



## Fósforo solúvel e total em solo com adição de dejetos líquidos de suínos por longo período<sup>(1)</sup>.

**Lessandro De Conti<sup>(2)</sup>; Carlos Alberto Ceretta<sup>(3)</sup>; Rodrigo Knevez Hammerschmitt<sup>(4)</sup>; Renan Fagan Vidal<sup>(4)</sup>; Mylena Gonçalves Anchieta<sup>(5)</sup>; Gustavo Brunetto<sup>(3)</sup>;**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do CNPq e FAPERGS.

<sup>(2)</sup> Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS. E-mail: [lessandrodeconti@gmail.com](mailto:lessandrodeconti@gmail.com); <sup>(3)</sup> Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria; <sup>(4)</sup> Graduando em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria; <sup>(5)</sup> Graduanda em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria.

**RESUMO:** A aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) por conter alto teor de fósforo (P) pode aumentar os teores de P na fase sólida ou solução do solo. O trabalho objetivou avaliar o teor de P total e na solução de um solo com longo histórico de aplicações de DLS e ao cultivo de plantas. O trabalho foi realizado na casa de vegetação do Departamento de Solos da UFSM, em Santa Maria (RS). Foram usadas colunas de solo com a estrutura indeformada que haviam recebido 19 aplicações de DLS nas doses de 0, 20, 40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, durante 8 anos de cultivo a campo. Para o estudo foi realizada a coleta de solo antes e após os cultivos de aveia preta e milho em casa de vegetação, nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-60 cm. Posteriormente, em uma porção foi extraída a solução do solo e determinada a concentração de P solúvel e na outra porção foi procedida digestão do solo, para quantificação do teor total de P. Aplicações de doses elevadas de DLS por longo período promoveram incremento na concentração de P na solução das camadas superficiais do solo, aumentando a proporção do teor total de P presente na solução. Aplicações sucessivas de DLS também aumentaram o risco de contaminação ambiental mesmo em baixas doses, por promover acúmulo e migração do P no perfil do solo, diagnosticado pelo teor total.

**Termos de indexação:** solução do solo, dejetos, contaminação hídrica.

### INTRODUÇÃO

Os dejetos gerados pela suinocultura são usualmente aplicados na forma líquida aos solos agrícolas, como fonte orgânica de nutrientes as culturas, entre eles o fósforo (P), que é um dos macronutrientes mais limitante da produtividade das culturas em solos intemperizados de regiões tropicais e subtropicais (Gatiboni et al., 2008).

No solo o P é adsorvido a grupos funcionais de partículas inorgânicas, formando complexo de esfera interna e, por isso, é baixa a sua mobilidade e concentração na solução do solo (Frossard et al.,

2000). Porém, quando o P é adicionado sucessivamente e, em elevadas doses em solos, por exemplo, através da aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) pode ocorrer o incremento do seu teor total (Berwanger et al., 2008). Com isso, se espera saturação dos sítios de adsorção mais ávidos e a redução na energia de ligação, aumentando a concentração de P na solução do solo (Guardini et al., 2012).

A concentração de P na solução do solo representa uma pequena fração do teor total do elemento no solo (Hinsinger, 2001). Embora que o aumento no teor de P no solo e na solução seja favorável para a nutrição das culturas, teores elevados potencializam o risco de contaminação ambiental, através das transferências de P pela solução escoada na superfície e, também pela migração no perfil do solo através do fluxo de água (Berwanger et al., 2008). A presença de plantas pode modificar a dinâmica do P, principalmente próximo do sistema radicular, pela absorção e exsudação de íons e compostos (Hinsinger, 2001).

O trabalho objetivou avaliar o teor de P total e na solução de um solo com longo histórico de aplicações de DLS e ao cultivo de plantas.

### MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo utilizou-se amostras indeformadas de solo, derivadas de um experimento com longa duração, implantado no ano 2000 na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria (RS), sobre um solo Argissolo Vermelho Distrófico arênico (Embrapa, 2013), que apresentava no momento da instalação as seguintes características (0 a 10 cm): argila 240 g kg<sup>-1</sup>, pH em água (1:1) 4,7; M.O. 16 g kg<sup>-1</sup>, P disponível 15,0 mg dm<sup>-3</sup>, K trocável 96,0 mg dm<sup>-3</sup>, Al trocável, Ca trocável e Mg trocável 0,8, 2,7 e 1,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente. O experimento foi conduzido sob sistema de plantio direto (SPD), aonde foram realizadas 19 aplicações de DLS nas doses de 0, 20, 40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, aplicadas a lanço na superfície do solo, antes da implantação de cada cultivo.



