



AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO NO SOLO PARA O MILHO PELOS MÉTODOS MEHLICH-1 E MEHLICH-3¹

SOIL PHOSPHORUS AVAILABILITY EVALUATION FOR CORN BY MEHLICH-1 AND MEHLICH-3 SOIL TEST METHODS

Leandro BORTOLON²
Clesio GIANELLO³
Jairo André SCHLINDWEIN⁴

RESUMO

Nos estudos de avaliação de metodologias de análise de solo, o fósforo tem sido o elemento mais estudado, fato este associado à complexidade da dinâmica do elemento no solo. A solução de Mehlich-1 vem sendo usada por muitos anos pelos laboratórios de análise de solo do Brasil, porém é um método que superestima a disponibilidade de fósforo no solo para as plantas em solo que receberam fosfato natural. A solução de Mehlich-3 foi proposta para solos ácidos e adubados com fosfato natural. Com o objetivo de comparar esses métodos na avaliação da disponibilidade de fósforo para as plantas de milho, foi conduzido um experimento com seis solos do estado do Rio Grande do Sul e cultivados com milho por 45 dias. Os coeficientes de determinação obtidos entre o fósforo absorvido pelas plantas de milho e o fósforo extraído foram: 0,88 para a solução de Mehlich-1 e 0,91 para a solução de Mehlich-3. As quantidades de fósforo extraído do solo pelas soluções tiveram alto grau de associação ($r = 0,99$). As quantidades de fósforo extraído do solo pelas soluções tiveram alto grau de relação com as quantidades de fósforo absorvido e com o acúmulo de matéria seca pelas plantas de milho; as soluções não diferiram na relação com as quantidades de fósforo extraído do solo e o fósforo absorvido pelas plantas de milho. As duas soluções testadas são eficientes para a avaliação da disponibilidade de fósforo no solo para a cultura do milho.

Palavras-chave: análise de solo; seleção de extratores; correlação.

ABSTRACT

Phosphorus is the most plant's nutrients that have been studied for soil test methodologies, due the dynamic complexity of soil phosphorus resulting in a wide range soil test methods. The Mehlich-1 solution have been used by soil testing laboratories for several years, however this solution overestimate the soil phosphorus availability for plants in soils under recently rock phosphate amendment. The Mehlich-3 solution was proposed for acid soils and soils that received rock phosphate. This study was carried out to compare the Mehlich-1 and Mehlich-3 solutions to evaluate soil phosphorus availability for corn in six soils of the Rio Grande do Sul state. The determination coefficients obtained among corn phosphorus absorbed and soil phosphorus were: 0.88 for Mehlich-1 and 0.91 for Mehlich-3 solutions. The soil phosphorus amounts extracted by solutions have been high association degree ($r = 0.99$). The soil phosphorus amounts extracted by solutions have been high relation degree among the corn absorbed phosphorus amounts and corn dry matter shoot; the solutions did not differed among the soil phosphorus and corn absorbed phosphorus. The solutions are efficient to evaluate the soil phosphorus availability for corn.

Key-words: soil test; phosphate amendments; correlation.

¹ Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Executada com recursos do Projeto Laboratório de Análises do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia – UFRGS.

² Engenheiro Agrônomo, Mestre em Ciência do Solo, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves, 7712, 91540-000, Porto Alegre – RS. E-mail: leandro.bortolon@ufrgs.br. Autor para correspondência. Bolsista do CNPq.

³ Engenheiro Agrônomo, PhD Microbiologia e Bioquímica do Solo Iowa State University-USA, Professor Associado do Departamento de Solos da UFRGS. Porto Alegre, RS – Brasil. E-mail: cgianello@hotmail.com

⁴ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Professor Adjunto da Universidade Federal de Rondônia, Rolim de Moura, RO – Brasil. E-mail: jairojas@unir.br

INTRODUÇÃO

A análise química do solo tem papel fundamental na avaliação de sua fertilidade, sendo o instrumento básico para os programas de recomendação de corretivos e fertilizantes. Dentre os nutrientes essenciais para as plantas, o fósforo (P) é o que mais tem sido estudado, devido à complexidade de sua dinâmica no solo e, sobretudo, pela grande diversidade de métodos de extração com divergências sobre qual seria o método mais adequado (Beegle, 2005).

