



Fósforo interpretado como disponível às plantas e sua relação com as formas determinadas para fins ambientais em áreas de uso de dejetos animais

Milton Antonio Seganfredo⁽¹⁾; Carlos Alberto Bissani⁽²⁾; Enilson Luiz Saccol de Sá⁽²⁾

⁽¹⁾Pesquisador; Embrapa Suínos e Aves, Vila Tamanduá BR 153 Km 110, CEP 89700-000 Concórdia SC, email: milton.seganfredo@embrapa.br; ⁽²⁾ Professor Associado, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves 7712, Caixa Postal 15100, Porto Alegre, RS, CEP 91540-000, email: carlos.bissani@ufrgs.br; enilson.sa@ufrgs.br.

RESUMO– Um dos elementos preocupantes quanto à poluição ambiental em áreas de uso contínuo dos dejetos animais como fertilizantes do solo é o P, pelo seu acúmulo no solo e aumento das formas mais facilmente disponíveis, que são decisivas no processo de eutroficação de águas. O presente trabalho teve por objetivo determinar o grau de associação entre as quantidades de P interpretadas como disponíveis para as plantas e as formas de P de diferentes graus de estabilidade química determinadas por métodos de extração seletiva, que podem ser relacionadas à facilidade de movimentação no ambiente. As correlações fortes e positivas do P extraído por água com todos os índices de disponibilidade de P no curto prazo, destes índices entre si e com aqueles de médio prazo e também com as formas mais estáveis de P determinadas por extratores seletivos, confirmam que os métodos de determinação de P para fins de diagnóstico da fertilidade do solo possuem potencial de uso também para fins ambientais em áreas de uso de dejetos animais como fertilizantes do solo.

Palavras-chave: dejetos animais, química ambiental, eutroficação.

INTRODUÇÃO– Um dos elementos de maior risco quanto à poluição ambiental em áreas de uso dos dejetos animais como fertilizantes do solo é o P, pois, além do acúmulo no solo, ocorre o aumento das formas mais facilmente disponíveis (Giroto et al., 2010), que são mais vulneráveis às transferências via escoamento superficial e subsuperficial e as principais responsáveis pelo desencadeamento do processo de eutroficação de águas (Pote et al., 1996; Sharpley, 1995).

Para a avaliação da disponibilidade de P, os principais métodos utilizados no Brasil envolvem a extração com ácidos diluídos ou com resina aniônica (Tedesco et al., 1995). Em complementação ao P disponível e ao P solúvel em água, que compõem as formas mais facilmente transferíveis aos recursos hídricos no curto prazo, se torna importante conhecer também as formas transferíveis a médio e longo prazo (Sharpley, 1995; Tiessen & Moir, 1993). Para o conhecimento de cada forma e sua disponibilidade no curto e longo prazo, são utilizados métodos de extração seletiva que possibilitam estimar as quantidades de P orgânico e inorgânico de acordo com a estabilidade química dessas formas, que poderão ser associadas à disponibilidade para as plantas ou facilidade

de movimentação no ambiente, tanto via deslocamento superficial quanto subsuperficial (Sharpley, 1995). Quanto à facilidade de movimentação no ambiente, o grau de saturação de fósforo tem sido o índice mais relevante. O princípio nele envolvido é o de que quanto menor o número e maior a taxa de ocupação dos sítios de adsorção de P do solo, menor a capacidade deste de comportar novas adições de P e maior a mobilidade para os recursos hídricos (Beauchemin & Simard, 1999).

O presente trabalho teve por objetivo determinar o grau de associação entre as quantidades de P interpretadas como disponíveis para as plantas e as formas de P de diferentes graus de estabilidade química determinadas por métodos de extração seletiva, que podem ser relacionadas à facilidade de movimentação no ambiente.

MATERIAL E MÉTODOS– O trabalho constou das análises químicas de 22 amostras coletadas em solos com e sem uso de dejetos animais, sendo uma amostra de solo de campo naturalizado, quatro de mata secundária, uma de mata primária e 16 de áreas com uso predominantemente de dejetos suínos por mais de 10 anos, todas elas localizadas no município de Concórdia, SC. As características predominantes dos solos são pH baixo a muito baixo; textura argilosa; médios a altos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis e de matéria orgânica; médios teores de K^+ trocável; alta capacidade de troca de cátions a pH 7,0 e valores de saturação por bases muito baixos a médios. Para as análises de P, o solo foi coletado na camada 0-20 cm, com pá-de-corte, secado ao ar, moído e peneirado em malha 2 mm. As formas de P interpretadas como disponíveis para as plantas foram determinadas pelos métodos Mehlich-1 e resina aniônica (Tedesco et al. (1995) e bicarbonato de sódio- NaHCO_3 (Tiessen & Moir, 1993). Para a determinação das formas de P de diferentes graus de estabilidade química foram utilizados os seguintes extratores seletivos: água (Sissingh, 1971); resina aniônica (Tedesco et al. (1995); bicarbonato de sódio- NaHCO_3 e hidróxido de sódio- NaOH (Tiessen & Moir, 1993) e digestão sulfúrica (Tedesco et al., 1995). Detalhes dos métodos e modificações em relação aos procedimentos originais encontram-se em Seganfredo (2013). As determinações de fósforo, ferro e alumínio do solo para fins ambientais foram realizadas usando-se o extrator oxalato de amônio acidificado, conforme Tedesco et al. (1995) e adaptações descritas em Seganfredo (2013).



