

## RELAÇÕES DA PRODUÇÃO DE MASSA VERDE DE *Brachiaria brizantha* COM OS ÍNDICES DE DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES EM SOLOS SOB O SISTEMA BARREIRÃO DE MANEJO<sup>1</sup>

Huberto José Kliemann<sup>2</sup>, Roberto Toledo de Magalhães<sup>3</sup>,  
Itamar Pereira de Oliveira<sup>4</sup> e Milton Ferreira de Moraes<sup>5</sup>

### ABSTRACT

RELATIONS OF *Brachiaria brizantha* TO GREEN MATTER YIELD AND NUTRIENT AVAILABILITY INDICES IN SOILS MANAGED UNDER THE "BARREIRÃO" SYSTEM

Relations of green matter yield to nutrient availability in a dystrophic Oxisol (Goiás, Brazil) were assessed in a pasture area derived from an original savannah opening. Pasture was established by applying 1.5 t ha<sup>-1</sup> of calcitic lime and direct sowing of *Brachiaria decumbens*. After ten years, this pasture was replanted using the Barreirão system. In a single operation, rice and *Brachiaria brizantha* were sown together and fertilizers were applied at depths of 3-5 cm and 8-10 cm, respectively. Areas where the system had been ineffect for one to six years were monitored, using a native forest area and another with 17-year old traditional pasture as reference. The data obtained allow to conclude the following: i) a critical level of 19.5g OM kg<sup>-1</sup> of soil was estimated by relating green matter yield to organic matter contents in the soils, but this is not a reliable index for available nitrogen, because of the dynamic character of soil organic matter; ii) critical levels for nutrients in soils were determined for: exchangeable calcium + magnesium – 4.5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; exchangeable potassium – 123 mg dm<sup>-3</sup>; available zinc – 1.7 mg dm<sup>-3</sup>; available copper – 2.2 mg dm<sup>-3</sup>; iii) no critical level for available phosphorus has been established, because the applied rates were insufficient to sustain productivity through the years.

KEY WORDS: Cerrado, macronutrient, micronutrient, tropical pastures.

### RESUMO

Avaliaram-se as relações da produção de massa verde com a disponibilidade dos nutrientes em um latossolo vermelho-escuro, distrófico, fase Cerrado, textura média, em áreas de pastagem provenientes da abertura do cerrado original. Formou-se o pasto, aplicando-se 1,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário calcítico e semeadura direta com *Brachiaria decumbens*. Após dez anos de uso, renovou-se a pastagem através do Sistema Barreirão, corrigindo-a com 2,0 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico. Em uma única operação, semearam-se o arroz e a *Brachiaria brizantha* mais a adubação nas profundidades de 3 a 5 cm e de 8 a 10 cm, respectivamente. Monitoraram-se áreas com um a seis anos de implantação do sistema, tendo como referências uma área de mata nativa e outra de dezessete anos de pastejo tradicional. Os dados obtidos levam a concluir: i) a relação entre produção de massa verde e teores de matéria orgânica no solo fornece um nível crítico de 19,5 g MO kg<sup>-1</sup> de solo, que não pode ser interpretado como indicador confiável de nitrogênio disponível por causa do caráter dinâmico da matéria orgânica no solo; ii) as relações entre produção de massa verde e teores de nutrientes nos solos permitem estabelecer níveis críticos para: cálcio + magnésio trocáveis – 4,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de solo, potássio trocável – 123 mg dm<sup>-3</sup>, zinco disponível – 1,7 mg Zn dm<sup>-3</sup> e cobre disponível – 2,2 mg Cu dm<sup>-3</sup>; iii) não foi possível determinar o nível crítico de fósforo disponível pelo extrator Mehlich-1, porque a dose de fosfato aplicada foi insuficiente para sustentar a produtividade do sistema ao longo dos anos.

PALAVRAS-CHAVE: Cerrado, macronutriente, micronutriente, pastagens tropicais.

### INTRODUÇÃO

Os solos sob vegetação de cerrado no Brasil ocupam uma área de cerca de 180 milhões de hectares, estendendo-se pela região Centro-Oeste, por parte do Sudeste, pelo Norte e Nordeste (Goedert 1989). São naturalmente de baixa fertilidade, ácidos

e com matéria orgânica de baixa atividade; em contrapartida, são profundos e possuem alta estabilidade de agregados. Em nível de manejo primitivo, a capacidade produtiva desses solos é reduzida; porém, o seu potencial é elevado desde que sejam corrigidas as limitações nutricionais.

1. Trabalho recebido em fev./2002 e aceito para publicação em set./2003 (registro nº 480).

2. Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, C. P. 131, CEP 74001-970, Goiânia, GO.

3. Departamento de Zootecnia, Universidade Católica de Goiás, Goiânia, GO.

4. Embrapa Arroz e Feijão. C. P. 179. CEP 75.375-000, Santo Antônio de Goiás, GO.

5. Instituto Agrônomo de Campinas (pós-graduação em Agricultura Tropical e Subtropical). Campinas, SP.

A partir de 1986, com a introdução e adaptação de algumas técnicas já utilizadas pelos fazendeiros goianos, foi iniciada a recuperação de pastagens degradadas na Fazenda Barreirão, em Piracanjuba, Estado de Goiás. O conjunto das técnicas empregadas no processo de recuperação foi denominado Sistema Barreirão, um sistema implementado pelo Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (Embrapa Arroz e Feijão), em Goiânia, GO (Portes *et al.* 1993). A viabilidade técnica e econômica do sistema foi avaliada em diversos experimentos (Kluthcouski *et al.* 1991, Yokoyama *et al.* 1992, Portes *et al.* 1993).

