com aplicação das quantidades de P e K exportadas pelos grãos colhidos em cada parcela (REPK), pela aplicação única de superfosfato simples e cloreto de potássio por ocasião da semeadura das culturas de verão. Todos os tratamentos foram aplicados na superfície do solo. O DLS foi retirado de bioesterqueiras e apresentou, na média das 18 aplicações: 7,2 de pH; 27,7g/kg de matéria seca; 4,81kg/m³ de N; 0,64kg/m³ de P₂O₅; e 1,50kg/m³ de K₂O. Com base nesses teores, foram calculadas as quantidades totais de N, P₂O₅ e K₂O aplicadas na forma de DLS em cada parcela. Para calcular a quantidade exportada, a produção de grãos de cada parcela foi multiplicada pelo teor médio do nutriente nos grãos da respectiva cultura, conforme Comissão... (2004). O balanço simplificado de nutrientes, por sua vez, correspondeu à diferença entre a quantidade do nutriente aplicada e a exportada por meio dos grãos na respectiva parcela.

Na área experimental foi utilizada uma rotação de culturas de três anos, com sequências anuais de ervilhaca + aveia/milho, aveia/feijão ou aveia/soja, sendo semeada uma sequência em cada bloco dos tratamentos de DLS e de adubo mineral, sem repetição, em rotação de culturas e em sistema plantio direto (SPD). A produção de grãos das culturas foi determinada em

área útil de 12m² para o milho e 4,5m² para o feijão e a soja e ajustada para t/ha com 13% de umidade. Para efetuar a análise estatística, a produção de cada cultura foi ajustada para rendimento relativo, considerando-se como 100% a maior produção obtida entre as parcelas para cada cultura no respectivo ano. Esses dados foram submetidos à análise da variância e ao teste F para determinar o efeito dos tratamentos sobre as culturas, assim como as possíveis interações entre tratamentos e anos. Quando constatada diferença entre tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ao final do nono ano de experimentação, foram coletadas amostras de solo nas camadas de: até 2,5, 2,5 a 5, 5 a 10, 10 a 20, 20 a 40, e 40 a 60cm de profundidade, constituídas por quatro subamostras coletadas aleatoriamente nas parcelas. Os teores de P extraível e K trocável no solo foram analisados conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1995), no Laboratório de Solos da Epagri/Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar (Cepaf), localizado em Chapecó, SC. Para cada camada de solo amostrada, foram determinadas as regressões entre os teores de P extraível e K trocável e as doses de DLS aplicadas.

Resultados e discussão

As quantidades de N, P e K aplicadas por meio de DLS ou de P por superfosfato triplo e de K por cloreto de potássio, as exportadas pelos grãos colhidos e a diferença entre as quantidades aplicadas e exportadas (balanço simplificado) estão apresentadas na Figura 1. Observa-se que o nutriente aplicado em maior quantidade foi o N, atingindo mais de 8t/ha ao fim dos nove anos de experimentação no tratamento 200DLS. A quantidade exportada desse nutriente também foi maior do que a dos demais, mas o balanço foi positivo em todos os tratamentos de aplicação de DLS, atingindo mais de 7t/ha de excedente na maior dose aplicada. Deve-se considerar, ainda, que no cálculo do balanço foram computadas apenas as quantidades de

N adicionadas através de DLS, não sendo consideradas as adições ao sistema por meio da fixação simbiótica através das fabáceas constantes da rotação de culturas, que, se computadas, aumentariam ainda mais o excesso desse nutriente.

O excedente de mais de 7t/ha/ano de N no tratamento DLS200 indica que a dose de 200m³/ha/ano é excessiva para o sistema de culturas utilizado, uma vez que uma pequena fração da quantidade aplicada é exportada pelos grãos. Pode-se inferir que, mesmo que a cultura semeada após a aplicação do DLS seja hábil em absorver o N disponível, uma proporção significativa dele retornará ao sistema

por meio dos resíduos culturais, podendo ou não ser absorvido pela cultura subsequente, quando ocorre a decomposição desses resíduos. Em condições de adequada aeração do solo, o N mineral é encontrado predominantemente na forma de nitrato, o qual forma complexos de esfera-externa com as cargas negativas do solo, apresentando baixa energia de ligação com essas cargas (Meurer, 2006), sendo facilmente deslocado no perfil pela água de drenagem interna, como determinado por Aita & Giacomini (2008) em um Argissolo de textura média e por Menezes et al. (2007) em um Latossolo de textura argilosa.