A maioria dos laboratórios de análise de solo no Brasil utiliza a solução de Mehlich-1 (duplo ácido – H_2SO_4 0,0125 mol dm^{-3} + HCl 0,05 mol dm^{-3}) para avaliação da disponibilidade de P no solo para as plantas, mas em alguns estados (SP, PR, MG) se utiliza o método da resina de troca iônica. A solução de Mehlich-1, proposta na década de 50 para extração de P em solos ácidos (Mehlich, 1953), tem como princípio a solubilização, pelos íons H^+ , de fosfatos de cálcio e pequenas porções de fosfatos de alumínio e ferro. O sulfato, por troca iônica, desloca o P adsorvido com fraca energia nos óxidos hidratados de ferro e alumínio, além de diminuir a reabsorção do fósforo removido pelos íons H^+ (Mehlich, 1953).

A maioria dos solos brasileiros são altamente intemperizados, com altos teores de óxidos de ferro e alumínio predominante na fração argila, e com alto conteúdo destes, ocorre diminuição da capacidade extrativa do método. A diminuição se deve ao consumo de íons hidrogênio e sulfato do extrator pelos grupos funcionais não ocupados pelo fósforo nos colóides inorgânicos, e também pela reabsorção de fósforo aos colóides durante a extração (Tedesco et al., 1995). Por essas razões, podem ser obtidas correlações insatisfatórias entre o teor de P no solo e parâmetros de plantas, como observado por Silva & Raij (1999), que obtiveram coeficiente de correlação de 0,46 com a solução de Mehlich-1, utilizando dados de 25 trabalhos. Anghinoni & Volkweiss (1984) reuniram resultados de onze ensaios de curta duração e observaram variações nos valores de r^2 de 0,10 a 0,94 (média 0,57) entre os teores de P extraído pelo método e os teores de P absorvido pelas plantas. Dentre as principais vantagens da utilização da solução de Mehlich-1, estão a facilidade de execução, baixo custo, rapidez e a limpidez do extrato após a decantação, eliminando o processo de filtragem do extrato (Tedesco et al., 1995; Silva & Raij, 1999).

A solução extratora de Mehlich-3 (CH_3COOH 0,2 mol dm^{-3} + NH_4NO_3 0,25 mol dm^{-3} + NH_4F 0,015 mol dm^{-3} + HNO_3 0,013 mol dm^{-3} + EDTA 0,001 mol dm^{-3} , pH = 2,5) foi proposta para uso em solos ácidos e, também, naqueles que receberam fosfatos naturais, devido à superestimação de fósforo na extração com a solução de Mehlich-1 (Mehlich, 1984). O princípio do método se baseia na

dissolução ácida e na presença de agentes complexantes. A ação do fluoreto de amônio é evitar a precipitação do cálcio solúvel pelo flúor, extraído assim, o fosfato de cálcio mais solúvel sem dissolução excessiva em função do pH tamponado com ácido acético a pH 2,5 e o pK do fluoreto de cálcio. O fluoreto também é específico para fosfatos de ferro e alumínio, sendo mais efetivo em pH abaixo de 2,9; o íon amônio atua na extração de cátions básicos. A função do ácido acético é tamponar o pH da solução para 2,5 impedindo a precipitação do cálcio como fluoreto de cálcio. O nitrato de amônio facilita a extração de cátions básicos como o cálcio, magnésio, sódio e potássio, além de reagir com o ácido acético para formar acetato de amônio. O ácido nítrico extrai uma porção de fosfatos de ferro e alumínio e é o componente ácido que extrai cátions básicos e micronutrientes. O EDTA tem ação quelatizante e previne a precipitação de fluoreto de cálcio (Beegle, 2005). Como principais vantagens da solução de Mehlich-3 podem-se citar a facilidade na execução, o baixo custo, a rapidez, limpidez do extrato, maior eficiência no laboratório pela extração multielementar e por ser uma solução extratora aplicável para uma gama de solos com características variáveis (Sikora et al.; 2005, Wang et al., 2004; Ring et al., 2005; Franklin et al., 2006). Além disso, o maior espectro de ação do extrator Mehlich-3 resulta em quantidade de P extraído maior do que às extraídas pela solução de Mehlich-1 (Kroth, 1998; Schindwein & Gianello, 2005; Bortolon & Gianello, 2008), possibilitando classes de interpretação dos teores de P no solo mais amplas, reduzindo os erros analíticos e nas recomendações de adubação.