Do ponto de vista pedogenético e químico, os solos de cerrado são altamente intemperizados, isto é, passaram por processos geologicamente longos – cerca de 100 milhões de anos – em que houve lixiviação de bases e eliminação de sílica. O material residual corresponde, na fração argila, a óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, e ainda argila, como a caulinita (Lopes 1977, Curi 1983). Por esse motivo os solos de cerrado são ácidos e pobres em cátions básicos trocáveis. Dados de Lopes (1977) mostram que os teores de cálcio apresentam amplitude de variação entre 0,04 e 6,8 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, com cerca de 96% dos solos abaixo de 1,5 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, e 74% abaixo de 0,4 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>. Por outro lado, a alta saturação por alumínio é sinônimo da baixa saturação por bases. A deficiência de cálcio e magnésio, muitas vezes associada ao excesso relativo de alumínio nas camadas subsuperficiais do solo, reduz o desenvolvimento do sistema radicular, tornando as plantas mais suscetíveis à seca (veranicos).

Os teores de matéria orgânica na maioria dos solos de cerrado situam-se entre 2% e 3% (Lopes 1977), o que resulta em baixos conteúdos de nitrogênio, enxofre e boro potencialmente mineralizáveis. Silva *et al.* (1994) verificaram que o cultivo continuado de soja por cinco anos, na região dos cerrados do centro da Bahia, para os solos classificados como AQd, LVm e LVa, mostrou significativo decréscimo da matéria orgânica, com estimativas de perda do estoque inicial iguais a 80%, 76% e 41%, respectivamente. Concomitantemente, houve uma redução da CTC a pH 7,0, na camada de 0-15 cm, de 2,38, 20,9 e 1,52 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>. As deficiências efetivas de micronutrientes em solos de cerrado, aparentemente, restringem-se ao zinco e ao boro (Malavolta & Kliemann 1985).

O objetivo do trabalho foi determinar os níveis críticos de nutrientes (nitrogênio da matéria orgânica, cálcio, magnésio, potássio, fósforo, zinco, cobre, manganês e ferro) disponíveis no solo e que

maximizam a produção de massa verde de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, nas condições do Sistema Barreirão durante seis anos. Tomaram-se como referência uma pastagem manejada pelo sistema tradicional com dezessete anos de pastejo e uma área de cerrado nativo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido nas áreas de implantação do Sistema Barreirão (Kluthcouski *et al.* 1991, Portes *et al.* 1993), na Fazenda Barreirão, município de Piracanjuba, Estado de Goiás. O solo foi descrito e coletado segundo a metodologia de Lemos & Santos (1996), sendo classificado como latossolo vermelho-escuro, distrófico, fase Cerrado, textura franco-argilo-arenosa. O clima local é do tipo Aw, segundo Köppen, quente e úmido, com uma longa estação seca e precipitações pluviárias anuais da ordem de 1.600 mm.

As análises físicas e químicas de rotina das amostras de solo foram determinadas por metodologia da Embrapa (1997). As análises químicas da massa seca (30% da massa verde) de *Brachiaria brizantha* foram feitas pela metodologia de Malavolta *et al.* (1989).

A área destinada à implantação do experimento é proveniente da abertura direta do cerrado original. Após o desmatamento, foram aplicadas 1,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário calcítico e realizada a semeadura direta de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk. Após dez anos de uso, foi implantado o Sistema Barreirão nas pastagens degradadas. O preparo do solo foi feito com uma gradagem sobre a pastagem, seguida da aplicação de 2 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico, de aração profunda com arado de aiveca (profundidade de 35 a 40 cm) e de gradagem de nivelamento. A semeadura do arroz e da forrageira, bem como a adubação, foi executada em uma única operação: 7 kg ha<sup>-1</sup> de *B. brizantha*, semeados juntamente com o adubo à profundidade de 8 a 10 cm, e 70 kg ha<sup>-1</sup> de arroz à profundidade de 3 a 5 cm, no espaçamento de 45 cm. A adubação foi feita com 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 5-30-15, 30 kg ha<sup>-1</sup> de FTE Br12 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de zinco.

Os tratamentos consistiram nos diferentes números de anos de utilização das áreas, desde a reforma pelo Sistema Barreirão, mais duas testemunhas, uma do perfil pedológico não perturbado (área nativa de cerrado) e a outra do sistema tradicional de manejo de pastagens (dezessete anos). Para a determinação das análises químicas e físicas

do solo, as amostragens de foram feitas, em três repetições, na meia-encosta das áreas, nas profundidades de 0 a 20 cm, 20 a 40 cm e 40 a 60cm.

As relações da produção de fitomassa (massa verde e matéria seca) com os teores de matéria orgânica, teores de cálcio, magnésio e potássio trocáveis, teores de fósforo e micronutrientes (zinco, cobre, manganês e ferro) disponíveis foram avaliadas pelo ajuste de regressões polinomiais, pelo método dos quadrados mínimos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A flutuação da produtividade das culturas é atribuída a fatores fitotécnicos, edáficos e climáticos. Em diferentes áreas submetidas a números crescentes de anos de cultivo pelo Sistema Barreirão, durante seis anos, verifica-se um decréscimo da produção de massa verde de *Brachiaria brizantha* ao longo dos anos (Tabela 1 e Figura 1).

