



## Transferência de formas de Fósforo na solução escoada em área com aplicações de fontes orgânica e mineral de nutrientes<sup>(1)</sup>

**Lucas Antonio Telles Rodrigues<sup>(2)</sup>; Carlos Alberto Ceretta<sup>(3)</sup>; Nathalia Haydee Riveros Ciancio<sup>(4)</sup>; Alessandra Bacca<sup>(5)</sup>; Cledimar Rogério Lourenzi<sup>(6)</sup>; Bruno Pedro Lazareti<sup>(7)</sup>**

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

<sup>(2)</sup> Mestrando em Ciência do Solo; Universidade Federal de Santa Maria; Santa Maria, RS; lucasatr2009@hotmail.com;

<sup>(3)</sup> Prof. Dr. Tit.; Universidade Federal de Santa Maria; <sup>(4)</sup> Dra. em Ciência do solo; Universidade Federal de Santa Maria

<sup>(5)</sup> Doutoranda em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria; <sup>(6)</sup> Prof. Dr.; Universidade Federal de Santa Catarina; <sup>(7)</sup> Graduando em Agronomia; Universidade Federal de Santa Maria.

**RESUMO:** Aplicações sucessivas de dejetos em uma mesma área ocasionam acúmulo de P nas camadas superficiais do solo, o mesmo podendo ser perdido por escoamento superficial. O Objetivo deste trabalho foi avaliar a transferência de formas de P por escoamento superficial em uma área de plantio direto submetido a aplicações sucessivas de fontes orgânica e mineral de nutrientes. O estudo foi desenvolvido na área experimental do Departamento de Solos da UFSM. Os tratamentos foram aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS), cama sobreposta de suínos (CSS), dejetos líquidos de bovinos (DLB), adubação mineral (NPK) e um tratamento sem aplicação de nutrientes. A quantidade de cada fonte a ser aplicada foi determinada com base no manual de adubação e calagem. Durante os anos agrícolas de 2009 a 2012 utilizou-se a sucessão de aveia preta e milho e nos anos de 2012 a 2013 a sucessão aveia preta e feijão preto. Após cada chuva quando houve escoamento superficial, foram realizadas coletas da solução escoada, analisando os teores de P solúvel, total e particulado. Em média nos oito cultivos avaliados, as perdas de P foram de aproximadamente 9; 11; 10 e 5% nos tratamentos, DLS, CSS, DLB e NPK, respectivamente. As maiores perdas de P foram observadas com a aplicação de CSS e DLB sendo a forma solúvel a principal forma de perda de P por escoamento superficial.

**Termos de indexação:** resíduos de animais, plantio direto, contaminação ambiental.

### INTRODUÇÃO

Na região Sul do Brasil a Bovinocultura e a Suinocultura geram grandes volumes de dejetos líquidos e sólidos, os quais são utilizados por produtores em lavouras com culturas anuais e/ou pastagens.

O uso contínuo de dejetos de animais promove incremento nos teores de nutrientes no solo (Lourenzi et al., 2013) e aumento na produtividade de grãos e matéria seca pelas culturas.

Aplicações sucessivas de dejetos em uma mesma área ocasionam acúmulo de P, especialmente, nas camadas superficiais do solo (Lourenzi et al., 2013). Isto ocorre de tal modo, que a energia de ligação do P, derivado de dejetos ou adubação mineral, com os colóides do solo diminui, principalmente em função da saturação dos sítios de adsorção, aumentando sua disponibilidade às plantas (Guardini et al. 2012) e potencializando as transferências deste por escoamento superficial e percolação. A transferência de P por escoamento superficial ocorre nas formas solúvel e particulada (Haygarth & Sharpley, 2000).

As quantidades desse elemento transferido são dependentes, especialmente, da quantidade do nutriente adicionado ao solo através dos dejetos, tipo de solo, do teor no solo, da frequência e do volume de água das precipitações, bem como do sistema de cultivo e da capacidade de exportação das plantas (Ceretta et al., 2010). Em adição a isso, o P é elemento que mais causa eutrofização em sistemas aquáticos. Por isso, torna-se necessária a realização de experimentos regionais de campo em solos com históricos de aplicações de fontes orgânicas e mineral de nutrientes com o intuito de verificar o potencial poluente dessa prática amplamente adotada na região sul do Brasil.