O objetivo do trabalho foi avaliar a disponibilidade de fósforo no solo para o milho pelas soluções de Mehlich-1 e de Mehlich-3 em solos do Estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado utilizando-se amostras superficiais (0-20 cm) de seis solos do Estado do Rio Grande do Sul, com diferentes características físicas, químicas e mineralógicas (Tabela 1), de um experimento conduzido por Kroth (1998), no período de março de 1996 a maio de 1997. No trabalho de Kroth (1998), o solo foi incubado durante três meses com três doses de P na forma de superfostato triplo em pó (passado em peneira de 0,297 mm), misturado até homogeneização visual e acondicionado em vasos com capacidade de 50 dm^3 e cultivados com aveia preta no inverno de 1996, e com soja no verão de 1996/97. Após o término do experimento os vasos foram mantidos expostos ao ar livre até julho de 2003, acondicionados em vasos de 50 dm^3 com drenagem livre.

TABELA 1 – Algumas características físico-químicas¹ dos solos utilizados no experimento.

Solo ²	Granulometria			Cátions trocáveis			pH água	Índice SMP
	Areia	Silte	Argila ³	K	Ca	Mg		
	----- (g kg ⁻¹) -----			mg dm ⁻³	--- cmol _c dm ⁻³ ---			
Condição natural								
PVd 3	720	20	260	143	1,2	0,8	5,0	6,2
PVA e 4	310	150	540	50	1,2	2,7	4,2	5,1
LVd 2	680	60	260	46	0,6	0,4	4,3	5,4
LVd 3	460	140	400	58	1,5	1,4	5,0	5,1
SXe 5	650	90	260	26	1,3	0,9	4,6	5,6
SXe 1	470	210	320	35	1,8	1,2	4,8	5,8
Anterior ao cultivo do milho								
PVd 3	-	-	120	84	2,3	0,5	5,5	6,7
	-	-	130	90	2,7	0,7	5,4	6,7
	-	-	120	81	2,8	0,5	5,5	6,7
PVAe 4	-	-	400	157	2,1	0,8	5,3	5,7
	-	-	400	160	2,7	1,2	5,4	6,0
	-	-	390	184	2,6	1,9	5,1	5,9
LVd 2	-	-	250	90	3,0	0,9	5,8	6,4
	-	-	250	86	2,7	0,6	5,5	6,3
	-	-	240	110	3,4	0,8	5,7	6,4
LVd 3	-	-	290	250	3,9	1,1	5,7	6,1
	-	-	300	213	4,3	1,2	5,7	6,1
	-	-	280	278	4,9	1,2	5,6	6,0
SGe 3	-	-	120	70	2,7	0,7	5,1	6,4
	-	-	100	76	2,7	0,6	5,4	6,4
	-	-	100	72	2,6	0,7	5,3	6,2
SXe 1	-	-	170	128	3,9	1,3	5,7	6,5
	-	-	180	99	3,7	1,3	5,6	6,5
	-	-	180	104	3,8	1,2	5,6	6,5

(1) Tedesco et al. (1995); (2) Embrapa (2006); PVd 3 – Argissolo Vermelho Distrófico espessarenico abruptico (unidade de mapeamento: Itapoã); PVAe 4 – Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico úmbrico (unidade de mapeamento: Camaquã); LVd 2 – Latossolo Vermelho Distrófico típico (unidade de mapeamento: Cruz Alta); LVd 3 - Latossolo Vermelho Distrófico húmico (unidade de mapeamento: Cruz Alta); SGe 3 – Planossolo Háptico Eutrófico solódico (unidade de mapeamento: Pelotas); Sxe 1 – Planossolo Háptico Eutrófico vertissólico (unidade de mapeamento: São Gabriel); (3) A determinação do teor de argila, nas amostras de solo anterior ao cultivo, foram feitas por densímetro após dispersão do solo com solução de hidróxido de sódio, para interpretação dos teores de fósforo no solo, conforme descrito em Tedesco et al., (1995).

