



Concentrações foliares de macronutrientes e características químicas do solo em resposta a níveis de saturação por bases e doses de fósforo, no estabelecimento, e de nitrogênio na fase de manutenção de *Panicum maximum* cv. Massai (capim-massai)¹

Edimilson Volpe², Manuel Cláudio Motta Macedo³, Marlene Estevão Marchetti⁴, Beatriz Lempp⁴

¹Parte da tese de doutorado do primeiro autor, com auxílio financeiro da Fundect-MS

²Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural de Mato Grosso do Sul. e-mail: edvolpe@terra.com.br

³Embrapa Gado de Corte. e-mail: macedo@cnpqc.embrapa.gov.br

⁴Departamento de Ciências Agrárias – DCA – UFGD/Dourados. e-mail: emarche@ufgd.edu.br;

⁴Departamento de Ciências Agrárias – DCA – UFGD/Dourados. e-mail: blempp@ufgd.edu.br

Resumo: Foram avaliadas características químicas do solo e concentração de macronutrientes foliares em *Panicum maximum* cv. Massai na fase de manutenção, durante dez meses, em Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado. Os tratamentos utilizados foram: calagem para alcançar saturação por bases (V) no solo de 20%, 40%, 60% e 80% e adubação com 0, 80, 160 e 240 kg/ha de P₂O₅ no estabelecimento da gramínea; 0, 100, 200 e 300 kg/ha de nitrogênio (N) na manutenção, em três aplicações de cobertura. O delineamento foi em blocos casualizados no esquema fatorial fracionário (1/2)⁴³. O pH e a V no solo aumentaram com a calagem em proporção menor que o esperado; o alumínio trocável (Al) foi satisfatoriamente corrigido a partir de 40% da V calculada, ocorrendo o mesmo com cálcio (Ca) e magnésio (Mg). O P atingiu o teor máximo estimado de 4,89 g/dm³ no solo (Mehlich-1), na maior dose de P₂O₅. As concentrações foliares de macronutrientes de amostragem no início do verão permitiram verificar que os fatores aplicados foram significativos na concentração de N, com ênfase à adubação nitrogenada, enquanto o P-foliar aumentou com aplicação de P₂O₅ e diminuiu com a adubação com N. O Ca e o Mg foliares aumentaram com a calagem e o enxofre (S) foi significativamente influenciado por todos os fatores aplicados, mantendo-se acima do nível crítico. Nas concentrações foliares de N houve interações significativas entre todos os fatores aplicados e, para o S, houve interação entre N e P₂O₅.

Palavras-chave: folhas diagnósticas, nível crítico, estação de crescimento, nutrientes minerais

Plant nutrition by leaf analysis of macronutrients and soil fertility changes in pasture maintenance of *Panicum maximum* cv. Massai (massaigrass) according to soil base saturation, rates of phosphorus and nitrogen

Abstract: An experiment was carried out to study soil fertility changes and plant nutrition by leaf analysis in *Panicum maximum* cv Massai during the maintenance phase, for ten months period, in a Oxisol of Brazilian Cerrado. It was tested residuals effects of four phosphorus (P) rates: 0, 80 160 and 240 kg/ha of P₂O₅ and four levels of soil base saturation (V) (20, 40, 60 and 80%), applied in the establishment of the grass. During the maintenance phase it was applied four rates of nitrogen (N): 0, 100, 200 and 300 kg/ha, splitted in three times. The experimental design was a randomized block design in a fractionated factorial type of (1/2)⁴³. Changes in soil chemical characteristics: pH, aluminium, V, P, calcium (Ca) and magnesium (Mg) showed reduction in soil acidity and increasing in soil fertility in accord with increment of V and P. The P soil availability in Mehlich-1 presented medium values, even in the highest rate of phosphorus. The actual V did not reached the target V with the liming rates. Analysis of diagnostic leaves resulted that all studied nutrients (N, P, Ca, Mg, and sulphur) responded significantly to the treatments. The limiting nutrients were P and N, which were deficient in many treatments. The interaction among the applied factors was significantly in N leaf concentration. For sulphur (S) in the leaf it was observed interaction among N and P, staying the S values above the critical level.

Keywords: diagnostic leaves, critical level, seasonal of growth, nutrient mineral

Introdução

A gramíneas forrageiras cultivadas no Cerrado, geralmente, ocupam solos ácidos de baixa fertilidade e apresentam sérios problemas de sustentabilidade, dentre os quais destaca-se o processo de degradação, devido, dentre outros fatores, ao baixo uso de fertilizantes e corretivos. Desta forma, estudos para a correção da acidez e adubação do solo para aumentar a produtividade e a longevidade da pastagem são de fundamental importância. A análise química de tecidos foliares das plantas é importante para um adequado monitoramento da nutrição mineral da forrageira (Monteiro, 2005). Esse autor considera bem

estabelecido o uso das folhas diagnósticas (lâminas das duas folhas recém-expandidas do ápice para a base, com lígula visível) para a avaliação do estado nutricional de gramíneas forrageiras.

