

BIODISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM LATOSSOLO DO CERRADO SOB SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

Diogo Néia Eberhardt¹, Maria de Fátima Guimarães¹, Edemar Joaquim Corazza², Robélio Leandro Marchão³, Pedro Rodolfo S. Vendrame¹, Thierry Becquer⁴ (¹Universidade Estadual de Londrina, Caixa Postal 6001, 86051-970 Londrina, PR. e-mail: diogone@yahoo.com.br ²Embrapa Serviço de Informação Científica e Tecnológica, Brasília, DF ³Embrapa Cerrados, 73010-970 Planaltina, DF ⁴Institut de Recherche pour le développement (IRD), Montpellier, França)

Termos para indexação: Adubação fosfatada, fertilidade do solo, nutrição de plantas, análise de solo, efeito residual.

Introdução

O fósforo é, dentre os nutrientes, o que mais limita a produção das plantas em solos ácidos do Cerrado (Goedert, 1983). A adubação corretiva destes solos com grandes quantidades de fertilizantes fosfatados é anti-econômica, logisticamente impraticável e ecologicamente questionável (Oberson et al., 1999). Conseqüentemente, melhorar a eficiência do uso de baixas quantidades de fertilizantes no solo é importante para a conservação dos recursos naturais e dos agroecossistemas (Oberson et al., 1999).

Segundo estimativas de Brossard & Barcelos (2005), das 117 10⁶ ha de pastagens do Cerrado, 50% a 80% apresentam algum grau de degradação. Neste contexto, o sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) aparece como uma alternativa para a recuperação destas pastagens. Uma alternativa que vem sendo adotada em áreas de ILP, para incremento da rentabilidade da propriedade, é a antecipação total ou parcial da adubação das culturas de verão realizada sobre a cultura antecessora que normalmente é utilizada como adubo verde e/ou pastagem.

Neste estudo de caso o método de ILP utilizado foi a implantação em sistema de plantio direto da cultura da soja após quatro anos de pastagens. Os objetivos foram avaliar a disponibilidade de P pela resina e a biodisponibilidade do P determinada pelo teor de P na planta e pela produtividade da cultura da soja.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF (15°38'46''S, 47°45'08''W), sobre um Latossolo Vermelho-Escuro de textura argilosa (Embrapa, 2006). Os atributos químicos e físicos do solo constam da tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo sob pastagem (0-10 cm), antes da implantação da cultura da soja, correspondente a faixa sem adubação.

pH	C _{total} Agua (g kg ⁻¹)	Ca	Mg	Al	H+Al	K	P-M1 (mg kg ⁻¹)	Pres (mg kg ⁻¹)	Argila	Silte	Areia
		----- (cmol _c kg ⁻¹) -----							----- (g kg ⁻¹) -----		
5,21	24,5	2,78	0,70	0,09	5,43	0,46	2,37	6,01	650	120	230

P-M1: fósforo Mehlich-1 (0,0125 mol L⁻¹ H₂SO₄ e 0,050 mol L⁻¹ HCl); Pres: fósforo resina.

Inicialmente a área recebeu 1,1 t ha⁻¹ de calcário dolomítico incorporado, 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples e 30 kg ha⁻¹ de micronutrientes na forma de FTE BR-10. A semeadura da *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk ocorreu em dezembro de 1999. Em outubro de 2002, a área foi dividida em três subáreas de 1,5 ha, e a partir desta data aplicou-se a lanço, anualmente, 0 (P0), 20 (P1) e 40 (P2) kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato simples. Em novembro de 2006, a pastagem foi dessecada com glyphosate. A semeadura direta foi realizada sobre a palhada da *B. decumbens* com soja, cv. BRS Valiosa RR, para obter uma população de 12 plantas por metro linear, espaçadas a 0,45 m. Na semeadura da soja foi aplicado P₂O₅ no sulco de plantio, na forma de superfosfato triplo, na razão de 0 (S0), 50 (S1), 100 (S2) kg ha⁻¹, para cada parcela experimental da pastagem, totalizando assim 9 faixas de adubação (POS0 - 0, POS1 - 50, POS2 - 100, P1S0 - 80, P1S1 - 130, P1S2 - 180, P2S0 - 160, P2S1 - 210, P2S2 - 260 kg ha⁻¹ de P₂O₅).