Em julho de 2003 as amostras de solo de cada vaso foram homogeneizadas retirando-se uma amostra de 0,4 dm³, para determinação do teor de P e o restante do solo de cada vaso foi utilizado para os ensaios com plantas. As amostras de solo foram tamisadas em peneira de malha de 4 mm de abertura e colocados em vasos de PVC (11 dm³) com dimensões de 0,20 m de diâmetro e 0,35 m de altura, que continham, na extremidade inferior, um suporte (tampa) de 0,03 m de altura, com um orifício para facilitar a drenagem. A quantidade de solo em cada vaso foi de 9 dm³, com três repetições.

O cultivo foi feito em área aberta, na área experimental do Departamento de Solos da UFRGS, situado na longitude 51° 13' 19" W, latitude

30° 01' 53", altitude de 10 m e clima Cfa (classificação de Koeppen), no período de 10/11/03 a 20/12/03. Os vasos que continham os solos foram distribuídos em área aberta, ficando sujeitos a precipitações naturais. Em períodos de baixa precipitação pluviométrica, foi feita irrigação para repor a quantidade de água perdida, mantendo a umidade do solo próxima a 75% da capacidade de campo. A planta teste utilizada foi o híbrido de milho (*Zea mays* L.) Pioneer 32R31.

Foram semeadas seis sementes por vaso e seis dias após a emergência, foi realizado o desbaste, deixando-se três plantas por vaso. Nesta época, foram aplicados via solução: 10,0 mg dm⁻³ de S (MgSO₄.7H₂O); 0,1 mg dm⁻³ de Mo ((NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O); 2,0 mg dm⁻³ de Zn (ZnSO₄.7H₂O);

100,0 mg dm⁻³ de K (KCl) e; 100,0 mg dm⁻³ de N (uréia). Após 45 dias de cultivo, as plantas foram cortadas a 1 cm da superfície do solo, e secadas em estufa à temperatura de 65 °C, por 72 h. A matéria seca da parte aérea foi pesada e moída, e a determinação do P no tecido foi realizada no extrato de digestão úmida (sulfúrica) por espectrofotometria de absorção molecular (colorimetria) (Tedesco et al., 1995).

A disponibilidade de P para a cultura do milho foi avaliada pela produção de matéria seca e P absorvido pelas plantas de milho. Foram estabelecidas correlações entre e os teores de P nos solos extraído pelas soluções de Mehlich-1 (Tedesco et al., 1995) e de Mehlich-3 (Mehlich, 1984). Além disso, foram feitas relações entre as

quantidades de P extraído pelas soluções e as quantidades de P acumulado pelo milho, P no tecido e matéria seca produzida. A eficiência da capacidade extrativa de P disponível do solo foi verificada pelos coeficientes de determinação entre o P extraído pelos extratores e os parâmetros da planta. Os coeficientes de correlação foram comparados pelo teste t, ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A matéria seca da parte aérea do milho aumentou linearmente com o aumento dos teores de P no solo, em todos os solos, sendo a mesma tendência observada para o P acumulado pelas plantas (Tabela 2 e Figura 1a e 1b).

TABELA 2 – Matéria seca, teores de fósforo no tecido e fósforo acumulado pelo milho e teores de fósforo no solo extraído pelas soluções de Mehlich-1 e de Mehlich-3, nas amostras de solo coletadas antes do cultivo do milho.