O *Panicum maximum* cv. Massai (capim-massai) apresenta características agronômicas relevantes para utilização nos sistemas de produção da região (Euclides et al., 2008), possibilitando a diversificação das gramíneas forrageiras cultivadas e contribuindo para a renovação de pastagens degradadas. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar características químicas do solo e das folhas diagnósticas das plantas, em pastagem estabelecida de capim-massai com diferentes níveis de calagem e doses de fósforo, aplicando diferentes doses de N em período de manutenção de aproximadamente 10 meses.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em Latossolo Vermelho distrófico de classe textural argila-arenosa, de baixa fertilidade, em Campo Grande, MS (530 m de altitude; 20° 27' S; 54° 37' W), sob clima tropical chuvoso de Cerrado, com déficit hídrico no período de outono-inverno, temperatura média de 23° C e precipitação média anual de 1.560 mm. Foram testados três fatores: saturação por bases (V), fósforo (P) e nitrogênio (N), em quatro níveis de V e quatro doses de P e N. Para alcançar os diferentes níveis de V (20, 40, 60 e 80%) foi realizada calagem na fase de estabelecimento da pastagem, utilizando calcário dolomítico (PRNT 80%) três meses antes da sementeira, incorporado ao solo (20 cm). As doses de P utilizadas (0, 80, 160 e 240 kg/ha de P₂O₅) foram aplicadas na fase de estabelecimento, utilizando superfosfato triplo na sementeira, com incorporação a 20 cm. Na fase de manutenção, iniciada sete meses após a sementeira, foram aplicadas as seguintes doses de N (uréia): 0, 100, 200 e 300 kg/ha, divididas em três aplicações. O delineamento experimental foi em blocos casualizados no esquema fatorial fracionário (1/2)⁴ (Andrade & Noletto, 1986). Foram utilizadas duas repetições e parcelas de 4 x 6 m. O início do crescimento, após o final do estabelecimento, ocorreu em 2/08/2004. A primeira aplicação de N foi realizada em 16 de outubro de 2004, e a segunda e terceira após as amostragens e uniformização da área experimental. As folhas diagnósticas foram amostradas antes da cada corte (13/12/2005; 23/02/2005 e 07/06/2002), retirando-se aproximadamente 100 lâminas de cada parcela, que após secas e moídas foram destinadas à análise de macronutrientes. Após o terceiro corte foi realizada amostragem do solo (0-20 cm), em cada parcela, para a realização de análise química. Os dados foram analisados por meio de análises de variância e regressão; ajustou-se funções de resposta, pelas médias, do tipo: $Y = b_0 + b_1V + b_2V^2 + b_3P + b_4P^2 + b_5N + b_6N^2 + b_7VP + b_8VN + b_9PN$, adotando-se somente os coeficientes significativos pelo teste t. As doses e combinações dos nutrientes estimadas nos pontos críticos das variáveis estudadas foram obtidas por cálculo diferencial: $\partial Y / \partial V = 0$, $\partial Y / \partial P = 0$ e $\partial Y / \partial N = 0$.

Resultados e Discussão

Com os resultados das análises do solo foram ajustadas equações de regressão para o pH, a saturação por bases (V) e os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al) e P (Mehlich-1) no solo (Tabela 1). Verificou-se que a V pretendida com a calagem (V calculada) para os diversos níveis não foi atingida. Essa dificuldade está relacionada, principalmente, à reação mais lenta dos carbonatos com o aumento do pH do solo. Não obstante, os teores de Ca e Mg estimados no solo (Tabela 1) apresentaram-se acima do nível crítico (NC) a partir de níveis de V calculada de 40% (Van Raij, 1996). Em todos os casos os pontos de máximo/mínimo não foram encontrados no intervalo estudado. Pelos valores estimados para indicadores da acidez do solo, esta não se mostrou pronunciada. Os teores de P estimados pela equação de regressão correspondente (Tabela 1), permitem verificar que, além do P, a adubação com N foi significativa (P<0,01), diminuindo o teor de P no solo, provavelmente por sua maior retirada por meio da maior produção de forragem com as maiores doses de N. O valor máximo estimado de P no solo pela regressão (4,89 mg/dm³) ocorreu na dose zero de N e 240 kg/ha de P₂O₅ e trata-se de um teor médio para o tipo de solo e forrageira em estudo (Souza et al., 2007). Este teor foi menor que o esperado.

Os dados de concentrações de macronutrientes na folhas diagnósticas referem-se ao primeiro corte, por ser a época mais favorável ao crescimento. No caso do N, verifica-se que sua concentração respondeu ao P, à V e ao N, com valor máximo estimado de 21,12 g/kg nas maiores doses de N e P e no maior nível de V, enquanto a menor concentração estimada ocorreu no menor nível de V, dose zero de N e dose máxima de P, e seu valor foi de 9,00 g/kg (Tabela 2). Trata-se de um valor que indica deficiência de N em outros cultivares de *P. maximum* (Monteiro, 2005). No caso de P, a equação ajustada (Tabela 2) permite estimar que a concentração máxima foi de 1,15 g/kg (máximos valores de P e V) e a mínima foi de 0,76 g/kg (V calculada = 20% e dose zero de P). Para o P o NC em *P. maximum* parece variar de 1,13 a 1,36 g/kg (Monteiro, 2005). Ocorreu deficiência de N e P em larga faixa dos níveis dos fatores aplicados. Para ambos os nutrientes a idade de rebrote das plantas, que foi avançada nesse caso, deve ser levada em consideração, pois as concentrações de N e P podem diminuir com o aumento da idade dos tecidos pela diluição que ocorre com o aumento do acúmulo de massa seca.