O pico de produção de 24 t ha<sup>-1</sup> de massa verde, constatado no terceiro ano após a implantação da pastagem, é devido à maior precipitação pluvial do ano e à total reação do calcário, que, segundo Tisdale *et al.* (1985), se completa somente dois anos após a sua aplicação. As análises químicas de solos não fazem nenhum sentido agrônomo sem a sua prévia avaliação biológica, ou seja, a sua calibração. Valores de análises, portanto, devem ser interpretados como indicadores do status da fertilidade do solo e, para entendê-los, recorre-se ao conceito de mobilidade de nutrientes – móveis, pouco móveis e imóveis.

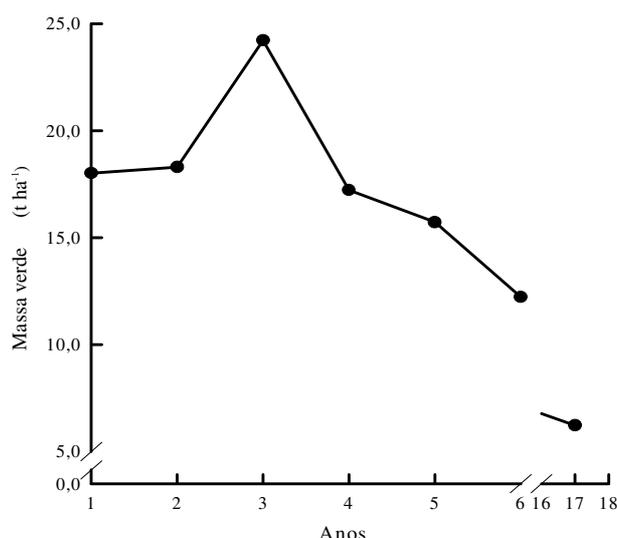


Figura 1. Decréscimo da produtividade ao longo dos anos de implantação do Sistema Barreirão de manejo de pastagens, em latossolo vermelho-escuro distrófico, fase Cerrado (Piracanjuba, GO)

### Relações da produção de massa verde com os índices de disponibilidade de macronutrientes

#### a) Matéria orgânica no solo

A relação da produção de massa verde de *B. brizantha* (Figura 2) com os teores de matéria orgânica no solo, embora apresente estreita correlação, deve ser interpretada com cuidado, uma vez que a disponibilização de N para as plantas dá-se pela mineralização do nitrogênio, que é fortemente dependente das condições edáficas e climáticas (Kliemann & Malavolta, 1994).

Tabela 1. Dados de produção de massa verde (MV) de *Brachiaria brizantha* ao longos dos anos de implantação do Sistema Barreirão, em função de valores de pH, matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, zinco, cobre, manganês e ferro, no município de Piracanjuba, GO (médias de cinco repetições)

Ano após a implantação	MV (t ha <sup>-1</sup> )	Teores no solo <sup>1</sup> após a implantação do sistema											
		pH	MO g kg <sup>-1</sup>	Ca cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Mg cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Ca+Mg cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Al	P	K	Zn	Cu	Mn	Fe
1	18,01	5,9	21	3,1	2,3	5,4	0,1	1,5	123	2,3	1,6	42	102
2	18,33	5,8	19	2,0	2,0	4,0	0,2	1,5	135	1,5	2,4	88	182
3	24,22	5,7	18	1,8	1,0	2,8	0,3	1,8	54	0,8	2,1	63	167
4	17,22	5,6	19	1,3	2,5	3,8	0,2	1,8	113	1,3	2,7	62	143
5	15,72	5,6	17	1,5	1,7	3,2	0,2	1,2	84	1,1	1,8	53	121
6	12,22	5,5	16	0,6	1,6	2,2	0,3	1,2	78	0,7	1,4	24	113
17 (testemunha)	6,22	5,4	15	0,7	0,9	1,6	0,2	0,5	56	0,5	1,3	35	72

<sup>1</sup>- pH em água (1:2,5); P, K, Zn, Cu, Mn e Fe, Ca, Mg e Al e matéria orgânica foram determinadas pela metodologia da Embrapa (1997).

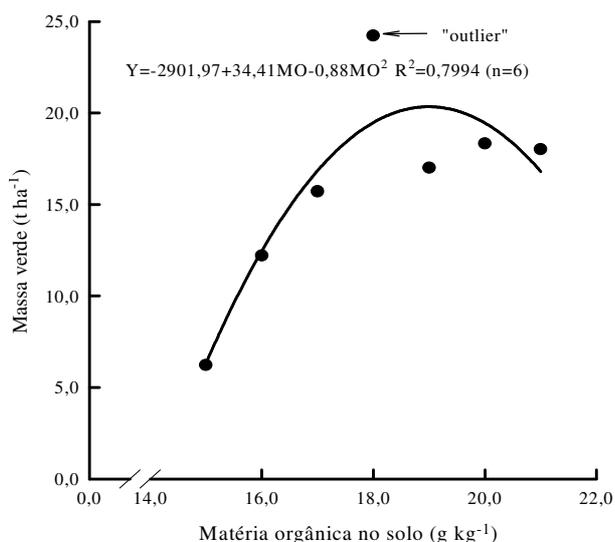


Figura 2. Relação entre a produção de massa verde de *Brachiaria brizantha* e teores de matéria orgânica (método Wlakley-Black) em latossolo vermelho-escuro distrófico, fase Cerrado, submetido ao Sistema Barreirão de manejo de pastagens (Piracanjuba, GO)