Solo	Matéria seca (g vaso ⁻¹)	Fósforo tecido (g kg ⁻¹)	Fósforo acumulado (mg vaso ⁻¹)	Fósforo no solo	
				Mehlich-1	Mehlich-3
				----- mg dm ⁻³ -----	
PVd 3	2,1	1,4	2,9	2,3	3,2
	8,2	1,7	13,6	11	23,3
	8,2	1,8	14,6	28,1	48,0
PVAe 4	2,0	0,7	1,3	2,4	3,2
	4,7	1,2	5,6	4,2	6,5
	9,3	1,5	13,7	16,6	29,6
LVd 2	1,4	1,1	1,6	2,7	5,9
	3,5	2,1	7,5	13,7	27,1
	15,5	1,8	28,2	36,6	73,1
LVd 3	2,6	1,3	3,4	2,4	2,3
	5,9	1,9	11,0	6,2	7,4
	12,1	1,8	21,8	28,1	53,2
SGe 3	3,9	1,2	4,8	4,5	6,8
	4,7	1,1	5,3	6,0	11,6
	15,8	1,6	25,9	29,1	69,3
SXe 1	1,9	1,1	2,1	2,5	3,2
	2,7	1,4	3,7	3,2	4,8
	9,8	1,6	15,6	14,1	28,9
Mínimo	1,4	0,7	1,3	2,3	2,3
Máximo	15,8	2,1	28,2	36,6	73,1
Média	6,4	1,5	10,1	11,9	22,6
Mediana	4,7	1,5	6,6	6,1	9,5

