



XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

FÓSFORO “EXTRAÍVEL” EM FUNÇÃO DE HISTÓRICOS DE USO E DOSES DE FÓSFORO EM UM LATOSSOLO CULTIVADO COM FEIJOEIRO E BRAQUIARIA

Leandro Flavio Carneiro⁽¹⁾; **Antônio Eduardo Furtini Neto**⁽²⁾; **Álvaro Vilela de Resende**⁽³⁾; **Zosé Zilton Lopes Santos**⁽⁴⁾; **Lucas Albert Ribeiro do Valle**⁽⁵⁾; **Daniella Nogueira Moraes Carneiro**⁽⁶⁾; **Christian Rones Wruck de Souza Osório**⁽⁷⁾; **Rafael da Costa Leite**⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Professor Efetivo da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul ;UEMS, Rodovia MS 306 Km 6 Zona Rural, Unidade Universitária de Cassilândia, CEP 79540-000 Cassilândia (MS); lcarneiro@uems.br; ⁽²⁾ Professor Adjunto Universidade Federal de Lavras; Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras; UFLA; Caixa Postal :3037, CEP 37200-00 Lavras (MG); ⁽³⁾ Pesquisador da Embrapa; Embrapa Milho e Sorgo; Embrapa; Rodovia MG 424 Km 45, Caixa Postal 285, CEP 35701-970 Sete Lagoas (MG); ⁽⁴⁾ Professor Adjunto da Universidade Federal da Amazonas; ;UFAM; Av. Gen. Rodrigo Octávio Jordão Ramos 3000, Campus Universitário, Bairro Coroado I, CEP 690077-000 Manaus (AM); ⁽⁵⁾ Pós Graduando ; Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas; UFLA; CEP 37200-000 Lavras (MG); ⁽⁶⁾ Pós-Graduanda; Programa de Pós-graduação em Fitotecnia; UFLA; CEP 37200-000 Lavras, MG; ⁽⁷⁾ Graduandos em Agronomia; UEMS; Rodovia MS 306 Km 6 Zona Rural, Unidade Universitária de Cassilândia, CEP 79540-000 Cassilândia (MS).

Resumo – Em áreas que já foram adubadas anteriormente, os efeitos do fornecimento de fósforo podem não seguir os padrões típicos das respostas normalmente verificadas nos estudos de adubação fosfatada conduzidos em solos virgens. Este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade de extratores em prever as respostas do feijoeiro e da braquiaria, cultivados em Latossolo com diferentes históricos de uso e doses de fósforo. Foram coletadas amostras (0-20 cm) sob condição de vegetação nativa do cerrado e condição de cultivo de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) textura argilosa. Utilizou-se o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Jalo Radiante) e, em seguida, braquiária (*Brachiaria decumbens*) como plantas teste, em vasos plásticos (4 dm³). Os tratamentos foram dispostos em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 4, sendo duas condições de uso anterior do solo e quatro doses de P (0, 120, 240 e 480 mg dm⁻³) (superfósforo triplo). Após o cultivo do feijoeiro e da braquiária e antes da aplicação dos tratamentos, determinou-se os teores de P pelos extratores resina trocadora de íons, Mehlich-1, Mehlich-3 e Bray-1. Os teores de P extraídos pelos extratores aumentaram em função da adubação fosfatada. A condição de solo já cultivado, proporcionou maior disponibilidade de P. Os extratores de fósforo mostraram influência da adubação fosfatada e do histórico de uso na disponibilidade de fósforo. Todos os extratores de P mostraram-se promissores em quantificar a fração lábil de P nos solos.

Palavras-Chave: extratores; disponibilidade de P; sistema de plantio direto

INTRODUÇÃO

O fósforo é o nutriente que tem recebido maior atenção da pesquisa em relação à análise de solo, e, no Brasil, há dois principais métodos usados: o mais antigo, denominado Mehlich-I e a resina de troca iônica, de uso mais recente (Raij, 2003). Na avaliação de métodos de extração de nutrientes do solo é de vital

importância a eficiência com que é avaliada a disponibilidade do fósforo para as plantas (Raij, 2003). De acordo com este autor, a maior parte dos métodos de análise de solo, inclusive os usados no Brasil, avalia o fator quantidade, mas há dificuldade em isolar o P lábil do P não-lábil, ou mesmo de resíduos de adubos não dissolvidos no solo, quando são empregados extratores que têm ação específica sobre determinadas formas de P em solos. No entanto, é desejável no extrator que ele retire do solo apenas o P lábil.