### Coleta das colunas indeformadas de solo e cultivos em casa de vegetação

Em janeiro de 2008 foram coletadas duas colunas indeformadas de solo em cada parcela, utilizando tubos de PVC (20 x 65 cm), acoplados a um coletor de monólitos que foi inserido no solo até 60 cm de profundidade.

Os cultivos foram conduzidos na casa de vegetação do Departamento de Solos da UFSM, entre os meses de maio e novembro de 2012. Inicialmente foi restabelecida a umidade do solo durante 30 dias em todas as colunas de solo. Após este período, em uma coluna por parcela, ou seja, três colunas por tratamento foi realizada a 1ª coleta de solo, e nas outras três colunas de cada tratamento foi reaplicado as doses de 0, 20, 40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS, antecedendo a implantação da aveia preta (*Avena strigosa*) que foi cultivada por 71 dias e posterior do milho (*Zea mays*) conduzido por 82 dias. O volume de DLS adicionado foi estabelecido a partir da área superficial da coluna. O delineamento experimental foi mantido o que estava no experimento a campo, blocos ao acaso com três repetições.

### Coleta do solo, extração da solução e análises químicas

Após o período de restabelecimento da umidade, quando o solo possuía o histórico de 19 aplicações de DLS foi aberta três colunas por tratamento e procedida à coleta de solo nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-60 cm, denominada 1ª coleta. Os solos das outras três colunas de cada tratamento foram amostrados após os cultivos de aveia preta e milho, apresentando histórico de 21 aplicações de DLS, denominada 2ª coleta. O solo de cada camada foi dividido em duas porções. Uma porção destinada a extração da solução do solo, pelo método de pasta de solo saturado, adaptado do extrato aquoso proposto por Wolt (1994). E a segunda porção de solo, foi seca ao ar, tamisada e 2 mm e reservada para a análise do teor de P total.

A solução extraída foi filtrada a 0,45 µm e determinada a concentração de P em espectrômetro de Emissão Atômica com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP Perkin-Elmer). Para determinação do teor de P total, foi realizada digestão do solo em forno de micro-ondas, conforme o método EPA 3051A (USEPA, 2007), com posterior determinação pelo método descrito por Murphy & Riley (1962).

### Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise da variância em cada camada amostrada e quando significativos os resultados foram comparados pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

As maiores concentrações de P, na solução da 1ª coleta foram observadas na dose de 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, seguido da dose de 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS (**Figura 1a**). As 19 aplicações de DLS, na dose de 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> não alterou a concentração de P na solução do solo em relação ao solo sem adição de DLS, nas camadas de 0-5 e 5-10 cm. Na 2ª coleta, ou seja, após as reaplicações das doses de DLS e do cultivo de aveia preta e milho, novamente as maiores concentrações de P na solução foram observadas nas camadas superficiais das doses 40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (**Figura 1b**). Nesta coleta, o solo que recebeu adição de 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS apresentou incremento na concentração de P na solução até a camada de 20-30 cm.

O incremento na concentração de P na solução das camadas superficiais dos solos que receberam as maiores doses de DLS (40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), provavelmente ocorreu por causa da adição de P via DLS acima da capacidade de absorção das culturas, levando a saturação dos sítios mais reativos, dos grupos funcionais de superfície de partículas como de argilominerais e óxidos, pelo fosfato (Guardini et al., 2012; Berwanger et al., 2008).

A maior concentração de P na solução foi observada na camada 0-5 cm da dose 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS, 2ª coleta, onde a fração solúvel representou 0,4% do teor total de P no solo, enquanto que na mesma camada e coleta, a fração solúvel foi de 0,07% na dose de 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e 0,02% na dose 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e no solo sem adição de dejetos. Assim, pode-se inferir que as aplicações sucessivas de doses elevadas de DLS alteram o equilíbrio entre a fase sólida e a solução do solo, aumentando a porcentagem do teor total de P encontrada na solução do solo.

