

Aplicação de fósforo em Latosolo Vermelho distroférico no estabelecimento das gramíneas cvs. Mombaça, Marandu, Planaltina e Kazungula¹

E. E. Mesquita*, J. C. Pinto **, M. C. J. Belarmino**, A. E. Furtini Neto[†] e I. P. A. Santos***

Introdução

Os Latossolos da microbacia hidrográfica do Alto Rio Grande podem ser álicos, distróficos e eutróficos. Os solos distróficos são profundos, de textura argilosa, fortemente ácidos, com saturação por bases (V) e por alumínio menor que 50%, e apesar de apresentarem baixa fertilidade natural, podem ser aproveitados para a agricultura com utilização racional de adubos e corretivos (Naime, 1994) e, também, para o estabelecimento de espécies forrageiras mais produtivas. Esses Latossolos assumem uma particularidade que é a necessidade de aplicação de várias vezes a quantidade exigida pela planta, pois parte do P aplicado torna-se momentaneamente indisponível às plantas, pois pode ser adsorvido e, ou, precipitado, em formas menos solúveis.

A deficiência de P nesses solos é por demais conhecida, assim a aplicação desse nutriente, prontamente solúvel, é de suma importância para o desenvolvimento radicular e perfilhamento (Hoofmann et al., 1995) os quais garantem bom estabelecimento e maior capacidade perfilhamento da forrageira, propiciando altas produções de matéria seca (MS) e de melhor valor nutritivo. Em sistemas intensivos de produção de forragem com espécies mais exigentes são necessários a identificação de doses adequadas de P e a recomendação da espécie apropriada para cada tipo de solo.

Na prática, é comum estabelecimentos de espécies forrageiras em solos com baixa disponibilidade de P, sem a devida aplicação desse nutriente culminando com baixa produção de matéria seca (MS) e baixo perfilhamento. Vários autores (Santos Jr., 2000; Pereira et al., 1997; Hoofmann et al., 1995; Corrêa e Haag, 1993; Guss et al., 1990; Fonseca et al., 1988; Meirelles et al., 1988) registraram aumentos nas densidades de perfilhos e produções de MS de *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf, *Panicum maximum* Jacq. *Brachiaria brizantha* Stapf e *Andropogon gayanus* Kunth mediante a aplicação de P. A resposta à aplicação de P normalmente distribui-se em função quadrática, atingindo-se um ponto de máximo. Assim, é possível determinar o teor crítico de P no solo, que é definido como o teor mínimo recuperado por um extrator químico suficiente para a obtenção do crescimento máximo ou 90% desse crescimento. Entretanto, teores críticos de P no solo variam de espécie para espécie e de solo para solo (Hoffmann et al., 1995; Guss et al., 1990) e até mesmo de cultivar para cultivar e, também, são obtidos de experimentos de casa de vegetação, impossibilitando a extrapolação para o campo.

Para complementar o estudo realizado em casa de vegetação, realizou-se este trabalho, cujos objetivos foram determinar os teores críticos e as doses críticas de P para obtenção de 90% da máxima produção e do máximo perfilhamento no estabelecimento de *P. maximum* cv. Mombaça, *B. brizantha* cv. Marandu, *Andropogon gayanus* cv. Planaltina e *Setaria anceps* cv. Kazungula em Latossolo Vermelho distrófico (LVd), fim de recomendar a espécie mais apropriada.

Materiais e métodos

O experimento foi conduzido em condições de campo, em área pertencente ao Departamento de

¹ Apoio MCT/CNPq
Bolsista do CNPq, Recém-Doutor, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Brasil (MG).
** Professor do Departamento de Zootecnia da UFLA, Brasil (MG). Bolsista do CNPq.
[†] Professor do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, Brasil (MG). Bolsista do CNPq.

Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, no município Lavras (MG), localizado geograficamente na microbacia hidrográfica do Alto Rio Grande. O clima da região enquadra-se no tipo Cwb da classificação de Koppen, tendo duas estações definidas: seca de abril a setembro e chuvosa de outubro a março. A precipitação anual média é de 1493 mm, com temperaturas médias de máxima e mínima de 26 e 14.6 °C, respectivamente (Vilela e Ramalho, 1979). As amostras de solo (Latosolo Vermelho distroférrico) foram retiradas na camada de 0-20 cm de profundidade e apresentaram as seguintes características físico-químicas:

pH _{água (1:2.5)}	=	5.5;
P _(Mehlich-1)	=	0.9 mg/dm ³ ;
P _{remanescente}	=	7.0 mg/dm ³ ;
K _(Mehlich-1)	=	19.0 mg/dm ³ ;
Ca _(KCl 1 mol/l)	=	2.0 cmol _c /dm ³ ;
Mg _(KCl 1 mol/l)	=	0.5 cmol _c /dm ³ ;
Al _(KCl 1 mol/l)	=	0.1 cmol _c /dm ³ ;
H + Al _(acetato de cálcio - 0.5 mol/l)	=	3.6 cmol _c /dm ³ ;
SB (soma de bases)	=	2.5 cmol _c /dm ³ ;
t (CTC efetiva)	=	2.7 cmol _c /dm ³ ;
T (CTC a pH 7)	=	6.2 cmol _c /dm ³ ;
V (saturação por bases)	=	41.5%;
matéria orgânica	=	2 dag/kg;
m (saturação por alumínio)	=	4.5%;
Textura _(Bouyoucos)	=	areia 20%, silte 28% e argila 52%.

O solo foi corrigido com calcário dolomítico para elevar a saturação por bases em 60%, em quantidades calculadas de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999).

O delineamento experimental foi blocos ao acaso em esquema fatorial (4 x 5), consistindo de cinco doses de P (0, 40, 80, 120 e 240 kg/ha de P₂O₅) sob a forma de superfosfato triplo (42% de P₂O₅; 12% de CaO), quatro espécies forrageiras (*P. maximum* Jacq. cv. Mombaça, *B. brizantha* (A. Rich) Stapf cv. Marandu; *A. gayanus* Kunth cv. Planaltina e *S. anceps* cv. Kazungula) e quatro repetições, totalizando 80 parcelas. Cada parcela, de 20 m² (5 x 4 m), foi sulcada com espaçamento de 0.40 m entre sulcos e adubadas com 60 kg/ha de K₂O, procedeu-se, em seguida, a semeadura das espécies. Decorridos 15 dias, determinou-se o P disponível extraído com os extratores Mehlich-1 (HCl 0.05 mol/l + H₂SO₄ 0.0125 mol/l, na relação 10 cm³ de terra fina seca ao Ar:100 ml extrator, 5 min de agitação e decantação por 16 h) e Resina trocadora de ânions. A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após a semeadura com 50 kg/ha de N e 60 kg/ha de K₂O. As amostras de forragem foram secas à temperatura de 65° C até peso constante em estufa com ventilação forçada, para obtenção da estimativa da produção de MS. O número

de perfilhos foi contado em um quadrado de 0.04 m², lançado aleatoriamente na área útil da parcela.

A partir as equações de regressão quadráticas entre a produção de MS da parte aérea e as doses de P aplicadas, estimou-se a dose crítica de P para obtenção de 90% da máxima produção de cada espécie. Substituindo a dose crítica de P na equação de regressão linear entre as doses de P aplicado e o P recuperado pelo extrator Mehlich-1, estimou-se o teor crítico de P no solo. Similarmente, identificou-se o teor crítico de P para obtenção de 90% do máximo perfilhamento.

Os efeitos de doses de P foram analisados ajustando-se equações de regressão e as espécies forrageiras tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey (P < 0.05).

Resultados e discussão

A aplicação de doses crescentes de P (X em kg/ha de P₂O₅) incrementaram, de forma linear, os teores de P disponível no solo (vmg/dm³ = -3.5615 + 0.199599X, R² = 0.98), extraído com Mehlich-1 (HCl 0.05 mol/l + H₂SO₄ 0.0125 mol/l). O solo apresentou teor de argila alto (52%), fato que associado a outros fatores tal como a presença elevada de óxidos de ferro e de alumínio, favoreceu a adsorção e, ou, precipitação do P aplicado.