Objetivou-se avaliar a transferência de formas de P na solução escoada de um argissolo vermelho submetido a aplicações sucessivas de fontes orgânica e mineral.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Maria, RS, (29°42'50.92"S 53°42'25.55"O, altitude de 100 m). O clima da região é subtropical úmido, tipo Cfa 2 segundo classificação de Köppen, com temperatura média anual de 19,3°C, precipitação média anual de 1561 mm e umidade relativa de 82%. O solo é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico, com as principais características na camada de 0-10 cm antes da implantação do



experimento: 55,6 g kg<sup>-1</sup> de argila; 22 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica; pH em água de 4,65; 23,91 mg kg<sup>-1</sup> de P (extraído por Mehlich<sup>-1</sup>) e saturação por bases 9,37%.

O experimento foi instalado no ano de 2004 em área sob sistema de plantio direto utilizando a sucessão de culturas de aveia preta (*Avena strigosa*) e milho (*Zea mays* L.). O período de avaliação desse estudo foi de novembro de 2009 a outubro de 2013. Nos anos agrícolas de 2009/2010 a 2011/2012 utilizou-se sucessão milho e aveia preta, e em 2012/2013 a sucessão feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L.) /aveia preta.

Os tratamentos consistiram da aplicação de dejetos líquido de suínos (DLS); Dejetos líquido de bovino (DLB), esses compostos por fezes, urina, restos alimentares e água da lavagem de instalações; Cama sobreposta de suínos (CSS), composto por resíduos de beneficiamento de arroz, fezes, urina e restos alimentares; Adubação mineral (NPK) (uréia + superfosfato triplo + cloreto de potássio) e um tratamento controle. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições e parcelas com dimensões de 5 X 5 m (25 m<sup>2</sup>).

Realizou-se digestão ácida dos dejetos para determinação dos teores de N, P e K, conforme Tedesco et al. (1995), e a dose de dejetos a ser aplicada antes da implantação da cultura, conforme a recomendação da CQFS – RS/SC (2004).

A aplicação das fontes de nutrientes foi realizada na superfície do solo antes da semeadura das culturas. Desde o início do experimento até o ano agrícola de 2012/2013 foram aplicadas as seguintes quantidades de fósforo: 460,2 kg ha<sup>-1</sup> de P via DLS; 1111,1 kg ha<sup>-1</sup> de P via CSS; 504,8 kg via DLB; 535 kg ha<sup>-1</sup> de P via fertilizante mineral. Durante o período de avaliação do presente estudo foram aplicados um total 308, 422, 261 e 141 kg ha<sup>-1</sup> de P, nos tratamentos DLS, CSS, DLB e NPK, respectivamente.

Para a avaliação da solução escoada foram instalados, em julho de 2008, coletores confeccionados a partir de placas de PVC. A solução foi coletada após cada evento (chuva + escoamento superficial), mensurada e uma alíquota de 500 ml foi levada ao laboratório para posterior análise.

Para a determinação dos teores de fósforo solúvel (P-solúvel), uma alíquota de 40 a 50 ml da solução coletada foi filtrada em membrana de 0,45 µm, segundo metodologia proposta por Silva et al. (1999). Os teores de fósforo total (P-total) foram determinados através de digestão nitroperclórica das amostras, segundo metodologia APHA (2005). Os teores de P-solúvel e P-total na solução foram determinados por colorimétrica (Murphy & Riley,

1962) e os teores de fósforo particulado (P-particulado) foram obtidos pela diferença entre o P-total e P-solúvel, conforme metodologia descrita por Haygarth & Sharpley (2000).

Os dados obtidos referentes ao fósforo obtido por escoamento superficial foram submetidos à análise de variância, empregando-se o sistema de análise estatística Sisvar, versão 4,0. Quando significativos, os resultados foram comparados pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade de erro. Posteriormente realizou-se análise estatística de Correlação de Pearson entre a quantidade de fósforo aplicado, fósforo disponível e o volume da solução escoada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As maiores transferências de P-solúvel (P<sub>sol</sub>), P-particulado (P<sub>part</sub>) e P-total (P<sub>total</sub>) por escoamento superficial ocorreram nos tratamentos que receberam as fontes orgânicas de nutrientes (DLS, CSS e DLB) (**Tabela 1**). Isso ocorreu pelo fato de que nesses tratamentos foram aplicadas as maiores quantidades de P, sendo que as quantidades de P aplicadas apresentaram correlação positiva com as transferências de P por escoamento superficial. Resultados semelhante aos encontrados por Hahn et al. (2012) em uma região produtora de suínos na Suíça, onde verificaram altos teores de P em solos que receberam aplicações em longo prazo de dejetos de suíno e, conseqüentemente maior transferência de P pela solução escoada. Em adição, Wang et al. (2013) observaram que as transferências de P por escoamento superficial são influenciadas pela taxa de fertilização, pela quantidade de P lábil no solo, pela topografia, temperatura, uso do solo e precipitação (intensidade e duração).

