

Frações de fósforo no solo em diferentes usos do solo, em uma bacia hidrográfica rural, num assentamento da reforma agrária ⁽¹⁾.

Gilmar Luiz Schaefer ⁽²⁾; Jimmy Walter Rasche Alvarez ⁽³⁾; Danilo Rheinheimer dos Santos ⁽⁴⁾; André Pellegrini ⁽³⁾; Marcos Antonio Bender ⁽²⁾; Mayara Regina Fornari ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq (Processo nº 574371/2008-7) e bolsa MCT/CNPq/CT-Hidro nº 22/2009.

⁽²⁾ Aluno de graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria; Santa Maria, RS gilmarschaefer2007@yahoo.com.br; marcosantoniobender@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Aluno de doutorado, Universidade Federal de Santa Maria; Santa Maria, RS jwrasche@yahoo.com.ar; andre.pellegrini@yahoo.com.br; ⁽⁴⁾ Professor Associado II da UFSM, Departamento de Solos; Universidade Federal de Santa Maria; Santa Maria, RS danilonesaf@gmail.com ⁽⁵⁾ Aluna de graduação em Química, Universidade Federal de Santa Maria; Santa Maria, RS mayaraforarni@gmail.com

RESUMO: O elemento fósforo quando mal manejado é responsável pela eutroficação dos cursos hídricos, sendo assim importante conhecer a forma em que este se encontra nos diferentes usos nas bacias hidrográficas. O estudo foi realizado numa bacia hidrográfica (BH) de cabeceira de 79,5 ha, no assentamento da reforma agrária Alvorada, no município de Júlio de Castilhos-RS, entre as coordenadas UTM 239000 e 244000 E e 6746000 e 6752000 S, do sistema WGS 84. O objetivo do trabalho é verificar se a disponibilidade de certas frações de P na BH, extraídas em forma sequencial variam de acordo com o uso do solo. Foi realizado o fracionamento sequencial de fósforo com extratores químicos de diferentes forças de extração em solos da camada de 0-10 cm de lavouras, pastagens e mata. Não houve diferença entre usos do solo em relação a fósforo extraído por resina, NaHCO_3 , NaOH 0,1 mol L^{-1} , residual, solúvel, biológico, geoquímico e total. Na fração NaOH 0,5 mol L^{-1} houve mais Pi na lavoura e mais Po na mata e na fração extraída por HCl a mata apresentou maior quantidade de P. A aplicação de baixas quantidade de fósforo nas lavouras não permite a elevação dos teores de P nas frações mais lábeis (RTA e NaHCO_3) quando comparado a outros usos onde não é aplicado fertilizante fosfatado. Na mata existe maior teor de P com labilidade intermediária comparada aos solos de lavoura e de pastagem.

Termos de indexação: fracionamento de fósforo, disponibilidade de fósforo, eutroficação.

INTRODUÇÃO

A modificação do uso do solo origina alterações na dinâmica dos nutrientes do solo, entre eles a do fósforo (P) (Castillo & Wright, 2008; Vu et al., 2010).

A capacidade do solo de liberar fósforo às plantas e aos cursos hídricos é dependente da dessorção ou dissolução do íon ortofosfato da fase sólida do solo e da mineralização dos compostos orgânicos, que são governadas por processos

físicos, químicos e biológicos (Morel & Plenchette, 1994).

Em solos de ambientes naturais, ou mesmo as áreas ocupadas pela agricultura com baixa ou nenhuma aplicação de P, a forma orgânica (Po) é a principal fonte deste nutriente para as plantas (Johnson et al., 2003; Castillo & Wright, 2008; Gatiboni et al., 2005). Em solos com aplicação de fertilizantes fosfatados solúveis, como os de usos agrícolas ocorre o acúmulo e distribuição de P em formas de maior labilidade, principalmente na forma inorgânica (Pi), e o P absorvido pelas plantas provém tanto do Pi como do Po de maior labilidade no solo (Rheinheimer, 2000; Vu et al., 2010).

No entanto, no momento que a planta absorve fósforo das formas mais lábeis ocorre a redistribuição do fósforo nos diferentes compartimentos, e o P menos lábil passa as frações mais lábeis, principalmente pela dessorção do P ligado ao óxido de ferro e de alumínio em solos intemperizados, assim como o P ligado ao cálcio em solos mais jovens, com neoformação de apatitas em solos agrícolas com correção de pH (Rheinheimer et al., 2008).

O método de fracionamento sequencial de fósforo desenvolvido por Hedley et al. (1982) que usa extratores químicos com diferentes forças de extração, permite extrair o P orgânico (Po) e inorgânico (Pi) com diferentes labilidades, começando com a extração das formas mais lábeis e terminando com a de menor labilidade.