Visando determinar o grau de relacionamento das diferentes formas de P entre si, foram estabelecidos dois grupos de variáveis, sendo um para as variáveis preditivas (X) e o outro para as variáveis de resposta (Y). No estudo de correlação formou-se um banco único de dados com os resultados analíticos das 22 amostras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO- As legendas das variáveis analíticas utilizadas nos estudos de correlação encontram-se na Tabela 1, enquanto os resultados das análises das correlações, na Tabela 2.

TABELA 1. Formas de fósforo do solo obtidas por diferentes extratores químicos e respectivas condições de variável preditiva e/ou de resposta em estudo de correlação entre formas.

Variáveis analíticas	Preditiva (X) Resposta (Y)	Legenda
P-M1	X e Y	P determinado pelo método Mehlich-1
PAG	X e Y	P extraído por água relação água:solo 50:1
P-resin	X e Y	P extraído por resina aniônica
Pi-Bic	X e Y	P inorgânico extraído por NaHCO_3 0,50 mol L ⁻¹
PT-Bic	X e Y	P total extraído por NaHCO_3 0,50 mol L ⁻¹
Pox	X e Y	P extraído por oxalato de amônio 0,200 mol L ⁻¹
P-NaOH	X e Y	P total extraído por NaOH 0,100 mol L ⁻¹
Psulf	Y	P total obtido por digestão sulfúrica
Pox	Y	P extraído por oxalato de amônio
GSP	Y	Grau de saturação de P = (Pox/Ferro extraído por oxalato + Alumínio extraído por oxalato)

A maioria das associações (X)*(Y) apresentaram correlação linear forte ("r" > 0,89) positiva e significativa, com p<0,0001 (Tabela 2). Na análise geral das correlações, os destaques foram a correlação linear forte e positiva de todos os indicadores de P em formas disponíveis no curto prazo (P-M1, PAG, Pi-Bic e PT-Bic e P-resin) com aqueles das formas disponíveis no médio (Pox e NaOH) e também com as formas mais estáveis (Psulf).

As correlações fortes e positivas do GSP e do PAG com todos os índices de disponibilidade de P no curto prazo (P-M1, P-Resin, Pi-Bic e PT-Bic) e também desses

índices entre si e com aqueles de médio prazo (Pox e PT-NaOH) e com as formas mais estáveis (Psulf) confirmam que os métodos de determinação de P originalmente estabelecidos visando o diagnóstico da fertilidade do solo possuem potencial de uso também para fins ambientais em áreas de uso de dejetos animais, corroborando resultados de Pautler & Sims (2000).

CONCLUSÕES- As correlações fortes e positivas das formas disponíveis de P no curto prazo entre si e também com as formas mais estáveis obtidas com extratores seletivos confirmam que os métodos de determinação de P para fins de diagnóstico da fertilidade do solo possuem potencial de uso também para fins ambientais em áreas de uso de dejetos animais como fertilizantes do solo.

REFERÊNCIAS

- BEAUCHEMIN, S.; SIMARD, R. R. Soil phosphorus saturation degree: review of some indices and their suitability for P management in Québec, Canada. *Canadian Journal of Soil Science*, 79:615-625, 1999.
- GIOTTO, E.; CERETTA, C.A.; BRUNETTO, G.; SANTOS, D.R.; SILVA, L.S.; LOURENZI, C.R.; LOURENSINI, F.; VIEIRA, R.C.B.; SCHMATZ, R. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34:955-965, 2010.
- PAUTLER, M.C.; SIMS, J.T. Relationships between soil test phosphorus, soluble phosphorus, and phosphorus saturation in Delaware soils. *Soil Science Society America Journal*, 64:765-773, 2000.
- POTE, D.H. et al. Relating extractable soil phosphorus to phosphorus losses in runoff. *Soil Science Society of America Journal*, 60:855-859, 1996.
- SEGANFREDO, M.A. Fósforo, cobre e zinco em solos submetidos à aplicação de dejetos animais: teores formas e indicadores ambientais. 2013. 137f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- SHARPLEY, A. N. Soil phosphorus dynamics: agronomic and environmental impacts. *Ecological Engineering*, 5:261-279, 1995.
- SISSINGH, H. A. Analytical technique of the Pw method, used for the assessment of the phosphate status of arable soils in The Netherlands. *Plant and Soil*, 34:483-486, 1971.
- TIESSEN, H.E.; MOIR, J.O. Characterization of available phosphorus by sequential extraction. In: CARTER, M.R. *Soil sampling and methods of analysis*. Boca Raton: Lewis, 1993. p.75-86.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, 1995. 174 p. (UFRGS. Boletim Técnico, 5).



TABELA 2. Coeficientes de correlação "r"[#] entre variáveis analíticas relativas às formas de fósforo do solo classificadas como disponíveis para as plantas e algumas formas de P determinadas por métodos de extração seletiva.

Variáveis de resposta (Y)	Variáveis preditivas (X) [#]				
	P-M1	PAG	P-resin	Pi-Bic	PT-Bic
P-M1	1,000	0,950	0,899	0,983	0,980
PAG	0,950	1,000	0,890	0,978	0,971
P-resi	0,899	0,890	1,000	0,891	0,918
Pi-Bic	0,983	0,978	0,891	1,000	0,996
PT-Bic	0,980	0,971	0,918	0,996	1,000
Pox	0,974	0,956	0,916	0,983	0,990
PT-NaOH	0,961	0,949	0,922	0,974	0,985
Psulf	0,946	0,922	0,912	0,936	0,944
GSP	0,977	0,973	0,917	0,988	0,987

[#]. Todos os coeficientes de correlação foram significativos ($P \leq 0,0001$) pelo teste t.