Em anos de alta precipitação pluvial existe a possibilidade de ocorrência de maiores índices de mineralização de nitrogênio, cujo destino tanto pode ser a absorção pelas plantas, quanto a perda por lixiviação e/ou volatilização. Em virtude da total solubilidade do nitrogênio, principalmente daquele na forma nítrica, a disponibilidade é pouca elástica. Como o nitrogênio é absorvido em cerca de 99% por fluxo de massa (Tisdale *et al.* 1985), a produção e a exportação do nutriente dependem da disponibilidade de água no solo. Por isso, a produção máxima de massa verde, estimada em 19,64 t ha<sup>-1</sup> (Figura 2), não pode ser considerada como valor máximo em qualquer condição climática. Embora no terceiro ano de implantação do Sistema Barreirão a produção tenha alcançado 24 t ha<sup>-1</sup>, a partir do quinto ano, a queda de produtividade tornou-se bastante evidente (Figura 1).

O nitrogênio na forma mineral de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e o cloro (também a água) são nutrientes muito móveis. Os cátions básicos (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, e NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), vistos apenas como cátions trocáveis, deveriam ter baixa mobilidade; todavia, como participam de sais na solução do solo, terão certa mobilidade, que será maior para concentrações elevadas de co-íons em solução. Os micronutrientes zinco, ferro, cobre e molibdênio são considerados de baixa mobilidade, pelo menos em solos bem drenados. O fósforo é o único elemento que se enquadra no conceito de nutriente imóvel (Raij 1981).

No presente estudo o formato quadrático da equação que descreve a relação da produção de massa verde com a matéria orgânica do solo (Figura 2) fornece o nível crítico de 19,5 g MO por quilograma de solo. Entretanto, esse nível não pode ser interpretado como fornecedor suficiente de nitrogênio para *B. brizantha* por causa do caráter essencialmente dinâmico da matéria orgânica no solo. Com efeito, Camargo *et al.* (1997) verificaram que diversas frações de matéria orgânica de fácil e de difícil mineralização estão presentes no solo. A primeira é considerada de caráter lábil, e a segunda, recalcitrante. Os autores encontraram, em milho, estreita correlação entre o acúmulo de nitrogênio na parte aérea da planta (exportação pela cultura) e o conteúdo de nitrogênio no solo, e também com a fração do nitrogênio facilmente mineralizável. Entretanto, nenhuma correlação foi encontrada com a fração de nitrogênio de difícil mineralização.

Em condições de solos de cerrado as perdas de nitrogênio são significativas. Sanzonowicz (1985) relata que, em pastagens já estabelecidas por mais de cinco anos e que tenha recebido a adubação recomendada, o nutriente mais limitante nas produções de *Brachiaria ruziziensis* (Germain & Evard) e *B. decumbens* (var. Australiana) é o nitrogênio. Em experimentos com braquiárias, conduzidos na Embrapa/Cerrados, foram obtidas respostas lineares a doses entre zero e 50 kg N ha<sup>-1</sup>, com sete cortes; na ausência da adubação nitrogenada, a cultivar IPEAN de *B. decumbens* mostrou-se a mais produtiva.

#### b) Cálcio e magnésio trocáveis no solo

A equação de regressão da produção de massa verde de *B. brizantha* sobre os teores de cálcio e magnésio trocáveis no solo (Figura 3) permitiu estabelecer o nível crítico de cálcio + magnésio em 4,5 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, desconsiderando o valor discrepante (*outlier*) do terceiro ano. No entanto, quando esse valor foi incluído na regressão, o nível crítico estimado foi de 4,15 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, diferença que pode ser considerada desprezível, uma vez que a absorção dos dois nutrientes se dá essencialmente por fluxo de massa (Tisdale *et al.* 1985). Embora as braquiárias sejam consideradas tolerantes à toxidez de alumínio, Arruda (1982) e Pereira (1987) relatam o efeito do calcário nessas gramíneas, não como corretivo da acidez, mas como fonte de cálcio e magnésio, o que melhora a qualidade da pastagem do ponto de vista nutricional.

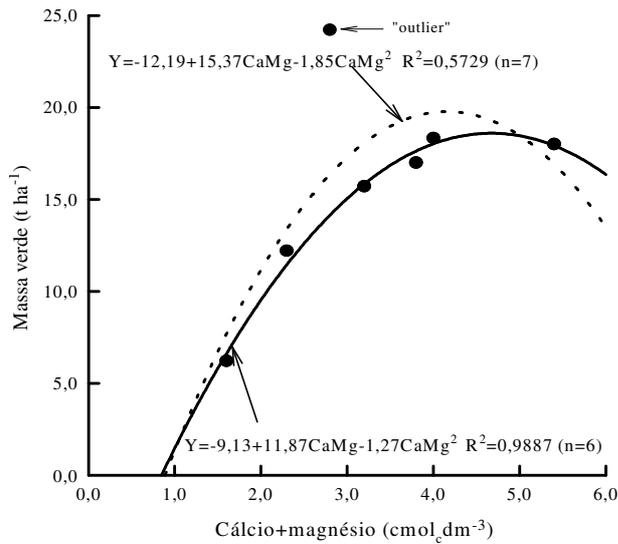


Figura 3. Relação entre a produção de massa verde de *Brachiaria brizantha* e os teores de cálcio e magnésio trocáveis em latossolo vermelho-escuro distrófico, fase Cerrado, submetido ao Sistema Barreirão de manejo de pastagens (Piracanjuba, GO)