Tabela 1 – Equações ajustadas para características químicas do solo em resposta a quatro níveis de V (x%) e quatro doses de P₂O₅ (z) no estabelecimento e quatro doses de N (w) em manutenção de capim-massai. Variáveis x e z em kg/ha

Variável \hat{y}	Equações de regressão ajustadas	R ²
pH	$\hat{y} = 3,834 + 0,029^{**}x - 0,0001078^{\circ}x^2$	0,9984
Saturação por bases (%)	$\hat{y} = -9,306 + 1,496^{**}x - 0,007917^{**}x^2$	0,9996
Teor de cálcio (mmol _c /dm ³)	$\hat{y} = -0,1847 + 0,3216^{**}x$	0,9870
Teor de magnésio (mmol _c /dm ³)	$\hat{y} = -1,438 + 0,2583^{**}x$	0,9938
Teor de Alumínio (mmol _c /dm ³)	$\log(\hat{y}) = 2,358 - 2,049^{**}\log(x)$	0,9966
Teor de fósforo (mg/dm ³)	$\hat{y} = 2,322 + 0,01070^{**}z - 0,002615^{**}w$	0,8954

^o (P<0,10); ^{**} (P<0,01), pelo teste t.

Tabela 2 – Equações ajustadas para as concentrações de macronutrientes nas folhas diagnósticas em resposta a quatro níveis de V calculada (x%), quatro doses de P₂O₅ (z) no estabelecimento e quatro doses de N (w) em manutenção de capim-massai. Variáveis x e z em kg/ha

\hat{y}	Equações de regressão ajustadas	R ²
g/kg		
N	$\hat{y} = 11,84 + 0,07155^{**}x - 0,0179^{**}z + 0,02299^{\circ}w - 0,0001822^{\circ}xw + 0,00007415^{**}zw$	0,8832
S	$\hat{y} = 1,25 + 0,003433^{**}x - 0,001016^{**}z + 0,0006177^{\circ}w + 0,0000044^{\circ}zw$	0,8132
P	$\hat{y} = 0,713 + 0,002484^{**}x + 0,001705^{**}z - 0,00000292^{\circ}z^2$	0,9169
Ca	$\hat{y} = 3,316 + 0,05517^{**}x - 0,0003943^{\circ}x^2$	0,9225
Mg	$\hat{y} = 1,186 + 0,02679^{**}x$	0,9762

^o (P<0,10); ^{*} (P<0,05); ^{**} (P<0,01), pelo teste t.

As concentrações foliares de Ca e Mg estimadas pelas equações de regressão (Tabela 2) não sugerem deficiência destes minerais nas plantas, levando em consideração as recomendações de Werner et al. (1996). Quanto ao enxofre (S), as concentrações estimadas pela regressão podem ser consideradas satisfatórias, já que o mínimo, de 1,08 g/kg, situou-se acima do NC (Werner et al., 1996).

Conclusões

A calagem não corrigiu o nível de saturação por bases do solo para os níveis esperados. O mesmo ocorreu com a adubação fosfatada em relação ao teor de fósforo no solo.

As concentrações dos macronutrientes nas folhas diagnósticas aparentam ser indicadores eficazes do estado nutricional do capim-massai, sendo necessários estudos para determinação dos níveis críticos.

Literatura citada

- ANDRADE, D.F.; NOLETO, A.Q. Exemplos de fatoriais fracionados (1/2)⁴ e (1/4)⁴ para o ajuste de modelos polinomiais quadráticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, n.6, p.677-680, 1986.
- EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H. et al. Avaliação dos capins mombaça e massai sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 1, p.79-86, 2008.
- MONTEIRO, F.A. Amostragem de solo e de planta para fins de análises químicas: método de interpretação de resultados. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS: Teoria e prática da produção animal em pastagens, 22, 2005. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005, p. 151-180.
- SOUZA, D.M.G.; MARTHA JR., G.B.; VILELA, L. Adubação fosfatada. In: MARTHA JR., G.B.; VILELA, L.; SOUZA, D.M.G. **Cerrado: Uso Eficiente de Corretivos e Fertilizantes em Pastagens**. Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 145-177. 2007.
- Van RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996, 285p. (Boletim Técnico, 100).
- WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.J.A.; CANTARELLA, H. et al. Forrageiras. In: Van RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. et al. **Recomendações de adubação e de calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996, p.263-273 (Boletim Técnico, 100).