A avaliação da disponibilidade de fósforo de um solo tem sido feita com o uso de soluções extratoras com características constitutivas diversas, quanto à acidez, diluição, tamponamento, presença de compostos complexantes e mais recentemente com a resina de troca aniônica (Novais & Smyth, 1999).

Chama-se atenção para o fato de que, em áreas que já foram adubadas anteriormente, os efeitos do fornecimento de fósforo podem não seguir os padrões típicos das respostas normalmente verificadas nos estudos de adubação fosfatada conduzidos em solos virgens (Anghinoni, 2003). Após nova aplicação de fosfatos, a dinâmica que se estabelece entre as formas de P, bem como a biodisponibilidade do nutriente, costuma ser diferenciada, de forma que solos com certa reserva do nutriente tendem a favorecer a equiparação das respostas a distintas estratégias de manejo da adubação fosfatada.

Neste contexto, a resposta das culturas à adição de P no SPD tem sido relativamente pequena, ou seja, as culturas têm requerido doses mais baixas desse nutriente (Resende et al., 2006; Anghinoni, 2007; Rheinheimer et al., 2008). Isso, provavelmente, pode acontecer devido à ineficiência dos métodos de rotina em detectar a disponibilidade das formas orgânicas biodisponíveis de P no solo e à dificuldade de interpretação do nível de resposta a esse nutriente em uma rotação ou seqüência de culturas (Sá, 2004).

Diante dessas considerações, este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade de extratores em prever as respostas do feijoeiro e da braquiaria, cultivados em Latossolos com diferentes históricos de uso e doses de fósforo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras utilizando-se amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) textura argilosa (57% de argila; 220, 113,2, 4,7 e 35,1 g.kg⁻¹, respectivamente de caulinita, gibsitita, hematita e goethita). As amostras do solo foram coletadas na Fazenda Alto Alegre, localizada no Município de Planaltina de Goiás-GO. As amostras foram obtidas na profundidade de 0-20 cm, sob condição de vegetação nativa do cerrado (solo adjacente) e sob condição de cultivo (solo cultivado). Este solo, cultivado com culturas anuais (soja/milho) há mais de 10 anos no sistema de plantio direto (SPD), recebeu calagem ocasional e adubação anual de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e uma adubação fosfatada corretiva com 650 kg ha⁻¹ de fosfato de gafsa (28% de P₂O₅ total), seis anos antes da coleta das amostras, a qual foi incorporada com arado de aiveca. Após incorporação do fosfato, este solo permaneceu sem perturbação até a coleta das amostras.

Utilizou-se o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Jalo Radiante) e, em seguida, braquiária (*Brachiaria decumbens*) como plantas teste, em vasos plásticos com capacidade para quatro dm³ de solo. Antes da aplicação dos tratamentos, foi feita calagem, objetivando elevar a saturação por bases para 70%. Os tratamentos foram dispostos em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 4 com quatro repetições, totalizando 32 vasos. Os tratamentos foram constituídos por duas condições de uso anterior do solo (solo adjacente sob vegetação de cerrado e solo agrícola cultivado por vários anos) e quatro doses de P (0, 120, 240 e 480 mg dm⁻³), utilizando-se como fonte o superfosfato triplo.

Após a retirada das raízes do feijoeiro, através da secagem e tamisagem do solo em peneira de quatro milímetros, procedeu-se a semeadura de dez sementes de braquiária por vaso. Aos 10 DAP foram efetuados os desbastes, deixando-se quatro plantas por vaso. Foram realizados dois cortes sucessivos no início do florescimento da braquiária sem nenhuma adição de fósforo (efeito residual dos tratamentos).