As quantidades de P e K adicionadas ao solo, as exportadas pelos grãos e as diferenças entre elas (balanço simplificado) foram muito inferiores às do N. Mesmo assim, os excedentes de P e K no tratamento 200DLS ultrapassaram, respectivamente, 1 e 2t/ha no período de nove anos. Isso se refletiu no aumento linear do teor de P entre as doses de 50 e 200m³/ha/ano nas camadas amostradas de até 5cm de profundidade, e de K nas camadas amostradas abaixo de 5cm de profundidade (Figura 2).

A diferença observada na mobilidade no perfil entre o P e o K é explicada pela energia de ligação desses elementos aos colóides do solo, uma vez que o P, encontrado no solo principalmente na forma de fosfato (HPO₄⁻), se associa a grupos funcionais específicos de superfície, principalmente nos óxidos de ferro e de alumínio, formando complexos de esfera-interna (Meurer, 2006). Segundo esse autor, a energia dessa ligação é muito superior à da ligação do íon K⁺, que se associa às cargas negativas do solo via ligação eletrostática, formando complexos de esfera-externa. Os teores de K nas camadas superficiais do solo (até 2,5 e 2,5 a 5cm) não aumentaram com as doses de DLS aplicadas, indicando que pode ter ocorrido a saturação dos sítios de troca nessas camadas e, conseqüentemente, não adsorção eletrostática adicional do K, sendo lixiviado para as camadas subjacentes, onde ocorreu aumento linear do teor trocável com a dose de DLS aplicada, ou até mesmo para fora do perfil.

Diferentemente do que ocorre com o nitrato, a lixiviação do K para camadas mais profundas do solo e, eventualmente, o acúmulo nas águas subterrâneas não representam risco significativo de contaminação delas por se tratar de um cátion para o qual ainda não foi detectado esse potencial. O acúmulo de P na camada superficial do solo, por sua vez, apresenta um ►