A redução da concentração de P solúvel nas camadas 0-5 e 5-10 cm em todos os tratamentos na 2ª coleta em relação à primeira, exceto na camada de 0-5 cm, dose de 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (**Figura 1a, b**). Provavelmente ocorreu por causa da absorção de P pelas plantas. Mas, mesmo com a redução da concentração de P em solução na camada de 0-10 cm dos solos que receberam adição de dejetos, as concentrações estão acima das consideradas adequadas para um bom crescimento da maioria das gramíneas, que segundo Hinsinger (2001) varia entre 1 a 5 µM, não necessitando de novas adições de P.

A concentração de P na solução da camada de



0-5 cm, de todos os solos submetidos a aplicação de DLS foi acima de  $0,15 \text{ mg L}^{-1}$ , que é a concentração máxima permitida para a classe 3 de águas que pode ser utilizada para consumo humano após tratamento adequado (Conama, 2005). Além da camada superficial, com a adição de  $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , na 2ª coleta, a concentração de P na solução foi maior que  $0,15 \text{ mg L}^{-1}$  até a camada 20-30 cm (**Figura 1b**). Isso evidencia o risco de contaminação dos mananciais hídricos, com as aplicações de altas doses de DLS por longo período em solos com textura arenosa.

Os teores de P total na 1ª e 2ª coleta aumentaram com o aumento das doses de DLS, nas camadas de 0-5 e 5-10 cm (**Figura 1c, d**). Os maiores teores totais de P foram observados na camada de 0-5 cm, que apresentou na 2ª coleta, incremento de 222,9; 314,2 e 442,3% em relação ao solo sem adição de dejetos, nas doses de 20, 40 e  $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , respectivamente. O acúmulo de P nas camadas mais superficiais do solo aconteceu por causa da adição de grande quantidade de P via DLS, que totalizou ao longo de 21 aplicações, 707,8; 1415,6 e  $2831,2 \text{ kg ha}^{-1}$  P nas doses de 20, 40 e  $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , respectivamente. Além disso, o fosfato forma complexos de esfera interna com grupos funcionais de partículas reativas inorgânicas do solo, o que diminui a sua mobilidade e aumenta sua concentração próximo aonde foi adicionado, em sistema de plantio direto, como do presente estudo, nas camadas superficiais (Guardini et al., 2012).

O aumento dos teores totais de P ocorreu até a camada de 30-40 cm, com a adição de  $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS, na 2ª coleta (**Figura 1b**), indica migração de P no perfil do solo. Provavelmente a movimentação de P no perfil ocorreu na forma solúvel, dada às elevadas concentrações observadas na solução do solo, através do fluxo de água no perfil, alertando para o risco de contaminação ambiental.

## CONCLUSÕES

Altas doses de DLS aplicadas por longo período promovem incremento na concentração de P na solução das camadas superficiais do solo, aumentando a proporção do teor total de P presente na solução.

Aplicações sucessivas de DLS aumentam o risco de contaminação ambiental mesmo em baixas doses, por promover acúmulo e migração do P no perfil do solo, diagnosticado pelo teor total.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, CAPES e a FAPERGS, pelos recursos financeiros e bolsas concedidas.

## REFERÊNCIAS

BERWANGER, A.L.; CERETTA, C.A. & RHEINHEIMER, D.S. Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. R. Bras. Ci. Solo, 32:2525-2532, 2008.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução Conama Nº 357. Disponível em: <<http://www.crq4.org.br/downloads/resolucao357.pdf>>. Conama, Brasília, Brasil, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353p.

FROSSARD, E.; CONDRON, L.M.; OBERSON, A.; SINAJ, S. & FARDEAU, J.C. Processes governing phosphorus availability in temperate soils. J. Environ. Qual., 29:12-53, 2000.

GATIBONI, L.C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S.; CERETTA, C.A. & BASSO, C.J. Formas de fósforo no solo após sucessivas adições de dejetos líquido de suínos em pastagem natural. R. Bras. Ci. Solo, 32:1753- 1761, 2008.