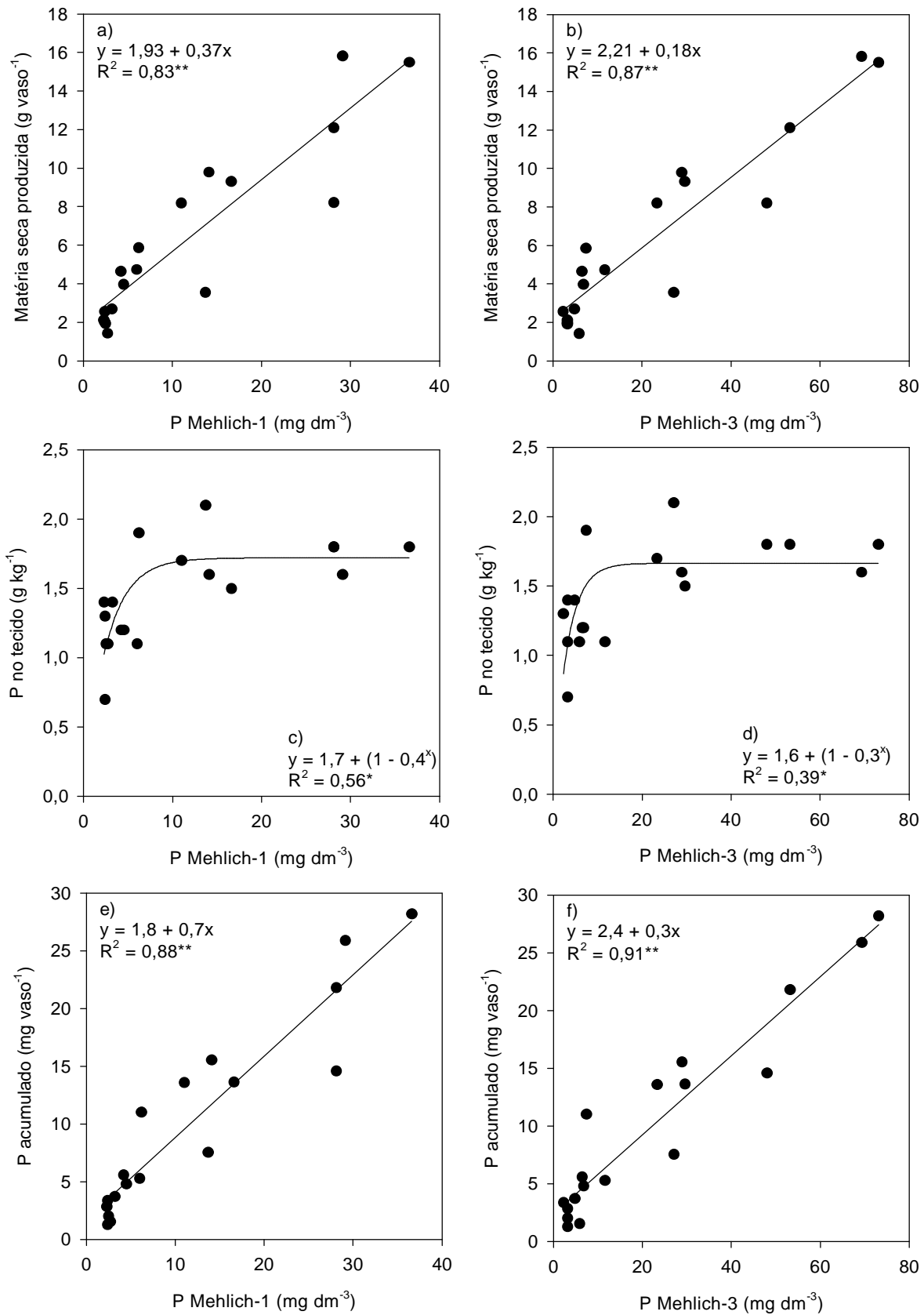


FIGURA 1 – Relação entre os teores de fósforo extraído do solo pelas soluções de Mehlich-1 e de Mehlich-3 e a produção de matéria seca, teores de fósforo no tecido e quantidade de fósforo acumulado pelo milho (a, b, c, d e, f)

A produção de máxima eficiência técnica para a matéria seca neste estudo não pode ser estimada, pois a resposta das plantas, mesmo com altos teores de fósforo (no máximo 36,6 e 73,1 mg dm⁻³ de fósforo extraído pelas soluções de Mehlich-1 e de Mehlich-3, respectivamente) não atingiu o ponto de máxima. Resultados como estes são esperados, pois as plantas de milho nesta fase apresentam alta capacidade de absorção de fósforo e crescimento das plantas (Anghinoni, 2007; Alcântara et al., 2008).

Os teores de P na planta não diferiram com o aumento do P no solo (Figura 1c e 1d). A tendência da linearidade no P acumulado e no crescimento das plantas indica que outros fatores do solo pouco interferiram na resposta das plantas ao P no solo. Os coeficientes de determinação obtidos entre o P acumulado pelas plantas de milho e o P extraído pelos métodos tiveram um alto grau de significância e não diferiram entre si (Figura 1e e 1f).

Os valores dos coeficientes de determinação obtidos entre os teores de P acumulado e os teores de P extraído pelas soluções de Mehlich-1 e de Mehlich-3 indicam um alto grau de relação entre as variáveis, considerando-se a amplitude dos teores de P e a variação nas características físicas, químicas e mineralógicas dos solos estudados. As mudanças nessas características não afetaram a eficiência dos extratores em avaliar a disponibilidade de P para as plantas, demonstrando a sensibilidade dos mesmos e conseqüentemente sua eficiência em solos com variações texturais. No entanto, resultados obtidos por Piha (1993) em solos do Zimbábue demonstraram que a solução Mehlich-3 foi mais adequada para uma ampla variação de tipos de solos, por ter sido menos influenciado pela textura. Os valores dos coeficientes de determinação obtidos neste trabalho foram superiores aos de Kroth (1998) para os dois métodos testados, possivelmente pelo maior tempo de incubação dos solos, o que segundo o autor afetou as correlações e também, pela menor variabilidade de solos neste trabalho (6 solos) comparados ao de Kroth (1998) (20 solos). Silva et al., (1999) concluíram que a solução de Mehlich-3 é mais sensível às variações de solo do que a solução de Mehlich-1 e foi eficiente em avaliar a disponibilidade de P em dois latossolos do Mato Grosso do Sul. O mesmo foi obtido por diversos autores (Brasil & Muraoka, 1997; Alcântara et al., 2008; Slaton et al., 2005).