c) Fósforo disponível e potássio trocável no solo

No caso do fósforo, em função da linearidade da equação de regressão estimada (Figura 4a), não foi possível estabelecer o nível crítico de fósforo disponível (pelo extrator Mehlich-1). Isso demonstra que, além do fraco poder de extração de fósforo pelo método, a quantidade aplicada de fosfato foi insuficiente para sustentar a produtividade do Sistema Barreirão ao longo dos anos.

O solo em estudo possui cerca de 30% de argila, e os níveis de suficiência recomendados no Estado de Goiás, pela Comissão de Fertilidade do Solo de Goiás – CFSG (1988), para uma cultura exigente em fósforo como a soja, são de 3, 8, 14 e 18 mg P dm<sup>-3</sup>, em solos de cerrado, com 61-80%, 41-60%, 21-40% e menos de 20% de argila, respectivamente. Entretanto, o nível de 14 mg P dm<sup>-3</sup>, para as braquiárias, deve ser considerado muito elevado, apesar das restrições quanto à eficiência do método Mehlich-1.

Em vários trabalhos relatados pelo CIAT (1988), as braquiárias foram consideradas capazes de se desenvolver em solos com baixos teores de P disponível; isto é, possuem alta capacidade de extração, não necessitando mais do que 45 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. Para *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickerdt, obteve-se o nível externo de 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, e para *B. decumbens*, *B. brizantha* e *Andropogon guyanus*, o de 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. Embora as solicitações internas sejam baixas, as pastagens constituídas apenas de gramíneas poderão não satisfazer às necessidades de fósforo dos animais, carecendo, então, de suplementação mineral. Em solos tropicais, com alta capacidade de fixação de fósforo, as necessidades de adubação podem ser bem maiores. Em solos de cerrado, em experimento de longo prazo, usando-se doses de 86, 345 e 1.380 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, na forma de superfosfato simples, já se verificou que doses acima de 300 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> foram necessárias para a obtenção da produtividade máxima (NCSU 1974).

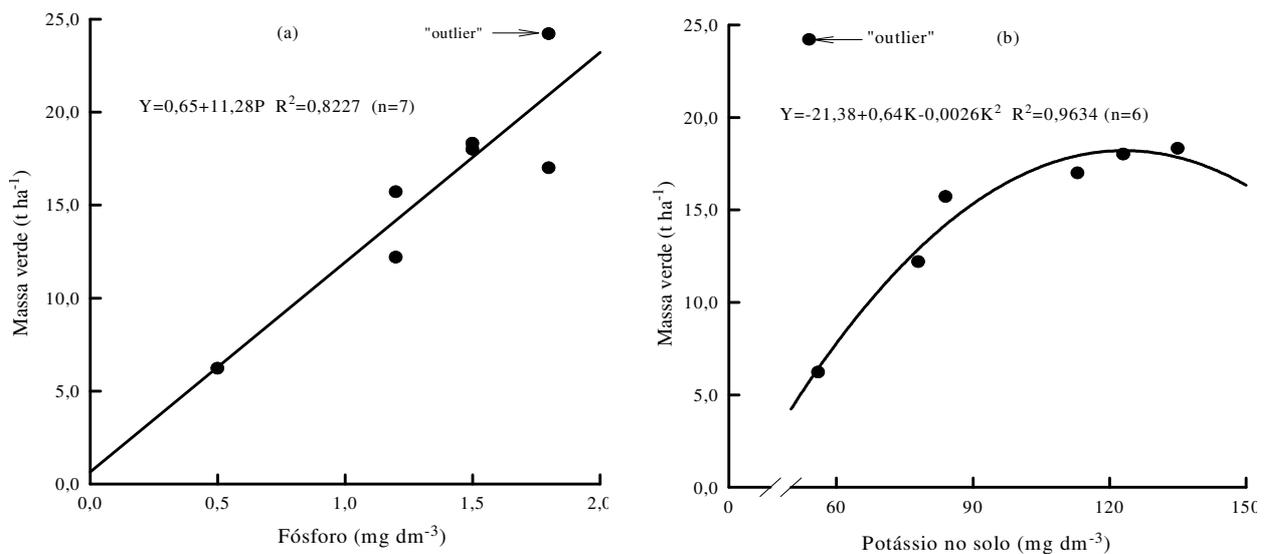


Figura 4. Relação entre a produção de massa verde de *Brachiaria brizantha* e os teores de fósforo disponível (a) e de potássio trocável (b) (extrator Mehlich-1) em latossolo vermelho-escuro distrófico, fase Cerrado, submetido ao Sistema Barreirão de manejo de pastagens (Piracanjuba, GO)

A aplicação dos 90 kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$ , empregados no presente estudo, corrobora a avaliação da NCSU (1974) para *B. decumbens*, bem como a de Pereira (1987), que encontrou respostas significativas a doses acima de 90 kg  $P_2O_5$   $ha^{-1}$ , em cinco espécies do gênero *Brachiaria*.