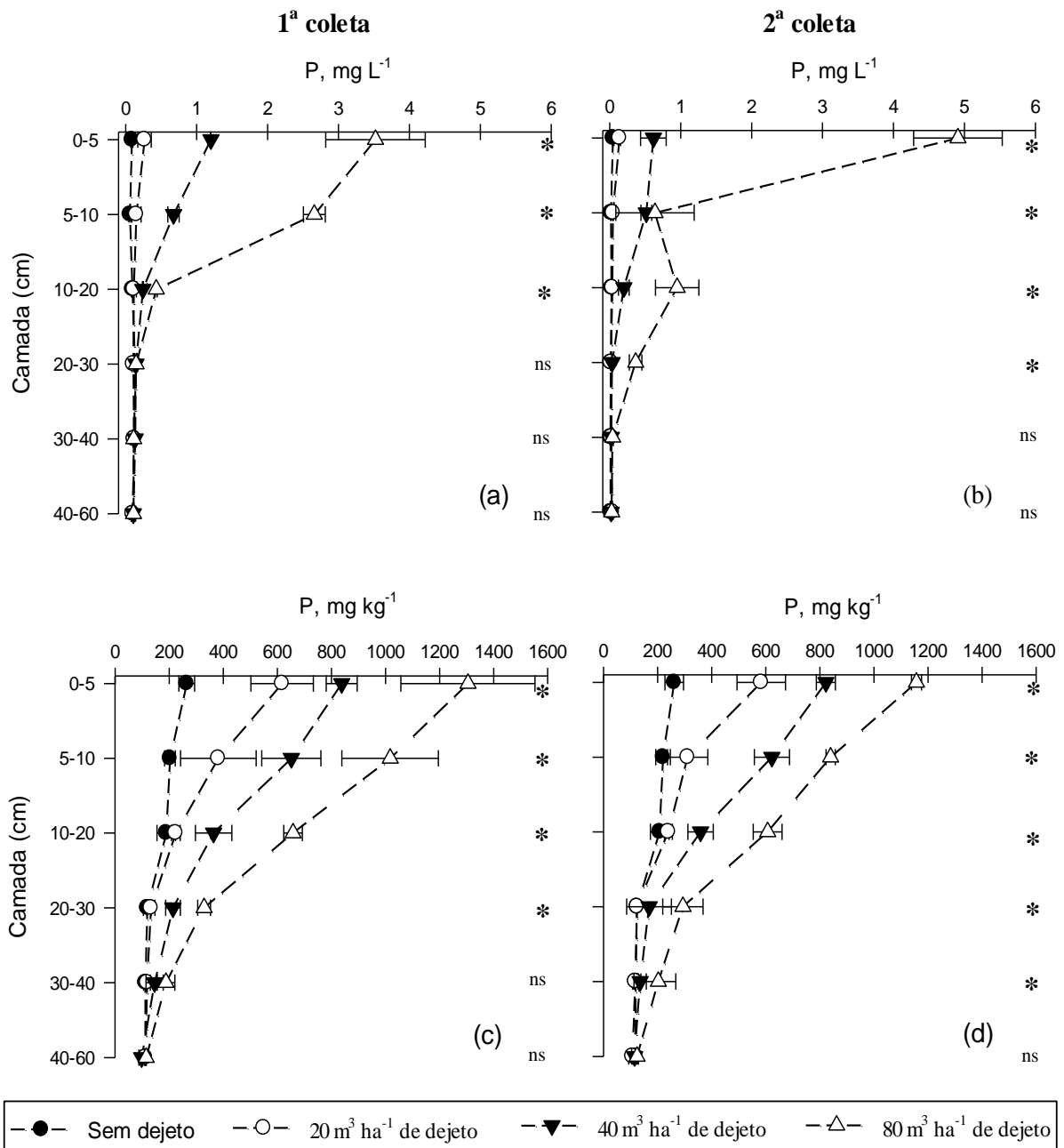
GUARDINI, R.; COMIN, J.J.; RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C.; TIECHER, T.; SCHMITT, D.E.; BENDER, M.A.; FILHO, P.B.; OLIVEIRA, P.A.V. & BRUNETTO, G. Phosphorus accumulation and pollution potential in a Hapludult fertilized with pig manure. R. Bras. Ci. Solo, 36:1333-1342, 2012.

HINSINGER, P. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: A review. Plant Soil, 237:173-195, 2001.

MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. Anal. Chem. Acta, 27:31-36, 1962.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. Method 3051A: microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. In: Sw-846: Test methods for evaluation solid waste physical and chemical methods. USEPA, Washington, 2007.

WOLT, J.D. Obtaining soil solution: laboratory methods. In: Soil solution chemistry: applications to environmental science and agriculture. 1 ed. New York, JOHN WILEY, 1994. 345p.



**Figura 1** – Fósforo (P) na solução (a-b) e total (c-d) na 1ª e 2ª coleta, em um Argissolo Vermelho distrófico com a adição de 0, 20, 40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> dejetos líquidos de suínos. \*= significativo a 5 % probabilidade; ns= não significativo.