Os coeficientes de determinação obtidos entre o teor de P extraído e o teor de P no tecido foram baixos (Figura 1c e 1d). Foi observado que as maiores dispersões de valores foram em valores de P superior a 15 mg dm⁻³ (Mehlich-1) e 30 mg dm⁻³ (Mehlich-3), no entanto, o coeficiente de

determinação foi maior para a solução de Mehlich-1. A dispersão observada e a tendência de ausência de resposta no aumento dos teores de P no tecido com o aumento dos teores de P no solo, estão associadas a baixa exigência de P pelo milho, tendendo a estabilizar entre os valores de 1,5 a 2,0 g kg⁻¹, faixa usualmente classificada como adequada para essa cultura (Schlindwein & Gianello, 2005).

As quantidades de P extraído pela solução de Mehlich-3 foram, em média, de 50% a 150% maiores do que a solução de Mehlich-1 (Tabela 2). O coeficiente de correlação entre os métodos teve um alto grau de associação (Figura 2), e isto indica que ambos os métodos podem ser utilizados na extração de P no solo. Resultados semelhantes foram obtidos por (Bortolon & Gianello, 2008), porém, os autores obtiveram diferenças nas quantidades extraídas em função das classes de argila. Em solos argilosos a solução de Mehlich-3 extrai quantidades menores de P em relação à solução de Mehlich-1. Com o aumento nos teores de argila há a redução nas quantidades extraídas pela solução de Mehlich-3, demonstrando que a solução é afetada pelo conteúdo de argila no solo, necessitando, desta maneira, faixas de interpretação dos teores de P extraído por essa solução.

A maior extração de P pela solução de Mehlich-3 se deve às características químicas do extrator, que extrai preferencialmente o P ligado a ferro e alumínio e o fosfato de cálcio mais solúvel (Mehlich, 1984; Beegle, 2005). A solução de Mehlich-1 extrai, preferencialmente, o P ligado a cálcio sendo este em pequenas quantidades em solos ácidos. Além disso, o íon sulfato não consegue amenizar a exaustão do extrator em solos com baixos teores de P disponível e alto teor óxidos predominantes na fração argila, fazendo com que as quantidades extraídas sejam menores (Tedesco et al., 1995). Por esta razão, são obtidos baixos coeficientes de determinação entre o P absorvido e o extraído pelos métodos. Para minimizar esse problema os solos são separados em classes de argila para a determinação do P disponível pelas soluções de Mehlich-1 e de Mehlich-3 (Tedesco et al., 1995; Bortolon & Gianello, 2008).

CONCLUSÕES

A quantidade de P extraído pelos métodos tem alto grau de relação com as quantidades de P acumulado pelas plantas de milho e com a produção de matéria seca das plantas. Os métodos têm um alto grau de associação quando são comparados entre si. As soluções de Mehlich-1 e de Mehlich-3 são eficientes para avaliar a disponibilidade de P para o milho.

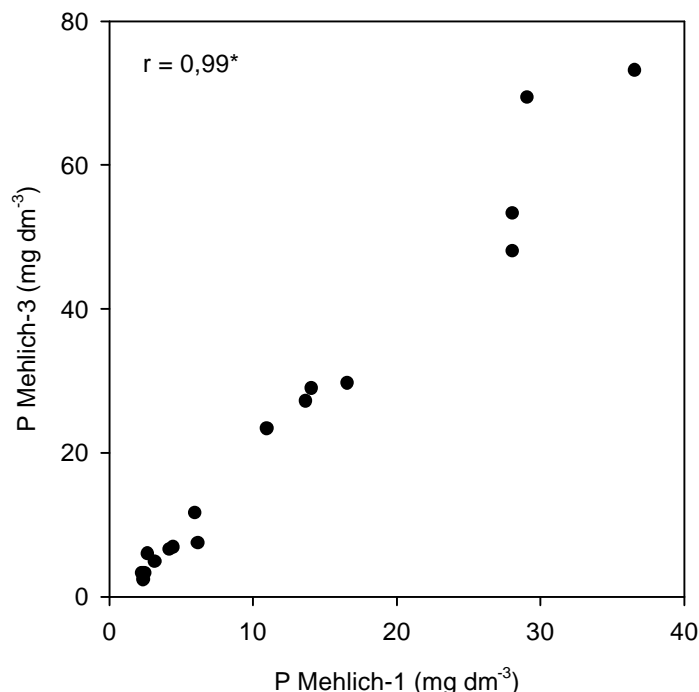


FIGURA 2 – Correlação entre os teores de fósforo extraído pelas soluções de Mehlich-1 e de Mehlich-3 nos solos antes do cultivo do milho.