O nível crítico de potássio trocável no solo, estimado pela equação representada na Figura 4b, é de 123 mg  $dm^{-3}$ , valor este considerado alto pela CFSG (1988). A aparente contradição pode ser explicada pelo processo de absorção de potássio pelas plantas, que se dá preferencialmente por difusão.

De acordo com Németh *et al.* (1970), o processo de difusão de potássio no solo é controlado pela umidade. O *outlier* do conjunto de dados (terceiro ano de implantação do sistema) mostra que, em anos de precipitações pluviais mais elevadas, a passagem do potássio da fase sólida para a fase líquida é facilitada, conseqüentemente, porém, terá a exaustão da fração trocável, sugerindo-se que tenha sido parcialmente reposto pelo poder-tampão de potássio do solo no quarto ano, como se verifica na Tabela 1.

#### *Relações da produção de massa verde com os índices de disponibilidade de micronutrientes*

##### a) Zinco

O nível crítico de zinco disponível no solo pelo extrator Mehlich-1, estimado pela equação de regressão do presente estudo (Figura 5a), foi de 1,7 mg  $dm^{-3}$  para *B. brizantha*, ao passo que Ritchey *et al.* (1986) encontraram o valor de 1 g  $dm^{-3}$  para o milho, utilizando o mesmo método, em solos de cerrado do Distrito Federal.

Apesar de as braquiárias não mostrarem respostas significativas ao zinco (Pereira 1987), em sua associação com o arroz no Sistema Barreirão, são requeridas doses mais elevadas desse elemento. De acordo com Borges *et al.* (1971), a produção máxima de arroz é atingida com calagem módica e adubação completa, que inclui 10 kg de sulfato de zinco por hectare.

Fageria & Zimmermann (1979), estudando a interação de fósforo, zinco e calcário na produção de arroz de sequeiro, em casa de vegetação e a campo, não obtiveram resposta ao zinco em latossolo vermelho-escuro distrófico (solo de mata), ao passo que em solo de cerrado a resposta foi altamente positiva. Nos dois solos, em casa de vegetação, a ausência de zinco sob calagem teve efeito negativo na disponibilidade desse nutriente.

##### b) Manganês

O nível crítico de manganês disponível (extrator Mehlich-1), estimado pelo modelo de regressão no presente estudo (Figura 5b), foi de 78 mg  $dm^{-3}$  para *B. brizantha*, valor este bem acima do nível crítico de 5 mg  $dm^{-3}$ , sugerido por Lopes (1977). Acredita-se que as gramíneas do gênero *Brachiaria* sejam acumuladoras de manganês, porém não se encontrou nenhum trabalho que dê respaldo a essa hipótese. Excetuando-se os solos arenosos, os de alto teor de ferro e os com deficiência induzida pela calagem, não há indicativos seguros para a recomendação de manganês na adubação de pastagens.

##### c) Cobre

O nível crítico de cobre disponível (extrator Mehlich-1), estimado por regressão neste estudo (Figura 5c), foi de 2,2 mg  $dm^{-3}$  para *B. brizantha*; valor este muito acima do nível crítico de 1 mg  $dm^{-3}$ , sugerido por Lopes (1977) para os solos de cerrado. Diversos autores, como Galvão *et al.* (1978) e Casagrande *et al.* (1982), não observaram qualquer efeito depressivo pela omissão de cobre na adubação em solos de cerrado.

##### d) Ferro

O nível crítico de ferro disponível (extrator Mehlich-1), estimado por regressão (Figura 5d), foi de 165 mg  $dm^{-3}$  para *B. brizantha*. Não se conhecem estudos sistemáticos para o estabelecimento do nível crítico de ferro disponível no solo. Como não se tem constatado deficiências de ferro, acredita-se que a sua disponibilidade é adequada. Problemas de toxidez de ferro e manganês vêm sendo observados em áreas esparsas, associados a manchas de má drenagem do solo (Lopes 1984).

Estudos mais detalhados são necessários para elucidar as discrepâncias observadas nos níveis de ferro e de manganês, e para melhor avaliar a hipótese de que a alternância das épocas chuvosa e seca, na região dos cerrados, influencia na disponibilidade de ferro e manganês, zinco, cobre e boro. Nesta linha de trabalho há que se determinar também a melhor época de coletas das amostras de solos.

Outros fatores, como os associados aos teores de matéria orgânica do solo (indicador de nitrogênio disponível) e dos demais macronutrientes, ao longo dos anos, podem induzir a superestimação dos níveis críticos para as gramíneas. Estas, de um modo geral, são adaptadas a baixos níveis externos de micronutrientes na solução do solo.