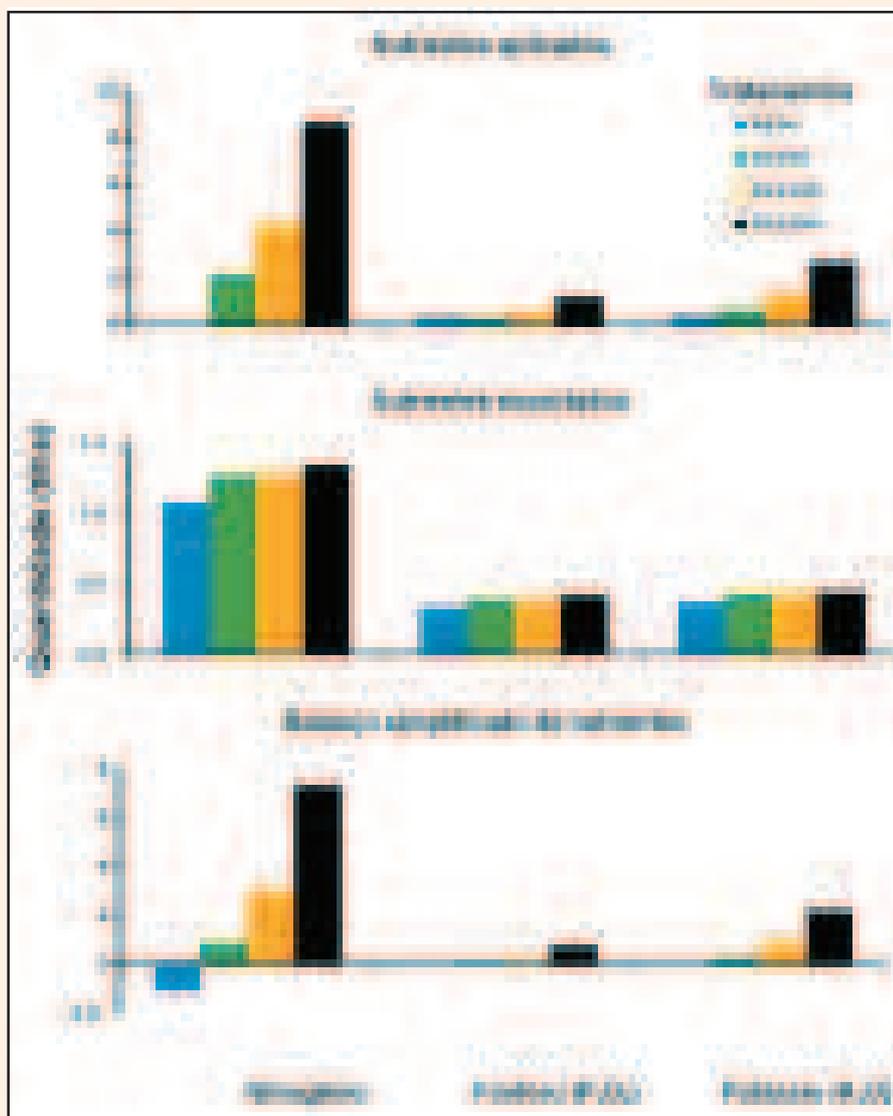


Figura 1. Quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio aplicada através de dejetos líquidos de suínos (DLS) ou repostas na forma de adubo solúvel (REPK) exportada pelos grãos e balanço de nutrientes, em um período de nove anos de experimentação.

Nota: DLS50, DLS100 e DLS200 correspondem, respectivamente, à aplicação das doses de 50, 100 e 200m³/ha/ano de DLS.