A aplicação de P elevou de forma quadrática a produção de MS e o número de perfilhos das espécies forrageiras (Tabela 1), evidenciando a importância da aplicação P nesse solo para o estabelecimento das gramíneas estudadas.

Verifica-se (Tabela 1) um maior coeficiente angular na equação obtida para estimar a produção de MS do capim-cv. Mombaça, demonstrando maior potencial de resposta ao P.

Observa-se na Tabela 2 que a produção de MS variou entre as espécies. Na dose zero de P as produções de MS das forrageiras foram reduzidas, nessa condição, cv. mombaça e cv. Marandu foram os capins que apresentaram maior potencial de produção de MS. Isto também se confirmou com aplicação de P, porém, verifica-se que na dose mais baixa de P as diferenças foram menores, enquanto que nas doses mais altas essas diferenças se acentuaram. Na dose de 40 kg/ha de P₂O₅ o capim cv. Mombaça produziu cerca de 75% a mais do que o cv. Planaltina, e na dose de 120 kg/ha esse incremento foi de 304%. O número de perfilhos é considerado importante componente da produção das forrageiras, todavia quando este é muito elevado pode resultar na emissão

Tabela 1. Produção de matéria seca (kg/ha, v1) e número de perfilhos (no./0.0625 m², v2) como variáveis dependentes de doses de fósforo (P₂O₅ em kg/ha, X) para o estabelecimento das gramíneas em Latossolo Vermelho distrófico.

Gramíneas	Variáveis	Equações	R ²
cv. Mombaça	MS	$Y1 = 1.715.87 + 179.83X - 0.657875X^2$	0.94
	Perfilhos	$Y2 = 25.60 + 0.257746X - 0.000968X^2$	0.73
cv. Marandu	MS	$Y1 = 2.958.91 + 57.09X - 0.211373X^2$	0.92
	Perfilhos	$Y2 = 19.90 + 0.30937X - 0.001034X^2$	0.97
cv. Planaltina	MS	$Y1 = 1.344.08 + 39.17X - 0.147099X^2$	0.60
	Perfilhos	$Y2 = 17.30 + 0.31888X - 0.001110X^2$	0.98
cv. Kuzungala	MS	$Y1 = 1.891.74 + 70.84X - 0.28372X^2$	0.72
	Perfilhos	$Y2 = 28.05 + 0.2440X - 0.000942X^2$	0.57

Tabela 2. Produção de matéria seca da parte aérea, número de perfilhos (NP) e altura de perfilhos das gramíneas nas diferentes doses de fósforo.

Gramínea	P ₂ O ₅ (kg/ha)				
	0	40	80	120	240
	MS (kg/ha)				
cv. Mombaça	1790 ab	6982 a	13745 a	12,662 a	7092 a
cv. Marandu	2865 a	4805 bc	6845 b	6225 b	4550 b
cv. Planaltina	607 b	3970 c	3615 c	3137 d	2425 c
cv. Kuzungala	875 b	5882 ab	6290 b	4925 c	2790 c
	NP (perfilhos, no./0.04 m ²)				
cv. Mombaça	23.0 a	37.2 b	44.5 a	37.0 a	32.5 a
cv. Marandu	18.7 a	33.0 b	37.2 b	41.5 a	34.7 a
cv. Planaltina	18.2 a	26.2 c	36.5 b	40.0 a	29.7 a
cv. Kuzungala	22.2 a	47.5 a	39.7 ab	39.2 a	33.5 a
	AP (cm)				
cv. Mombaça	52.5 ab	102.5 a	165.0 a	133.7 a	138.0 a
cv. Marandu	31.2 c	63.0 b	124.5 b	126.7 a	128.7 ab
cv. Planaltina	38.7 bc	96.2 a	111.2 b	83.7 b	80.0 c
cv. Kuzungala	58.2 a	105.0 a	124.2 b	118.0 a	117.5 b

* Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0.05). DMS = 1219.8.

de perfilhos menos vigorosos e, certamente, mais leves (Humphreys e Rivero, 1986). Entre as gramíneas, houve pouca variação no número de perfilhos, provavelmente, o aumento na produção de MS nas doses acima de 40 kg/ha de P₂O₅ decorreram da emissão de perfilhos mais vigorosos, especialmente na gramínea cv. Mombaça a qual apresentou maior altura de perfilhos (Tabela 2).