As amostras de solo foram coletadas aos 100 dias após a emergência (DAE) das plantas de soja. Em cada faixa de adubação foram coletadas 4 amostras compostas de solo. Cada amostra foi obtida de 12 sub-amostras de solo coletadas com trado holandês na camada de 0-10 cm de profundidade (quatro pontos nas duas linhas e oito pontos nas três entrelinhas), em 2 m de comprimento, contemplando as fertilizações realizadas na soja e na pastagem. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos e acondicionadas em geladeira, a aproximadamente 10°C.

As análises de P disponível foram realizadas em até 10 dias, para evitar possíveis transformações nas formas de P. Posteriormente, as amostras foram secas ao ar, peneiradas a 2 mm e armazenadas em sacos plásticos para as demais análises químicas. A determinação do P disponível foi feita por resina trocadora de ânions (P-Resina) (Raij et al., 2001) em amostras de solo mantidas úmidas. Posteriormente os resultados foram corrigidos em base do peso seco das amostras. As análises químicas do solo foram realizadas segundo Embrapa (1999). O carbono total

(C) foi determinado por combustão a seco utilizando um analisador CNHS 2400 serie II, Perkin Elmer.

A parte aérea de 20 plantas no estadio R2 foram coletadas nas mesmas linhas de amostragem do solo. As amostras foram secas, posteriormente moídas para realização das análises químicas para avaliação dos diferentes nutrientes absorvidos pela cultura da soja. Para a determinação da produtividade, na época da colheita, 20 plantas foram coletadas e as sementes separadas da parte aérea.

Os resultados de P-Resina, P-planta e produtividade foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, enquanto que o P-Resina foi submetido à análise de regressão a 5% de probabilidade utilizando o programa Sisvar.

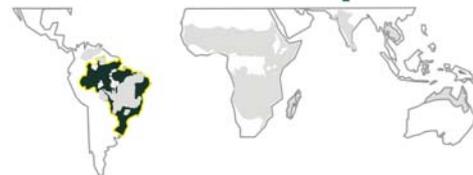
Resultados e Discussão

O teor de fósforo da camada do solo de 0-10 cm extraído pela resina na faixa sem adubação (P0S0) de 3,10 mg kg⁻¹ (Tabela 3) é considerado baixo para o cultivo em sistemas de sequeiro com culturas anuais (Souza & Lobato, 2004) e médio para o cultivo de espécies de pastagens pouco exigentes (Vilela et al., 2004). Essas interpretações consideram a camada de solo de 0-20 cm de profundidade.

As adubações de manutenção de 20 (P1S0) e 40 (P2S0) kg ha⁻¹ de P₂O₅ por ano, aplicadas na pastagem, proporcionaram um aumento nos teores de P no solo, passando de baixo a alto na interpretação de (Souza & Lobato, 2004), apesar das doses aplicadas serem consideradas relativamente baixas e os solos apresentarem grande capacidade de adsorção de fosfato. Os teores de P disponíveis foram altos nas faixas de adubação fertilizadas no plantio da soja (S1 e S2) devido ao modo de amostragem do solo.

Os resultados de análise de variância (Anova) para os teores de P extraídos pela resina, indicam apenas efeito significativo à 1% da adubação na soja (So) (Tabela 2). Contudo, para P-planta e produtividade, a Anova indica efeito significativo à 1% para fertilização fosfatada na pastagem e na soja, e efeito significativo à 5% (P-planta) e 1% (produtividade) para a interação das adubações (PastxSo).