O fracionamento começa com a extração de P com resina trocadora de ânions (RTA) que permite retirar a fração de Pi mais lábil (Pi_{RTA}); posteriormente é realizada a extração de Po e Pi por bicarbonato (NaHCO_3). Os dois extratores anteriores são considerados como P lábil e por tanto disponível às plantas (Gatiboni et al. 2007), posteriormente é realizado a extração do Po e Pi por hidróxido de sódio (NaOH) que corresponde ao Po pertencente as frações moderadamente lábeis, e o Pi adsorvido nos óxidos e argilominerais silicatados. O ácido clorídrico (HCl) extrai o Pi ligado aos minerais calcínicos como as

apatitas ou das neoformações de fosfato de cálcio. Finalmente a digestão com $H_2SO_4 + H_2O_2 + MgCl_2$ extrai o P_o e P_i de maior recalcitrância.

O objetivo do trabalho é verificar se os diferentes usos do solo são capazes de modificar a distribuição das frações de P extraídas de forma sequencial pelo método de Hedley et al. (1982).

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição do local de estudo

O estudo foi realizado numa bacia hidrográfica (BH) de 79,5 ha. A mesma se encontra localizada no assentamento da reforma agrária Alvorada, no município de Júlio de Castilhos-RS, entre as coordenadas UTM 239000 e 244000 E e 6746000 e 6752000 S, do sistema WGS 84, com altitude entre de 440 e 510 metros acima do nível do mar. A BH está localizada sobre duas formações geológicas: a Formação Serra Geral intercalada com arenitos da formação Tupaciretã. De modo geral, o relevo do assentamento corresponde a formas colinosas, com topos planos e vertentes suaves com baixas declividades, o que propicia diversos usos. Embora não tenha sido feito o levantamento pedológico neste trabalho, é possível afirmar a existência de algumas classes de solos como: argissolos, neossolos, cambissolos e gleissolos.

O clima do município de Julio de Castilhos é classificado como Cfa - clima temperado úmido com verões quentes de temperaturas médias de 22 °C, invernos amenos com temperatura superior a -3 °C e distribuição uniforme de precipitação ao longo do ano (Köppen, 1948). A precipitação média do município é de 1400 – 1500 mm (Campos & Silva, 2010).

Dos 79,6 ha da BH, 48,1 ha (60,5%) se encontram sob SPD com integração lavoura-pecuária, 1,1 ha (1,4%) é formado por mata e 12,6 ha (15,9%) se encontra ocupado por pastagem perene e 10,7 ha (15%) ocupado por banhados.

Coleta e preparo das amostras de solo

Nesta BH, foram feitas coletas compostas de solo nas camadas 0-10 cm, em 24 áreas de lavouras, 12 áreas de pastagem (a maioria campo natural) e de 6 áreas de mata. O solo das amostras foi transportado ao laboratório de Química e Fertilidade do Solo da UFSM, onde foi seco ao ar e posteriormente peneirado em malha de 2 mm e armazenado.

Análise do solo

As formas de P do solo foram estimadas pelo fracionamento descrito por Hedley et al., (1982), com as modificações feitas por Rheinheimer

(2000). As formas de P foram sequencialmente extraídas pelos seguintes extratores: resina de troca aniônica (RTA) (placas AR 103 QDP 434) (P_i); $NaHCO_3$ 0,5 mol L^{-1} à pH 8,5 (P_i e P_o); NaOH 0,1 mol L^{-1} (P_i e P_o); HCl 1,0 mol L^{-1} (P_i); NaOH 0,5 mol L^{-1} (P_i e P_o). Todos os extratores permaneceram em contato com a amostra durante 16 horas em agitador tipo 'sem fim' (33 rpm), com posterior centrifugação a 2510 g por 20 minutos. Nos extratos alcalinos de $NaHCO_3$ e NaOH, o P total foi estimado por digestão com persulfato de amônio e H_2SO_4 em autoclave a 121°C (USEPA, 1971), e posterior determinação do P conforme metodologia de Murphy & Riley (1962). O P inorgânico desses extratos foi determinado pelo método de Dick & Tabatabai (1977), sendo o P orgânico obtido pela diferença entre P total e o P inorgânico. O resíduo foi seco em estufa a ± 50 °C e moído em gral de ágata, e posteriormente estimou-se o P residual pelo método de digestão com $H_2SO_4 + H_2O_2 + MgCl_2$ (Olsen & Sommers, 1982).

Finalmente foi agrupado as frações de P determinadas no fracionamento de Hedley em P geoquímico ($P_{iRTA} + P_{iNaHCO_3} + P_{iNaOH0,1} + P_{iNaOH0,5} + P_{iHCl} + P_{residual}$) e o P biológico ($P_{oNaHCO_3} + P_{oNaOH0,1} + P_{oNaOH0,5}$) de acordo ao proposto por Cross & Schlesinger (1995). O P total foi estimado pela somatória do P geoquímico e biológico.