A maior dose crítica de P para produção de 90% da máxima produção de MS foi obtida para o cv.

Mombaça (Tabela 3). A diferença entre as DCMS desta gramínea para o cv. Marandu é de 13 kg/ha de P₂O₅, porém a diferença entre produções de MS representa 105% de acréscimo. As maiores doses críticas de P para se atingirem 90% do máximo perfilhamento foram obtidas para o cv. Marandu e cv. Planaltina (Tabela 3), entretanto, nessas condições, as diferenças entre número de perfilhos foram pequenas.

Tabela 3. Doses críticas de P para a produção de matéria seca (DCMS) e para o perfilhamento (DCPERF); teores críticos de P no solo para a produção de matéria seca (TCMS) e para o perfilhamento (TCPERF); e produção de matéria seca (MS) e número de perfilhos (NPERF), correspondentes a 90% da produção de MS e número de perfilhos máximos para o estabelecimento das gramíneas em Latossolo Vermelho distrófico.

Gramíneas	DCMS	DCPERF	TCMS (kg/ha de P ₂ O ₅)	TCPERF (mg/dm ³ de P)	MS (kg/ha)	NPERF (no./0.04 m ²)
cv. Mombaça	91	63	15	9	12.604	38
cv. Marandu	78	87	12	14	6.136	39
cv. Planaltina	81	82	12	13	3.558	36
cv. Kazungula	77	58	11	8	5.682	39

Os teores críticos de P no solo, de maneira geral, diferem daqueles encontrados na literatura para *B. brizantha*, (Corrêa e Haag, 1993; Guss et al., 1990), *Panicum maximum* (Hoffmann et al., 1995; Corrêa e Haag, 1993) e *A. gayanus* (Fonseca et al., 1988). Diferenças entre valores são decorrentes da adubação com outros nutrientes, idade da planta, época de cultivo, época de amostragem etc. (Hoffmann et al., 1995). O capim-cv. Mombaça exigiu maior teor crítico de P no solo (15 mg/dm³) e o capim-setária o menor teor crítico (11 mg/dm³) para obtenção de 90% do máximo perfilhamento. Essa diferença (4 mg/dm³), aparentemente pequena, equivale a aplicação de 14 kg/ha de P₂O₅, ou seja, cerca de 30 kg/ha de superfosfato triplo. Teores críticos de P, no Latossolo Vermelho-Escuro (LVd), textura argilosa, foram comparados com teores em Latossolo Vermelho-amarelo (LVAd), textura média e Neossolo Quartzarênico (NQ), textura arenosa, em estudo em casa de vegetação (Mesquita et al., 2002). No LVd os teores foram bem menores do que os teores encontrados nos demais solos, porém as doses críticas aplicadas para obtenção desses teores são mais elevadas, evidenciando a grande capacidade de adsorção do P nesse solo, pois o teor de argila

Tabela 4. Eficiência de uso do P (Kg/ha de MS produzida/g de P aplicado) na menor dose e na dose crítica de P₂O₅.

Gramíneas	Níveis do fator	
	Menor dose (40 kg/ha de P ₂ O ₅)	Dose crítica (kg/ha de P ₂ O ₅)
cv. Mombaça	0.45 (7.856)*	0.72 (12.604)
cv. Marandu	0.28 (4.904)	0.35 (6.136)
cv. Planaltina	0.15 (2.675)	0.20 (3.558)
cv. Kazungula	0.24 (4.271)	0.33 (5.682)

* Valores entre parêntesis representam as produções de MS estimadas pelas equações de regressão nas respectivas doses de P₂O₅.

correlaciona diretamente com o teor de óxidos e hidróxidos de ferro e de alumínio, responsáveis pela fixação do P (Rao et al., 1996). De acordo com Novais e Smyth (1999) os extratores ácidos (Mehlich-1), quando utilizados na extração do P disponível, são passíveis de desgaste em solos argilosos resultando em menores teores críticos do que em solos arenosos.