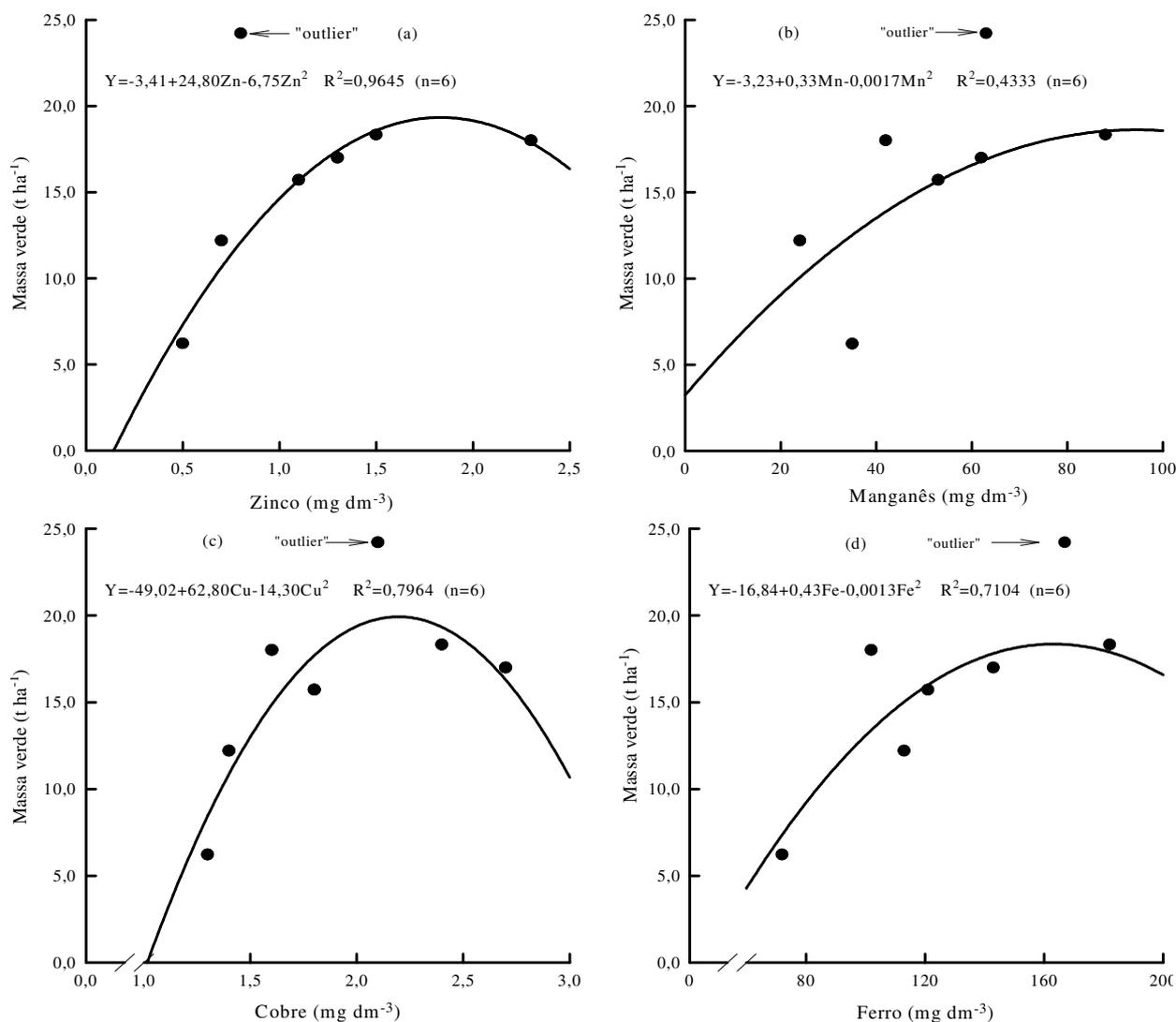


Figura 5. Relações entre a produção de massa verde de *Brachiaria brizantha* e os teores de zinco (a), manganês (b), cobre (c) e ferro (d) disponíveis (extrator Mehlich-1) em latossolo vermelho-escuro distrófico, fase Cerrado, submetido ao Sistema Barreirão de manejo de pastagens (Piracanjuba, GO)

### CONCLUSÕES

1. A relação entre a produção de massa verde de *Brachiaria brizantha* e os teores de matéria orgânica no solo fornece um nível crítico de 19,5 g MO kg<sup>-1</sup> de solo. Esse nível não pode ser interpretado como fornecedor suficiente e seguro de nitrogênio para *B. brizantha* por causa do caráter essencialmente dinâmico da matéria orgânica no solo.
2. As relações entre a produção de massa verde de *B. brizantha* e os teores de nutrientes nos solos permitem estabelecer os seguintes níveis críticos: 4,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de solo para cálcio + magnésio trocáveis; 123 mg dm<sup>-3</sup> para potássio trocável; 1,7 mg dm<sup>-3</sup> para zinco disponível pelo extrator Mehlich-1; e 2,2 mg dm<sup>-3</sup> para cobre disponível (extrator Mehlich-1).
3. Não foi possível estabelecer o nível crítico de fósforo disponível pelo extrator Mehlich-1, em razão de a dose de fosfato aplicada ter sido insuficiente para sustentar a produtividade do Sistema ao longo dos anos.
4. Não se encontraram relações confiáveis entre os teores de ferro e manganês disponíveis no solo e a produção de massa verde de *B. brizantha*