Para determinar o fósforo solúvel foi pesado 1 g de solo e adicionado 10 ml de água destilada, posteriormente agitado durante 16 horas em agitador tipo 'sem fim' (33 rpm), com posterior centrifugação a 2510 g por 20 minutos e filtrado com filtro tipo wattman 47 micrômetro e determinado o P solúvel pelo método verde de malaquita (Makris, 2002).

Análise estatística

Foi aplicado o Teste de Bartlett para comparar as formas de fósforo entre os três tratamentos avaliados, pois os tratamentos apresentam números diferentes de repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença nas frações de fósforo extraídas pelos extratores RTA e $NaHCO_3$ entre os solos com diferentes usos (**Tabela 1**). O teor de P extraído pela RTA tanto nos solos das lavouras, pastagens como da mata seriam classificadas como "Baixa" de acordo a CQFS-RS/SC (2004). Dentro da fração extraída por $NaHCO_3$, temos que 61%, 65% e 64% do total estão na forma orgânica para lavoura, pastagem e mata respectivamente. A maior proporção de P_o , mesmo na área de lavoura, pode ser devido a maioria desses solos se encontrarem no SPD o

que permite um acúmulo de Po, desta forma com maior labilidade. A fração de Po extraído por bicarbonato representa uma forma de P que é regulada pela atividade microbiana do solo, e que pode mineralizar-se rapidamente, podendo ser importante fonte de nutriente às plantas ou ainda ser liberado causando eutrofização dos cursos hídricos; considerando que as frações de P extraído por RTA e o extraído por NaHCO_3 são os da maior labilidade (Gatiboni et al., 2007).

Não houve diferença nas frações de fósforo tanto inorgânico como orgânico, extraídas pelo extrator NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ (**Tabela 1**). Já a fração de Pi extraído pelo NaOH $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ foi maior nos solos de lavoura e menor nos solos de pastagens (**Tabela 1**).

Nos solos de lavoura, o Pi representa 71% e o Po só 29% do total, o Pi desta fração está mais ligada aos óxidos e às argilas silicadas, com energia de ligação intermediária e o Po a compostos orgânicos de labilidade média (Cross & Schlessinger, 1995). A baixa quantidade de Po nos solos da lavoura pode ser explicada pela recente incorporação dos solos usados em lavoura ao SPD, além da baixa qualidade de SPD realizado nos solos de lavoura, o que impede a formação de compostos orgânicos de maior estabilidade.

Na mata, o Po representa 52% do total extraído nesta fração, sendo a mais alta enquanto que o Pi é menor no solo de lavoura, possivelmente devido ao maior teor de matéria orgânica da camada superficial desses solos, que permite maior acúmulo de Po extraído pela fração NaOH $0,5 \text{ mol L}^{-1}$.

A fração de fósforo extraído pelo extrator HCl foi maior nos solos ocupados por mata que nos ocupados por lavoura e pastagem (**Tabela 1**). Era de esperar-se maior teor de P desta fração nos solos de lavoura, pois geralmente os agricultores aplicam o calcário a lanço, em superfície, sem incorporação e o fertilizante, no caso do P a lanço ou na profundidade de 5 cm, na linha de semeadura da soja ou do milho, contudo isso não acontece pela baixa dose de P e calcário aplicada desta forma na bacia hidrográfica em estudo se pode constatar que o pH de todas as lavouras se encontram com teores inferiores a 5,5 e com exceção de duas lavouras que apresentavam teor médio de P, as demais lavouras apresentavam baixo teor deste elemento disponível de acordo a classificação da CQFS-RS/SC (2004). Desta forma, já que as quantidades de P e calcário aplicados nas lavouras em estudo são baixas, existe pouca possibilidade de neoformação de fosfato de cálcio nas lavouras.

A fração de P residual não foi afetada pelo uso do solo (**Tabela 1**).

O P solúvel foi semelhante nos três usos do solo (**Tabela 2**), era de se esperar maior quantidade de P solúvel nas áreas de lavouras, mas como estas recebem fertilização em dose inferior à recomendada, o teor de P solúvel não é superior a mata ou a pastagem. Tanto o P biológico, o P geoquímico, como o P total, não foram afetados pelos diferentes usos do solo (**Tabela 2**). Isso se deve ao pouco uso de fertilizantes fosfatados na bacia hidrográfica em estudo.

CONCLUSÕES

Existe pouca diferença na disponibilidade de fósforo nas diferentes frações entre os solos com diferentes usos na bacia hidrográfica em estudo.