Como a resposta às doses de P ajustou-se à função quadrática, com um ponto de máximo, optou-se por comparar a eficiência de uso do P (EUP) na menor dose de P₂O₅ (40 kg/ha) e na dose crítica de P₂O₅ (Tabela 4). Observa-se que, o capim cv. Mombaça apresentou a maior eficiência de uso e o cv. Planaltina a menor. Para todas as espécies, a EUP foi maior na dose crítica do que na menor dose aplicada. Houve maior acréscimo na EUP pelo capim-cv. Mombaça da dose. Isto demonstra que esta gramínea, embora, reconhecidamente mais exigente em P do que as demais espécies, é mais eficiente no uso do P no primeiro corte após o estabelecimento. Provavelmente, nos cortes subsequentes com o sistema radicular mais desenvolvido, ocorrerão menores diferenças entre as espécies na eficiência de uso do P. Guss et al (1990) não constaram diferenças entre as espécies *B. decumbens* e *B. brizantha* quanto à absorção e uso do P, associado a 90% da produção máxima. Entretanto, Corrêa e Haag (1993) verificaram, apenas no primeiro corte, uma superioridade do *P. maximum* quanto à eficiência de absorção e de uso do P em relação a *B. brizantha* e a *B. decumbens*. No segundo corte, a eficiência de absorção foi praticamente igual para as três espécies e quanto à eficiência de uso de P, a *B. decumbens* foi mais eficiente.

Conclusões

- Houve diferenças entre as espécies quanto à exigência em P. A aplicação de P favorece o estabelecimento do capim cv. Mombaça e propicia altas produções de MS.

- No ano de estabelecimento, o capim cv. Planaltina e o capim-setária respondem à aplicação de P, porém a produção de MS é baixa.
- Na ausência de aplicação de P as forrageiras estudadas perfilham pouco e a produção de MS é limitada.
- Em Latossolos argilosos, em sistemas mais intensivos de produção de forragem, com aplicação de P e demais nutrientes, recomenda-se o estabelecimento do capim cv. Mombaça e do capim cv. Marandu.

Resumen

En casa de vegetación en el Departamento de Zootecnia de la Universidad Federal de Lavras, MG, Brasil, en un Latosolo distrófico rojo se evaluó el efecto de diferentes dosis de P (0, 40, 80, 120 y 240 kg/ha de P_2O_5) en la producción de MS de la parte aérea (MSPA), en el macollamiento y en la altura de macollas de las gramíneas cv. Mombaça (*Panicum maximum*), cv. Marandu (*Brachiaria brizantha*), cv. Planaltina (*Andropogon gayanus*) y cv. Kazungula (*Setaria anceps*) con el objeto de identificar los contenidos y las dosis críticas de P para obtener el 90% de la producción máxima de MS y del crecimiento de estos cultivares. Se utilizó un diseño de bloques al azar en factorial (5 x 4) con cuatro repeticiones. Las dosis crecientes de P elevaron de manera lineal los contenidos de $P_{Mehlich-1}$ disponible en el suelo. La producción de MSPA, el número y la altura de las macollas aumentaron de forma cuadrática en función de las dosis crecientes de P. Los contenidos críticos de P (mg/dm³, entre paréntesis) para alcanzar el 90% de la máxima producción de MSPA fueron: cv. Mombaça (15), cv. Marandu (12), cv. Planaltina (12) e cv. Kazungula (11), correspondiendo a las dosis críticas de 91, 78, 81 y 77 kg/ha de P_2O_5 , respectivamente. Mombaça fue el cultivar más eficiente en el uso de P y el de mayor producción de MSPA.