Após o cultivo do feijoeiro e da braquiária, no momento da retirada das raízes, amostras de solo de cada vaso, juntamente com as amostras de solo na condição inicial (antes da aplicação dos tratamentos), foram preparadas e em seguida foram determinados os teores de P pelos extratores resina trocadora de íons, Mehlich-1, Mehlich-3 e Bray-1 (Tabela 1) e quantificados colorimetricamente, segundo Murphy & Riley (1962).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e testes de médias (Scott-Knott, 5%) para avaliar as diferenças entre os tratamentos. Foram ajustadas equações de regressão para as diferentes teores de P obtidos com os extratores no solo como variáveis dependentes das doses de P, utilizando-se o software estatístico Sisvar (Ferreira, 2000). Também foram realizadas correlações simples, por meio de coeficientes de Pearson, entre os teores de P pelos

extratores e os componentes de produção do feijoeiro e da braquiária.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando se considera a média dos teores de P para os fatores históricos de uso e doses de fósforo, observa-se pelos extratores utilizados, que o solo cultivado proporcionou maiores teores de P em todas as épocas e doses de P, com exceção apenas para o extrator Bray-1 após incubação dos tratamentos, onde, não foi observada diferença significativa entre os históricos de uso (Tabela 2). As equações ajustadas entre os teores dos extratores e as doses adicionadas de P mostram um incremento linear em função das doses de P em todos os extratores e históricos de uso (Tabela 2) e os maiores incrementos, em relação à condição inicial, foram observados no solo adjacente, condição não cultivada, em função do aumento das doses de P.

Esses resultados mostram, portanto, que mesmo em solos altamente oxidados e argilosos, como o Latossolo Vermelho, que adubações anuais e corretivas de fósforo aumentam a disponibilidade de P, em função, provavelmente, de uma maior saturação dos sítios de adsorção e consequentemente de uma redistribuição em frações retidas com menor energia (Rheinheimer & Anghinoni, 2001).

O P disponível (extraído) pelos extratores, em geral, apresenta a seguinte ordem decrescente: P-resina > P-Mehlich 3 > P-Mehlich 1 > P-Bray 1. Essa diferença de teores entre os extratores, dentro de um mesmo solo, é em função das propriedades do extrator e das condições de extração (Novais et al., 2007). Para Mehlich-1, por exemplo, valores subestimados de P têm sido verificados em solos argilosos e com pH mais elevado, e valores superestimados com utilização prévia de fosfatos naturais de baixa reatividade, como as apatitas (Novelino et al., 1985).

É importante ressaltar o comportamento diferenciado do P-Bray-1 em relação aos demais extratores usados neste trabalho. O Bray-1 foi o único extrator que não mostrou diferença significativa entre os históricos de uso após incubação dos tratamentos e que também não mostrou redução dos teores de P após os cortes da braquiária, em todos os tratamentos (Tabela 2). Diante do exposto, provavelmente, o Bray-1 solubilizou maiores quantidades de P-Al (complexação do F sobre o Al), superestimando os teores de P disponíveis para braquiária e consequentemente não foi sensível em mostrar a depleção de P provocada pela braquiária, apesar de terem apresentado menores teores absolutos dentre os extratores utilizados neste estudo. Pratt & Garber (1964) mostraram que em solos com maior teor de argila houve menor eficiência do Bray-1 em extrair P. Tal deficiência, segundo os autores, está relacionada a reações secundárias após dissolução ou ainda à exaustão dos reagentes, devido a sua reação com outros minerais do solo que não sejam fosfatos.

Em virtude do comportamento dos diferentes extratores sobre as formas lábeis de P do solo e da variabilidade de solos que os métodos necessitam atender, a sua eficiência para todas as situações é muito mais dependente dos cuidados na calibração para predição da disponibilidade do que sua capacidade de extração (Rheinheimer et al., 2008).

Os coeficientes de correlação entre os teores de fósforo pelos extratores de P usados neste trabalho e componentes de produção do feijoeiro e braquiária estão apresentados na tabela 3.