## REFERÊNCIAS

- Arruda, M. L. R. 1982. Toxidez de alumínio em forrageiras: tolerância e formas de nitrogênio. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Itaguaí, RJ. 141 p.
- Borges, L. C. V., Y. Carvalho & J. X. de Almeida Neto. 1971. Efeito de micronutrientes e calcário na cultura do arroz. *Anais Esc. Agron. Vet. UFG*, 1 (1): 35-45.
- Camargo, F. A. de O., C. Gianello & C. Vidor. 1997. Potencial de mineralização de nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 21 (4): 575-9.
- Casagrande, J. C., O. C. de Souza & R. M. Schunke. 1982. Avaliação da fertilidade de quatro solos do Estado do Mato Grosso do Sul. *Pesq. Agropec. Bras.*, 17 (3): 381-384.
- CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1988. Programa de ganado de carne. Cali, Colômbia. Centro Internacional de Agricultura Tropical. (Informe Anual 1988).
- CFSG. Comissão Estadual de Fertilidade do Solo de Goiás. 1988. Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás, 5ª aproximação. UFG/Emgopa, Goiânia. 101 p. (Inf. Técnico, 1).
- Curi, N. Lithosequence and toposequence from Goiás and Minas Gerais States, Brazil. 1983. Tese de PhD. Purdue University. Lafayette, USA. 158 p.
- Embrapa. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. 1997. Manual de métodos de análises químicas de solos. CNPS/Embrapa, Rio de Janeiro. 212 p.
- Fageria, N. K. & F. P. Zimmermann. 1979. Interação entre fósforo, zinco e calcário em arroz de sequeiro. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 3 (1): 88-92.
- Galvão, E. Z., A. R. Suhet & D. M. G. de Souza. 1978. Efeito de micronutrientes no rendimento e composição química do arroz. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 2 (1): 129-32.
- Goedert, W. J. 1989. Região dos Cerrados: Potencial agrícola e política para o seu desenvolvimento. *Pesq. Agropec. Bras.*, 24 (1): 1-17.
- Kliemann, H. J. & E. Malavolta. 1994. Disponibilidade de enxofre em solos brasileiros. I. Avaliação dos potenciais de mineralização de nitrogênio e enxofre por incubação aberta. *Anais Esc. Agr. Vet. UFG*, 23 (1): 129-144.
- Kluthcouski, J., A. P. Pacheco, S. M. Teixeira & I. P. de Oliveira. 1991. Renovação de pastagens de Cerrado com arroz. I. Sistema Barreirão. CNPAF/Embrapa, Goiânia, 20 p. (Documentos, 33).
- Lemos, R. C. de & R. D. dos Santos. 1996. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 3. ed. Soc. Bras. Ciência do Solo, Campinas. 83 p.
- Lopes, A. S. 1977. Available water, phosphorus fixation and zinc levels in Brazilian Cerrado soils in relation to their physical, chemical and mineralogical properties. Tese de PhD. Department of Soil Science, North Carolina State University. Raleigh, NC, USA. 189 p.
- Lopes, A. S. 1984. Solos sob "Cerrado": características, propriedades e manejo. Potafos, Piracicaba. 162 p.
- Malavolta, E. & H. J. Kliemann. 1985. Desordens nutricionais no Cerrado. Potafos, Piracicaba. 136 p.
- Malavolta, E., G. C. Vitti & S. A. de Oliveira. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Potafos, Piracicaba. 201 p.
- Németh, K., K. Mengel & H. Grimme. 1970. The concentration of K, Ca and Mg in the saturation extract in relation to exchangeable K, Ca and Mg. *Soil Sci.*, 109 (1): 179-185.
- NCSU. North Carolina State University. 1974. Agronomic-economic research on tropical soils. Department of Soil Science. Raleigh, NC, USA. (Annual Report 1973).
- Pereira, J. P. Adubação de capins do gênero *Brachiaria*. 1987. In Pedreira, J. V. S. & N. M. F. M. Meirelles (Ed.). Encontro sobre capins do gênero *Brachiaria*. p.117-196. Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP. (Anais).
- Portes, T. de A., J. Kluthcouski & A. Silveira Filho. 1993. Crescimento de *Brachiaria brizantha* e arroz em cultivo consorciado e em cultivo isolado. In Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, 4. UFC. Fortaleza, Ceará. (Resumo 209).
- Raij, B. Van. 1981. Avaliação da fertilidade do solo. Potafos, Piracicaba. 142 p.
- Ritchey, K. D., F. R. Cox, F. R., E. Z. Galvão & R. S. Yost. 1986. Disponibilidade de zinco para as culturas do milho, sorgo e soja num Latossolo Vermelho Escuro argiloso. *Pesq. Agropec. Bras.*, 21 (3): 215-225.
- Sanzonowicz, C. 1985. Recomendação e prática de adubação e calagem na Região Centro-Oeste do Brasil. p. 309-362. In Simpósio sobre calagem e adubação de pastagens, 1. Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP. 476 p. (Anais).
- Silva, J. E. da, J. Lemainski & D. V. S. Resk. 1994. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de Cerrados do Oeste Baiano. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 18 (3): 541-547.
- Tisdale, S. L., W. L. Nelson & J. D. Beaton. 1985. Soil fertility and fertilizers. 4. ed. Mc Millan, New York. 754 p.
- Yokoyama, L. P., J. Kluthcouski, J. de C. Gomide, E. P. Santana, E. T. de Oliveira, A. D. Canovas, A. D., I. P. de Oliveira & C. M. Guimarães. 1992. Plantio de arroz em consórcio com pastagem no sistema Barreirão; análise econômica. CNPAF/Embrapa, Goiânia. 11 p. (Com. Técnico, 25).