Summary

The effect of different rates of P (0, 40, 80, 120, and 240 kg/ha of P_2O_5) on shoot DM production, tillering, and height of tillers of the grasses *Panicum maximum* cv. Mombaça, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Andropogon gayanus* cv. Planaltina, and *Setaria anceps* cv. Kazungula was studied under greenhouse conditions at the Department of Zootechnics of the Universidade Federal de Lavras in Minas Gerais, Brazil. The experiment aimed to identify critical P

contents and application rates to obtain 90% maximum DM production and growth of these cultivars. A randomized block design was used in a 5 x 4 factorial with four replicates. Increasing P rates linearly increased the contents of available $P_{Mehlich-1}$ in the soil, a dystrophic red Latosol. Shoot DM production and the number and height of tillers increased quadratically in relation to increasing application rates of P. Critical P contents to reach 90% maximum shoot DM production were 15 mg/dm³ for cv. Mombaça, 12 mg/dm³ for cv. Marandu, 12 mg/dm³ for cv. Planaltina, and 11 mg/dm³ for cv. Kazungula, corresponding to critical application rates of 91, 78, 81, and 77 kg/ha of P_2O_5 , respectively. Mombaça was the cultivar that most efficiently used P and presented the highest shoot DM production.

Referências

- Corrêa, L. A. e Haag, H. P. 1993. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em Latosolo Vermelho-Amarelo álico: Ensaio em casa de vegetação. *Scientia Agrícola*: 50(1):99-108.
- Fonseca, D. M.; Alvarez V. H.; Neves, J. C.; Gomide, J. A.; Novais, R. F.; e Barros, N. F. 1988. Níveis críticos de fósforo em amostras de solos para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*. *Rev. Bras. Ci. Solo* 12:49-58.
- Guss, A.; Gomide, J. A.; e Novais, R. F. 1990. Exigência de fósforo para o estabelecimento de quatro espécies de *Brachiaria* em solos com características físico-químicas distintas. *Rev. Soc. Bras. Zootec.* 19(4):278-289.
- Hoffmann, J. A.; Faquim, V.; Guedes, G. A. e Evangelista, A. R. 1995. O nitrogênio e o fósforo no crescimento da braquiária e do colônio em amostras de um Latosolo da região do noroeste do Paraná. *Rev. Bras. Ci. Solo* 19(1):233-243.
- Humphreys, L. R. e Riveros, F. 1986. Tropical pasture seed production. 3. ed. Roma. FAO, FAO plant production and protection paper no. 8. 203P.
- Meirelles, N. M. F.; Werner, J. C.; Abramides, P. L. et al., 1988. Nível crítico de fósforo em capim-colônio cultivado em dois tipos de solo: Latosolo Vermelho-Escuro e Podzólico Vermelho-Amarelo. *Bol. Ind. Anim.* 45(1):215-232.
- Mesquita, E. E.; Cardoso, J. A.; Furtini Neto, A. E.; Belarmino, M. C. J.; e Santos, I. P. A. 2002. Teores críticos de fósforo no solo para o estabelecimento de capim-Mombaça e capim-Marandu. En: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39, 2002, Recife. Anais. SBZ. CD-ROM.
- Naime, J. U. 1994. Solos da área mineira do polígono das secas. *Rev. Inf. Agropec.* 17(181):10-15.

Novais, R. F. e Smyth, T. J. 1999. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 399 p.

Pereira, L. A.; Cecato, U.; Machado, A. O. et al., 1997. Influência da adubação nitrogenada e fosfatada sobre a produção e rebrota do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu). En: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 34, 1997, Juiz de Fora. Anais. SBZ. p. 151-153.

Santos Jr., J. D.; Kanno, T.; Macedo, M. C. et al. 2000. Efeito de doses de nitrogênio e fósforo na produção de madeira seca e no crescimento de *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum*. En: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 37, 2000, Viçosa. Anais. SBZ. p. 85.

Rao, I. M.; Borrero, V.; e Ricaurte, J. 1996. Adaptive attributes of tropical forage species to acid soils 2. Differences in shoot and root growth responses to varying phosphorus supply and soil type. J. Plant Nutrition 19(2):323-352.

Vilela, E. A. e Ramalho, M. A. 1979. Análise das temperaturas e precipitações pluviométricas de Lavras, Minas Gerais. Ciência e Prática 3(1):71-79.