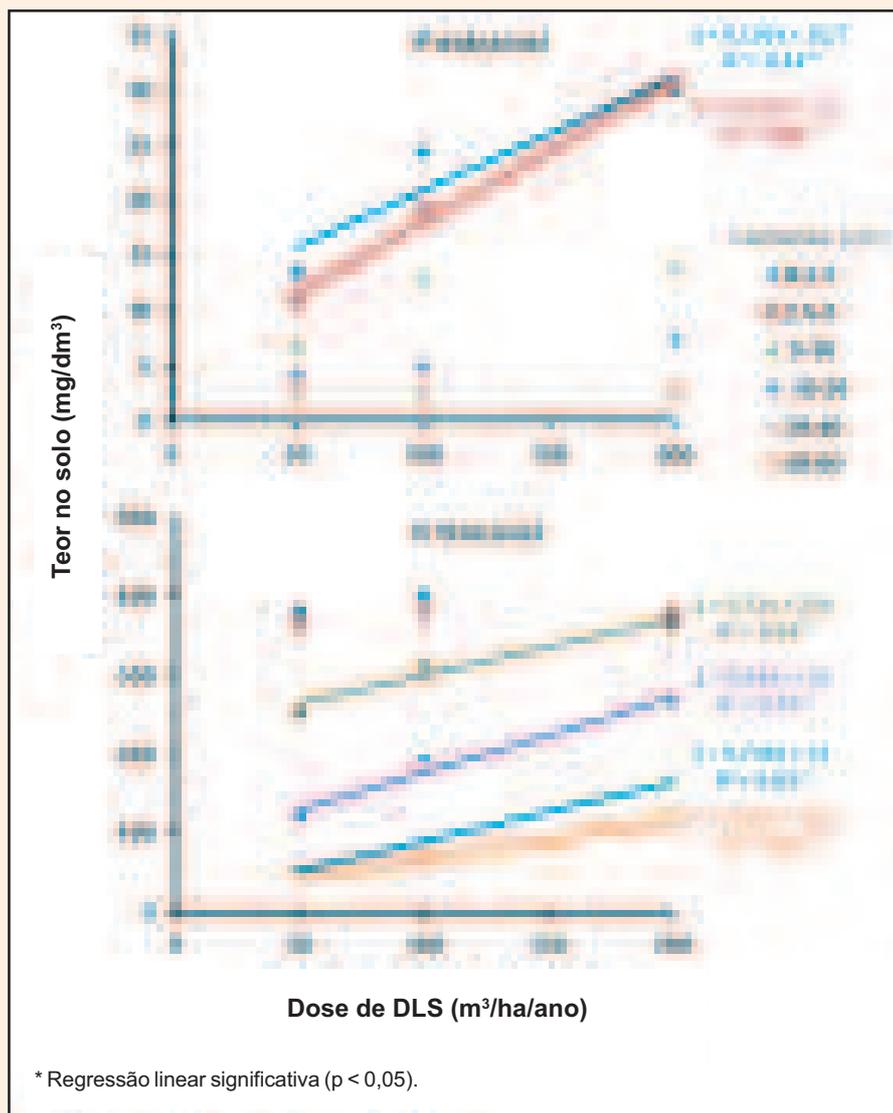


Figura 2. Teores de fósforo (P) extraível e de potássio (K) trocável em seis camadas de um Latossolo Vermelho, após nove anos de aplicação superficial de dejetos líquidos de suínos (DLS)

risco potencial de contaminação das águas superficiais quando ocorre erosão nas lavouras (Mori et al., 2009).

A produtividade de grãos das culturas de milho e de feijão foi alta na média dos anos, havendo diferença apenas entre o tratamento de reposição de P e K exportados pelos grãos (REPK) e os tratamentos com aplicação de DLS (Figura 3). Essa diferença provavelmente está associada ao fornecimento de N pelo DLS, uma vez que ambas as culturas são responsivas à aplicação desse nutriente, e esse mesmo N provavelmente não foi disponibilizado em quantidade suficiente pelo sistema solo, no caso do milho, e

pelo solo e, potencialmente, pela fixação simbiótica no caso do feijão no tratamento REPK. A cultura da soja, por sua vez, supre sua necessidade de N pela fixação simbiótica e, por isso, não houve diferenças entre tratamentos.

As quantidades de N, P e K aplicadas de 50m³/ha/ano de DLS, associadas aos teores elevados no solo de MO, P extraível e K trocável foram suficientes para alcançar a maior produtividade das culturas nas condições estudadas, confirmando resultados de estudos desenvolvidos com as mesmas culturas, de forma isolada ou associadas, em outras condições edafoclimáticas (Scherer, 1998). Assim, do ponto de vista do uso de DLS para suprimento de nutrientes para a produção de grãos de soja, milho e feijão, cultivados em rotação de culturas, a dose de 50m³/ha/ano de dejetos líquidos de suínos é suficiente para a condição de alta fertilidade do solo estudada. Essa quantidade de dejetos se aproxima da definida para um Argissolo por Basso (2003), que verificou que, apesar de doses maiores de DLS favorecerem o acúmulo de matéria seca e produção de grãos, a taxa de recuperação de N, P e K foi alta até a dose de 40m³/ha, e que doses maiores são menos eficientes para a

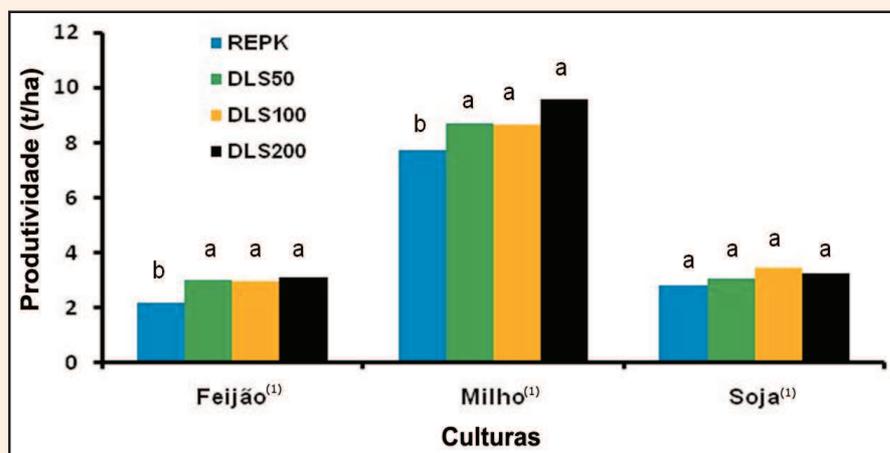


Figura 3. Produtividade média das culturas de feijão, milho e soja durante oito anos com aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) e com reposição de P e K exportados pelos grãos através de adubo solúvel (REPK).