Observa-se que, com exceção apenas do Mehlich-3, relacionado com a produção de grãos do feijoeiro, na condição cultivada, os demais coeficientes de correlação foram significativos. Na condição não cultivada, os coeficientes foram maiores e significativos entre todos os extratores e variáveis de produção das plantas, mostrando maior influência das frações lábeis de P na nutrição das plantas, pois apresentaram coeficientes de correlação positivos e significativos, principalmente na condição de solo que não havia sido cultivado (condição natural).

CONCLUSÕES

1. Os extratores de fósforo mostraram influência da adubação fosfatada e do histórico de uso na disponibilidade de fósforo.

2. Os teores de P extraídos pelos extratores aumentaram em função da adubação fosfatada.

3. A condição de solo já cultivado, proporcionou maior disponibilidade de P.

4. Todos os extratores de P mostraram-se promissores em quantificar a fração lábil de P nos solos.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG, pelo financiamento do projeto de pesquisa, no qual este experimento está incluído.

REFERÊNCIAS

ANGHINONI, I. Fatores que interferem na eficiência da adubação fosfatada. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba. Piracicaba: Potafos/Anda, 2003. 1 CD-ROM.

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema de plantio direto. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. cap. 6, p. 873-928.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA

SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFScar, 2000. p. 255-258.

MURPHY, J.; RILEY, J. P. A modified single solution methods for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 26, p. 31-36, 1962.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solos e planta em condições tropicais**. 1. ed. Viçosa: UFV, 1999. 399p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. cap. 8, p. 471-550.

NOVELINO, J.O.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; COSTA, L.M. & BARROS, N.F. Solubilização de fosfato-de-Araxá, em diferentes tempos de incubação, com amostras de cinco Latossolos, na presença e na ausência de calagem. **R. Bras. Ci. Solo**, 9:13-22, 1985.p. 201-220.

PRATT, P.F. & GARBER, M.J. Correlations of phosphorus availability by chemical tests with inorganic phosphorus fractions. **Proc. Soil Sci. Soc. Am.**, Madison, 28:23-26, 1964.

RAIJ, B. van. Fósforo no solo e interação com outros elementos. In: IMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Potafos/ Anda, 2003. CD-ROM.

RESENDE, A.V.; FURINI NETO, A. E.; ALVES, V. M. C.; MUNIZ, J. A.; CURTI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARA, D. I.; SANTOS, J. Z. L.; CARNEIRO, L. F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 453-466, maio/jun. 2006.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 151-160, jan. 2001.

RHEINHEIMER, D. S.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistemas plantio direto. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p.576-586, mar./abr. 2008.

SÁ, J. C. M. de. Adubação fosfatada no sistema plantio direto. In: YAMADA, T.; ABDALA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004.

TABELA 1. Extratores de P e sua composição química.

Extratores	Composição	Relação solo:solução	Referências
Resina	Resina Mista (Catiônica e aniônica)	1:20	Raij et al. (1986)
Mehlich-1	HCl 0,05 M + H ₂ SO ₄ 0,0125M	1:10	Mehlich (1953)
Mehlich-3	NH ₄ F 0,015M + CH ₃ COOH 0,2M + NH ₄ NO ₃ 0,25M + HNO ₃ 0,013M + EDTA 0,001M	1:10	Mehlich (1978)
Bray-1	HCl 0,025M + NH ₄ F 0,03M	1:10	Bray & Kurtz (1945)

TABELA 2. Teores de fósforo por diferentes extratores no Latossolo Vermelho com diferente histórico de uso (solo cultivado (SC) e solo adjacente (SA)) e doses de fósforo nas épocas avaliadas no experimento.