A aplicação de baixas quantidades de fósforo nas lavouras não permite a elevação dos teores de P nas frações mais lábeis (RTA e NaHCO_3) quando comparado a outros usos onde não é aplicado fertilizante fosfatado.

Na mata existe maior teor de fósforo de labilidade intermediária comparado aos solos de lavoura e de pastagem na bacia estudada.

REFERÊNCIAS

- CASTILLO, M. S.; WRIGHT, A. L. Soil phosphorus pools for Histosols under sugarcane and pasture in the Everglades, USA. *Geoderma*, 145:130–135, 2008.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS-RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre, SBCS/NRS, 2004. 400p.
- CROSS, A.F.; SCHLESINGER, W.H. A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. *Geoderma*, 64:197-214, 1995.
- DICK, W. A.; TABATABAI, M. A. Determination of orthophosphate in aqueous solutions containing labile organic and inorganic phosphorus compounds. *Journal of Environmental Quality*, v. 6, p. 82-85, 1977.
- GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. dos S. et al. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:691-699, 2007.
- GATIBONI, L.C.; RHEINHEIMER, D. dos S.; FLORES, A.F.C. et al. Phosphorus forms and availability assessed by ^{31}P -NMR in

successively cropped soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 36:2625-2640, 2005.

HEDLEY MJ, STEWART JWB, Chauhan B.S. (1982) Changes in the inorganic and organic phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubation. Soil Sci Soc Am J, 46:970-976.

JOHNSON, A. H.; FRIZANO, J.; VANN, D. R. Biogeochemical implications of labile phosphorus in forest soils determined by the Hedley fractionation procedure, Oecologia v. 499, p.135-487, 2003.

MAKRIS, K. C. Soil and colloidal phosphorus dynamics in three ky soils: bioavailability, transport and water quality implications. 2002, 170 f. Dissertação (Master Science) - College of Agriculture at the University of Kentucky, Lexington, 2002.

MOREL, C.; PLENCHETTE, C. Is the isotopically exchangeable phosphate of a loamy soil the plant available P? Plant Soil, 158:287-297, 1994. Murphy J, Riley JP (1962) A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Analyt Chim Acta, 27:31-36.

OLSEN, S. R.; SOMMERS, L. E. Phosphorus. Methods of Soil Analysis, Part 2. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, Q. R. (Eds). Chemical and Microbiological Properties. ed. 1. Soil Science Society of America. Madison, p. 403-430, 1982

RHEINHEIMER, D. S. Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos. 2000. 210p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

RHEINHEIMER, D. S.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto, Ciência Rural, 38(2):576-586, 2008.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. Methods of chemical analysis for water and wastes. Cincinnati: USEPA, 1971.

VU, D. T.; TANG, C. ARMSTRONG, R. D. Transformations and availability of phosphorus in three contrasting soil types from native and farming systems: A study using fractionation and isotopic labeling techniques, Journal of Soils and Sediments, 10:18-29, 2010.

Tabela 1 – Frações de fósforo extraídas pelos extratores resina trocadora de ânions (RTA) e NaHCO_3 0,5 mol L^{-1} , NaOH 0,1 e 0,5 mol L^{-1} , HCl 1 mol L^{-1} e $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ em solos com diferentes usos.

| USO | RTA | NaHCO_3 | | NaOH 0,1 M | | HCl | NaOH 0,5 M | | $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ |
|----------|----------------------|------------------|----------------------------|---------------------|-------------|--------------|---------------------|-------------|--|
| | | Pi | Po | Pi | Po | | Pi | Po | |
| Lavoura | 7,0 a ⁽¹⁾ | 8,1 a | 12,6 a (61) ⁽²⁾ | 42,0 a | 35,0 a (44) | 7,2 b | 19,1a | 8,1 b (29) | 58,2 a |
| Pastagem | 8,2 a | 7,6 a | 13,7 a (65) | 24,0 a | 30,8 a (56) | 3,4 b | 11,1 c | 10,6 b (48) | 62,6 a |
| Mata | 8,7 a | 11,1 a | 20,2 a (64) | 39,0 a | 41,4 a (51) | 13,6 a | 15,2 b | 16,0 a (52) | 82,1 a |

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Bartlett. Valores entre () representa % de Po frente ao total da fração.

Tabela 2 – Fósforo solúvel, geoquímico, biológico e total em solos com diferentes usos.

| USO | P | | | |
|----------|-----------------------|-----------|------------|-------|
| | solúvel | Biológico | Geoquímico | Total |
| | mg L^{-1} | | | |
| Lavoura | 0,43 a ⁽¹⁾ | 55,6 a | 122,6 a | 226 a |
| Pastagem | 0,28 a | 55,3 a | 105,8 a | 200 a |
| Mata | 0,24 a | 77,7 a | 154,6 a | 223 a |

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Bartlett.