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra em cada cultura não diferem estatisticamente entre si (Tukey, $\alpha = 0,05$). DLS50.

Nota: DLS100 e DLS200 correspondem, respectivamente, à aplicação das doses de 50, 100 e 200m³/ha/ano de DLS.

nutrição das plantas, potencializando os riscos de contaminação do solo e da água.

Conclusões

- O balanço simplificado de nutrientes varia basicamente em função das quantidades aplicadas através de dejetos líquidos de suínos ou de fertilizantes solúveis, uma vez que a produtividade de grãos obtida e, conseqüentemente, as quantidades de nutrientes exportados apresentam variação pequena entre tratamentos.

- Considerando-se a faixa de aplicação entre 50 e 200m³/ha/ano de dejetos líquidos de suínos, há aumento linear do teor de P extraível nas camadas amostradas de até 5cm de profundidade e de K trocável nas camadas amostradas entre 5 e 60cm de profundidade, sem alteração nas demais.

- Nas condições de alta fertilidade do solo utilizado no experimento, a aplicação de 50m³/ha/ano de dejetos líquidos de suínos em duas parcelas (50% no outono e 50% na primavera) fornece nutrientes em quantidades suficientes para atingir altos rendimentos de grãos de milho, feijão e soja.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coopercampos, pela cessão da área para estudo e pelo fornecimento de materiais para experimentação, e à Fapesc, pelo financiamento parcial da pesquisa.

Literatura citada

1. AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Nitrato no solo com a aplicação de dejetos líquidos de suínos no milho em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.32, p.2101-2111, 2008.
2. BASSO, C.J. *Perdas de nitrogênio e fósforo com aplicação no solo de dejetos líquidos de suínos*, 2003. 125f. Tese (Doutorado em Agronomia), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Maria, 2003.
3. 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*. 10.ed. Porto Alegre, SBCS/Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.
4. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Solos do Estado de Santa Catarina*. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 2004. 1 CD-Rom; mapa color. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 46).
5. FATMA. Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina. *Instrução Normativa 11*. Disponível em: <<http://www.fatma.sc.gov.br>>. Acesso em: 10 maio 2010.
6. MEURER, E.J. (Ed.). *Fundamentos de química do solo*. Porto Alegre: Evangraf, 2006. 285p.
7. MORI, H.F.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V. et al. Perda de água, solo e fósforo com aplicação de dejetos líquidos bovinos em Latossolo sob plantio direto e com chuva simulada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.33, n.1, p.189-198, 2009.
8. MENEZES, J.F.S.; KONZEN, E.A.K.; SILVA, G.P. et al. *Aproveitamento de dejetos de suínos na produção agrícola e monitoramento ambiental*. Rio Verde: Fesurv, 2007. (Boletim Técnico, 6).
9. PANDOLFO, C.; BRAGA, H.J.; SILVA JÚNIOR, V.P. et al. *Atlas climático digital do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis: Epagri, 2002. 1 CD-Rom.
10. SCHERER, E.E. *Utilização de esterco de suínos como fonte de nitrogênio: bases para adubação dos sistemas milho/feijão e feijão/milho, em cultivos de sucessão*. Florianópolis: Epagri, 1998. 49p. (Epagri. Boletim Técnico, 99).
11. SCHERER, E.E.; AITA, C.; BALDISSERA, I.T. *Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da Região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante*. Florianópolis: Epagri, 1996. 46p. (Epagri. Boletim técnico, 79).
12. TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. et al. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: UFRGS/Departamento de Solos, 1995. 174p. ■