Extratores de P	Etapas ¹	Uso	Doses de P				Modelos ajustados	R ² (%)	
			P						
			Inicial	0	120	240			480
.....mg.dm ⁻³									
P-resina	AI	SA	4	1 b	32 b	79 b	131 b	Y = 3,2 + 0,274x **	0,98
		SC	37	32 a	77 a	100 a	144 a	Y = 41 + 0,225x **	0,97
	AF	SA	4	5 b	31 b	57 b	135 b	Y = -0,25 + 0,27x **	0,98
		SC	37	29 a	61 a	91 a	143 a	Y = 31,45 + 0,235x **	0,99
	AB	SA	4	4 b	19 b	27 b	68 b	Y = 2,41 + 0,13x **	0,97
		SC	37	22 a	37 a	59 a	98 a	Y = 20,22 + 0,161x **	0,99
P-Mehlich 1	AI	SA	1	1 b	12 b	36 b	73 b	Y = 3,61 + 0,155x **	0,98
		SC	12	10 a	23 a	53 a	82 a	Y = -2,9 + 0,12x **	0,97
	AF	SA	1	1 b	10 b	21 b	59 b	Y = 6,08 + 0,136x **	0,98
		SC	12	10 a	18 a	37 a	73 a	Y = -0,88 + 0,063x **	0,96
	AB	SA	1	1 b	5 b	13 b	30 b	Y = 4,5 + 0,084x **	0,98
		SC	12	7 a	13 a	23 a	46 a	Y = -0,6 + 0,084x **	0,96
P-Mehlich 3	AI	SA	2	4 b	17 b	29 b	62 b	Y = 2,58 + 0,12x **	0,99
		SC	14	17 a	29 a	45 a	88 a	Y = 13,47 + 0,15x **	0,98
	AF	SA	2	2 b	12 b	25 b	58 b	Y = 5,5 + 0,117x **	0,99
		SC	14	13 a	23 a	40 a	68 a	Y = -0,6 + 0,084x **	0,96
	AB	SA	2	2 b	9 b	15 b	43 b	Y = 8,96 + 0,087x **	0,99
		SC	14	10 a	18 a	29 a	52 a	Y = 3,7 + 0,053x **	0,99
P-Bray 1	AI	SA	5	4 a	9 a	16 a	29 a	Y = 0,79 + 0,053x **	0,97
		SC	7	5 a	10 a	17 a	30 a	Y = 0,21 + 0,04x **	0,96
	AF	SA	5	1 a	4 b	8 b	23 b	Y = 2,68 + 0,055x **	0,98
		SC	7	3 a	8 a	15 a	32 a		
	AB	SA	5	2 b	4 b	8 b	21 b		
		SC	7	4 a	8 a	15 a	30 a		

Médias seguidas de mesmas letras nas colunas para cada fração de P e etapa de cultivo não diferem entre si (Scott-Knott, 5%). ** = significativo a 1% , pelo teste de F. ¹ AI = após incubação dos tratamentos, AF = após cultivo do feijoeiro e AB = após cultivo da braquiária.

TABELA 3. Coeficientes de correlação dos teores de P pelos extratores P-Mehlich-3 (P-M3), P-Bray-1 (P-B1), Mehlich-1 (P-M1) e resina de troca iônica (P-res), extraídos antes do cultivo do feijoeiro e da braquiária, com matéria seca da parte aérea (MSPA), conteúdo de fósforo da parte aérea (CPPA) do feijoeiro e da braquiária e produção de grãos do feijoeiro (Grãos) no Latossolo Vermelho.

Variável	P – M3	P B1	P – M1	P res
FEJJOEIRO				
SOLO ADJACENTE				
MSPA	0,95 **	0,92 **	0,94 **	0,95 **
CPPA	0,96 **	0,94 **	0,94 **	0,94 **
Grãos	0,88 **	0,83 **	0,86 **	0,88 **
SOLO CULTIVADO				
MSPA	0,71 **	0,70 **	0,68 **	0,77 **
CPPA	0,78 **	0,68 **	0,87 **	0,92 **
Grãos	0,45 ns	0,55*	0,69 **	0,74 **
BRAQUIARIA				
SOLO ADJACENTE				
MSPA	0,92 **	0,94 **	0,88 **	0,89 **
CPPA	0,87 **	0,88 **	0,88 **	0,88 **
SOLO CULTIVADO				
MSPA	0,71 **	0,75 **	0,70 **	0,76 **
CPPA	0,74 **	0,71 **	0,73 **	0,70 **

ns = não significativo. ** e * = significativo a 1% e a 5% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.