REFERÊNCIAS

1. ALCÂNTARA, F. A. et al. Extraction methods for phosphorus and their relationship with soils phosphorus-buffer capacity estimated by the remaining-phosphorus methodology-a pot study with maize. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 39, n. 3-4, p. 603-615, 2008.
2. ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo no sistema plantio direto. In: NOVAIS, R. F. et al. (Org.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 873-928.
3. ANGHINONI, I.; VOLKWEISS, S. J. Recomendações de uso de fertilizantes no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1., 1984, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA-DEP, 1984. p. 179-204.
4. BEEGLE, D. Assessing soil phosphorus for crop production by soil testing. In: SIMS, J. T. et al. (Ed.). **Phosphorus: agriculture and the environment**. Madison: SSSA, 2005. p. 123-144.
5. BORTOLON, L.; GIANELLO, C. Interpretação de resultados analíticos de fósforo pelos extratores Mehlich-1 e Mehlich-3 em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 7, p. 2751-2756, 2008. Edição Especial.
6. BRASIL, E. C.; MURAOKA, T. Extratores de fósforo em solos da Amazônia tratados com fertilizantes fosfatados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 4, p. 599-606, 1997.
7. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
8. FRANKLIN, R. E.; DUIS, L.; SMITH, B. R. Mehlich extractable and total elemental concentrations in South Carolina soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 37, n. 5-6, p. 679-691, 2006.
9. KROTH, P. L. **Disponibilidade de fósforo no solo para plantas e fatores que afetam a extração por resina de troca em membrana**. 1998. 168 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.
10. MEHLICH, A. **Determination of P, Ca, Mg, K, Na and NH₄ by North Carolina soil testing laboratories**. Raleigh: University of North Carolina, 1953. 8 p.
11. MEHLICH, A. Mehlich 3 soil test extractant: a modification of Mehlich 2 extractant. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 15, n. 12, p. 1409-1416, 1984.
12. MIOLA, G. R. et al. Avaliação da disponibilidade de fósforo no solo para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 5, p. 813-819, 1999. (remover)
13. PIHA, M. I. Evaluation of Mehlich-3 extractant for estimating phosphorus deficiency and phosphorus sorption of Zimbabwean soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 24, n. 11-12, p. 1397-1408, 1993.
14. RING, R. A. et al. Determining available soil phosphorus in Nova Scotia blueberry soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 35, n. 17-18, p. 2449-2463, 2005.
15. SCHLINDWEIN, J. A.; GIANELLO, C. Doses de máxima eficiência econômica de fósforo e potássio para as culturas cultivadas no sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v. 85, p. 20-25, 2005.
16. SIKORA, F. J. et al. Comparison of colorimetric and ICP determination of phosphorus in Mehlich3 soil extracts. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 36, n. 7-8, p. 875-887, 2005.
17. SILVA, F. C.; RAIJ, B. V. Disponibilidade de fósforo em solos avaliada por diferentes extratores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 267-288, 1999.
18. SILVA, W. M. et al. Eficiência de extratores de fósforo em dois Latossolos do Mato Grosso do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 12, p. 2277-2285, 1999.

BORTOLON, L. et al. Avaliação da disponibilidade de fósforo no solo...

19. SLATON, N. A. et al. Correlation and calibration of Mehlich-3 phosphorus recommendations for winter wheat following rice in Arkansas. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 36, n. 7-8, p. 993-1004, 2005.
20. TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos, 1995. 147 p.
21. WANG, J. J. et al. Comparison of soil-test extractants for phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sodium, zinc, copper, manganese, and iron in Louisiana soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 35, n. 1-2, p. 145-160, 2004.

Recebido em 15/08/2008

Aceito em 13/05/2009