Observou-se que as transferências de formas de P por escoamento superficial apresentaram correlação com os teores de P disponível no solo. Esses resultados corroboram com os obtidos Sweeney et al. (2012) que, verificaram correlação entre as transferências de P disponível por escoamento superficial com os teores disponíveis de P no solo, fato importante no presente trabalho, uma vez que os teores de P-disponível nos solos com aplicação de DLS e CSS foram maiores em relação aos demais tratamentos (**Tabela 2**). Isso pode ser atribuído ao fato que a maioria do P presente nos dejetos animais encontra-se nas formas inorgânicas, ou seja, a forma prontamente disponível às plantas é também a principal forma de acumulação na superfície do solo (Ceretta et al., 2010).

Além disso, sucessivas aplicações de nutrientes promoveram incrementos nos teores de P no solo (**Tabela 2**) e saturação dos grupos funcionais



presentes no solo, proporcionando ligações químicas mais fracas com as frações do solo, aumentando a concentração de P em frações mais lábeis no solo (Guardini et al. 2012). Dessa forma, o P estará mais suscetível a ser transferido pela solução escoada na superfície do solo, ou ser perdido por lixiviação (Giroto et al. 2013).

**Tabela 2.** Características químicas do solo na camada de 0-10 cm após 12 aplicações de fontes orgânicas e mineral de nutrientes.

	Controle	DLS <sup>(1)</sup>	CSS <sup>(2)</sup>	DLB <sup>(3)</sup>	NPK <sup>(4)</sup>
pH em H <sub>2</sub> O	4,8	5,2	5,6	5,2	4,9
P mg dm <sup>-3</sup>	15,5	65,3	116,1	62,1	28,8
V %	29,2	44,9	57,1	50,9	46
CTC <sub>ef</sub> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,2	3,7	4,4	4,2	3,9
MO g kg <sup>-1</sup>	13,5	21,1	27,2	22,8	20,9

<sup>(1)</sup> Dejeito líquido de suínos; <sup>(2)</sup> Cama sobreposta de suínos; <sup>(3)</sup> Dejeito líquido de bovinos; <sup>(4)</sup> Adubação mineral.

Em média nos oito cultivos avaliados, as perdas percentuais de P<sub>total</sub> foram de 9; 11; 10 e 5% nos tratamentos DLS, CSS, DLB e NPK, respectivamente. Pode-se considerar que são valores pouco expressivos do ponto de vista nutricional das plantas. Esses resultados, são semelhantes ao obtidos por Bertol et al. (2010) que encontraram transferências de P por escoamento superficial menor a 15% do total de P aplicado via DLS. Entretanto, cabe ressaltar que aplicações sucessivas ou em doses excessivas de fontes de nutrientes ao longo do tempo numa mesma área, acarretam em aplicação de nutrientes acima da demanda das culturas, podendo promover o acúmulo de P na superfície do solo (Lourenzi et al. 2013). Esse acúmulo de P na superfície do solo, devido ao fato explicado anteriormente, pode favorecer as transferências por escoamento superficial.

## CONCLUSÕES

As maiores perdas de fósforo por escoamento superficial ocorrem com a aplicação de cama sobreposta de suíno e aplicação de dejetos líquido de bovino.

A maior parte do fósforo perdido por escoamento superficial esta na forma soluvel.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 21th. Denver. CP:AWWA 2005.

BERTOL, O.J. et al. Phosphorus loss by surface runoff in no-till system under mineral and organic fertilization. *Sci. Agric.* 2010; 67:71-77.

CERETTA, C.A. et al. Nutrient transfer by runoff under no tillage in a soil treated with successive applications of pig slurry. *Agric Ecosyst Environ*, 2010; 139:689-699.

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: SBCS: NRS: UFRGS, 2004. 400 p.

GIROTO, E. et al. Nutrient transfers by leaching in a no-tillage system through soil treated with repeated pig slurry applications. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 2013; 95:115-131.

GUARDINI, R. et al. Accumulation of phosphorus fractions in typic Hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep pig litter in a no-tillage system. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2012; 93:215-225

HAHN, C. et al. Phosphorus losses in runoff from manured grassland of different soil P status at two rainfall intensities. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2012; 153:65-74.

HAYGARTH, P. M. & SHARPLEY, A. N. Terminology for phosphorus transfer. *J. Environ. Qual.* 2000; 29:10-15.

LOURENZI, C.R. et al. Nutrients in layers of soil under no-tillage treated with successive applications of pig slurry. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, 2013; 37:157-167.

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

SILVA, F.C. (Org.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília:Embrapa, 1999. 370p.

TEDESCO M.J. et al. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1995. (Boletim técnico, 5).