A não significância dos teores de P-resina, a 5% e 1% de probabilidade, para a interação (Tabela 2), indica que o extrator não foi sensível à interação das adubações e sugerem que apenas a



adubação na soja influenciaria a disponibilidade do P determinada pela resina. Mas, quando analisa-se as variáveis ligadas às plantas verifica-se que a adubação na pastagem também influencia o teor de P na planta (P-planta) e a produtividade bem como a interação das duas adubações.

Tabela 2. Análise de variância para os efeitos da fertilização fosfatada na pastagem e na soja sobre o fósforo determinado pela resina (P-Resina), teor de fósforo na parte aérea (P-planta) aos 100 DAE e produtividade da cultura da soja.

Fontes de Variação ⁽¹⁾	P-Resina Mg kg ⁻¹	P-planta g kg ⁻¹	Produtividade kg ha ⁻¹
Past	Ns	**	**
So	**	**	**
PastxSo	Ns	*	**
CV (%)	64,98	14,84	9,78

⁽¹⁾ Past – Adubação na pastagem; So – Adubação na soja; e PastxSo – Interação das adubações na soja e na pastagem.

* e ** – Valores significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; e ns – valores não significativos a 5%, pelo teste F.

Com o aumento nos níveis de adubação verifica-se um incremento nos teores de fósforo na planta (P-planta), refletindo em maiores produtividades de grãos (Tabela 3), sendo que as faixas de adubação P1S2, P2S1 e P2S2, com os maiores níveis de P₂O₅, apresentaram as maiores produtividades.

Tabela 3. Valores médios dos atributos teor de fósforo na planta (P-planta) e produtividade de grãos de acordo com as faixas de adubação⁽¹⁾.

Faixas de adubação	Adubação*		P-planta g kg ⁻¹	Produtividade kg ha ⁻¹
	P ₂ O ₅ Kg ha ⁻¹	Adubação total P ₂ O ₅ Kg ha ⁻¹		
P0S0	0 + 0	0	163,61 d	1574 d
P0S1	0 + 50	50	322,22 c	2367 c
P0S2	0 + 100	100	390,56 bc	3438 ba
P1S0	20 + 0	80	267,22 cd	3000 cb
P1S1	20 + 50	130	357,50 bc	3642 ba
P1S2	20 + 100	180	544,44 a	4066 a
P2S0	40 + 0	160	358,61 bc	3735 a
P2S1	40 + 50	210	478,15 ab	4061 a
P2S2	40 + 100	260	458,61 ab	3902 a

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*Adubação anual na pastagem (2003 a 2006) + adubação na soja (2007).

As produtividades da cultura da soja nas faixas de adubação variaram de 1574 a 4066 kg ha⁻¹ (Tabela 3). As produtividades foram relativamente altas, apenas as faixas de adubação P0S0 e P0S1 apresentaram produtividades baixas (1574 e 2367 kg ha⁻¹, respectivamente) devido a baixa fertilidade natural do solo e aos baixos níveis de P aplicados.

Francisco et al. (2007) avaliando o efeito residual da adubação fosfata e potássica (90 e 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente) em capim-pé-de-galinha, sobre a produtividade de soja, obtiveram na testemunha (sem adubação) produtividade de 3354 kg ha⁻¹ maior que na faixa sem adubação (POS0), com 1574 kg ha⁻¹, apesar dos teores de P iniciais no solo serem semelhantes. Essa diferença de produtividade provavelmente ocorreu devido à textura argilosa do solo e à grande capacidade de adsorção de fosfato (presença de óxidos de ferro e alumínio). Por outro lado nas produtividades máximas observou-se diferenças menores entre os dois trabalhos, onde a faixa de adubação P1S1 obteve uma produtividade de 4066 kg ha⁻¹ e Francisco et al. (2007) obteve máxima produtividade de 3599 kg ha⁻¹.