WANG, W. et al. The effects of fertilizer applications on runoff loss of phosphorus. *Environ. Earth Sci.* 2013; 68:1313-1319.



**Tabela 1** – Transferência de P-solúvel, P-particulado e P total por escoamento superficial nos cultivos de aveia preta, milho e feijão preto em um Argissolo Vermelho submetido a aplicação de fontes orgânicas e mineral de nutrientes.

Tratamentos	Quant. transferida			Perdas percentuais			Quant. transferida			Perdas percentuais		
	P <sub>sol.</sub>	P <sub>part.</sub>	P <sub>total</sub>	P <sub>sol.</sub>	P <sub>part.</sub>	P <sub>total</sub>	P <sub>sol.</sub>	P <sub>part.</sub>	P <sub>total</sub>	P <sub>sol.</sub>	P <sub>part.</sub>	P <sub>total</sub>
	.....kg ha <sup>-1</sup> .....			.....%.....			.....kg ha <sup>-1</sup> .....			.....%.....		
	Milho 2009/2010						Aveia 2010					
<b>Controle</b>	0,53c	0,02a	0,55c				0,32d	0,22c	0,54d			
<b>DLS</b> <sup>(3)</sup>	2,11b	1,39a	3,50b	5,45	4,72	10,17	2,51a	2,52a	4,44a	6,44	6,76	11,47
<b>CSS</b> <sup>(4)</sup>	3,24a	1,72a	4,96a	4,93	3,09	8,02	2,63a	0,44b	3,26b	8,56	0,81	10,07
<b>DLB</b> <sup>(5)</sup>	2,13b	1,83a	3,96b	5,93	6,70	12,63	1,62b	0,67b	2,30c	16,25	5,63	22,00
<b>NPK</b> <sup>(6)</sup>	1,88b	1,56a	3,44b	5,15	5,88	11,03	0,96c	0,26c	1,22d	4,89	0,31	5,19
	Milho 2010/2011						Aveia 2011					
<b>Controle</b>	0,58c	0,43b	1,01d				0,95b	0,08c	1,03b			
<b>DLS</b>	3,39b	0,77a	4,17b	2,65	0,32	2,98	2,82a	0,37b	3,20a	9,84	1,53	11,42
<b>CSS</b>	5,60a	0,61a	6,21a	4,92	0,18	5,10	2,64a	0,68a	3,33a	7,04	2,50	9,58
<b>DLB</b>	3,05b	0,23c	3,27c	5,04	0,00	4,61	1,51b	0,46b	1,97b	1,75	1,19	2,94
<b>NPK</b>	0,90c	0,13c	1,03d	1,22	0,00	0,08	1,50b	0,47b	1,97b	4,20	2,98	7,18
	Milho 2011/2012						Aveia 2012					
<b>Controle</b>	0,45c	0,23b	0,68c				1,08b	1,31a	2,40b			
<b>DLS</b>	1,77b	1,56a	3,34a	4,13	4,16	8,31	3,24a	1,35a	4,59b	13,5	0,25	13,69
<b>CSS</b>	3,11a	0,60b	3,72a	7,60	1,06	8,69	3,66a	2,26a	5,92a	32,25	11,88	44,00
<b>DLB</b>	1,36b	0,40b	1,76b	1,69	0,31	2,00	2,92a	2,28a	5,20a	20,44	10,78	31,11
<b>NPK</b>	0,75c	0,32b	1,07c	1,15	0,34	1,49	1,56b	1,44a	3,01b	3,66	0,99	4,66
	Feijão 2012/2013						Aveia 2013					
<b>Controle</b>	0,20c	0,62a	0,82c				0,60b	0,13a	0,73c			
<b>DLS</b>	2,68a	0,95a	3,64a	5,77	0,77	6,56	1,69a	0,67a	2,36a	3,76	1,86	5,62
<b>CSS</b>	3,00a	0,70a	3,70a	2,71	0,12	4,24	0,77b	0,49a	1,26b	0,44	0,92	1,36
<b>DLB</b>	1,60b	1,74a	3,34a	1,18	2,33	5,25	1,15a	0,37a	1,53b	1,62	0,71	2,35
<b>NPK</b>	0,90c	0,65a	1,90b	0,00	0,27	9,82	0,66b	0,29a	0,95c	0,46	1,22	1,68

<sup>1)</sup> Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro; <sup>2)</sup> Representa a quantidade de fósforo transferida por escoamento em relação a quantidade aplicada nas diferentes fonte, em cada cultivo; <sup>3)</sup> Dejetos líquidos de suínos; <sup>4)</sup> Cama sobreposta de suínos; <sup>5)</sup> Dejetos líquidos de bovinos; <sup>6)</sup> Adubação mineral.