Para auxiliar na discussão dos resultados dos efeitos do P residual da pastagem foram selecionados quatro faixas de adubação (POS0, POS2, P2S0 e P2S2) onde foram feitas comparações. Observou-se que na faixa sem adubação (POS0) a cultura da soja apresentou uma produtividade de 1574 kg ha⁻¹ de soja 46% mais baixa que a faixa de adubação com 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ apenas na soja (POS2) que alcançou uma produtividade de 3438 kg ha⁻¹. Estes resultados indicam que a adubação na soja foi suficiente para alcançar produtividade satisfatória, sendo que esta faixa de adubação não diferiu significativamente da faixa de adubação P2S2, com o maior nível de adubação (260 kg ha⁻¹ de P₂O₅, pastagem+soja), que obteve uma produtividade de 3902 kg ha⁻¹ de soja (Tabela 3).

O resultado mais expressivo foi obtido na faixa de adubação P2S0 onde a produtividade alcançou 3735 kg ha⁻¹ de soja, com adubação de 160 kg de P₂O₅ ha⁻¹ parcelada durante quatro anos na pastagem. Este resultado indica a capacidade da planta de soja em aproveitar os nutrientes aplicados em anos anteriores ou as quantidades disponíveis no solo como demonstrado também por Francisco et al. (2007).

A produtividade na faixa de adubação P2S0 foi semelhante a POS2. Isso demonstra que qualquer que seja o manejo da adubação fosfatada, parcelada nos quatro anos de cultivo da pastagem ou aplicada toda no primeiro ano da soja, a planta acumulou quantidades similares de P, o que sugere que a adubação antecipada na pastagem pode ser tão eficiente quanto apenas uma fertilização direta na cultura da soja. No entanto, a disponibilidade do P no solo, medida pelo extrator clássico (Resina), é menor no caso da adubação antecipada na pastagem, necessitando, nas

interpretações dos teores recomendáveis de P no solo, de se preocupar com o tipo de manejo da área.

Conclusões

1) A disponibilidade do P no solo, medida pelo extrator Resina, é menor no caso da adubação antecipada na pastagem do que no caso da adubação direta na soja; 2) O teor de P-planta e a produtividade da planta são similares, em quantidades próximas de P aplicado, independente se a adubação é antecipada na pastagem ou direta na soja. 3) Há necessidade de propor teores recomendáveis de P no solo diferenciados em função do tipo de manejo da área.

Referências bibliográficas

BROSSARD, M.; BARCELLOS, A.O. Conversion du cerrado en pâturages cultivés et fonctionnement des Ferralsols. **Cahiers Agricultures**, v.14 (1), 2005.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 1999. 372p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2º ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

FRANCISCO, E.A.B.; CÂMARA, G.M.S.; SEGATELLI, C.R. Estado nutricional e produção do capim-pé-de-galinha e da soja cultivada em sucessão em sistema antecipado de adubação. **Bragantia**, v.66, n.2, p.259-266, 2007.

GOEDERT, W.J. Management of the Cerrado soils of Brazil: a review. **Journal Soil Science**, v.34, p.405-428, 1983.

OBERSON, A.; FRIESEN, D.K.; TIESSEN, H.; MOREL, C.; STAHEL, W. Phosphorus status and cycling in native savanna and improved pastures on an acid low-P Colombian Oxisol. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.55, p.77-88, 1999.

RAIJ, B.van.; QUAGGIO, J.A. Determinação de fósforo, cálcio, magnésio e potássio extraídos com resina trocadora de íons. In: RAIJ, B.van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A., eds. **Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001. p.189-199.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**, 2ª ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.

IX SIMPÓSIO Nacional Cerrado

Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais

12 a 17 de outubro de 2008
ParlaMundi, Brasília, DF

II SIMPÓSIO Internacional Savanas Tropicais



VILELA, L.; MARTHA Jr., G.B.; BARIONI, L.G.; BARCELLOS, A.O. Adubação na recuperação e na intensificação da produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Fertilidade do solo para pastagens produtivas. Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: Fealq, 2004. p.425-472.