

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**

**SATURAÇÃO POR BASES, FÓSFORO E NITROGÊNIO NO  
ESTABELECIMENTO E MANUTENÇÃO DE CAPIM-MASSAI**

**EDIMILSON VOLPE**  
**Engenheiro Agrônomo**

**Orientação: Prof.<sup>ª</sup>. Dra<sup>a</sup> MARLENE ESTEVÃO MARCHETTI**

**Tese apresentada à Universidade Federal da  
Grande Dourados, como parte das exigências do  
curso de Pós-graduação em Agronomia, para  
obtenção do título de Doutor.**

**Dourados**  
**Mato Grosso do Sul - Brasil**  
**2006**



Ficha elaborada pela Biblioteca Central da Universidade Federal da Grande Dourados

633.2                      Volpe, Edimilson  
V899s

Saturação por bases, fósforo e nitrogênio no estabelecimento e  
manutenção de capim-massai. / Edimilson Volpe. – Dourados : UFGD, 2006  
117 p.

Orientador : Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marlene Estevão Marchetti

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Forrageira (Massai) – Valor nutricional. 2. Forragem – Solos – Fertilizantes. 3.  
Forragem – Análise foliar. 4. Latossolo vermelho distrófico – Fertilidade química. I.  
Título.

# **UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**

## **SATURAÇÃO POR BASES, FÓSFORO E NITROGÊNIO NO ESTABELECIMENTO E MANUTENÇÃO DE CAPIM-MASSAI**

POR

Edimilson Volpe

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de DOUTOR EM  
AGRONOMIA.

Aprovada em: 06/11/2006.

Prof<sup>a</sup>. Dra<sup>a</sup> Marlene Estevão Marchetti  
(UFGD) (Orientadora)

Pesq. Dr. Manuel Cláudio Motta Macedo  
(Co-orientador - Embrapa Gado de Corte)

Prof<sup>a</sup>. Dra<sup>a</sup> Beatriz Lempp  
(Co-orientadora - UFGD)

Pesq. Dr. Ademir Hugo Zimmer  
(Embrapa Gado de Corte)

Prof<sup>a</sup>. Dra<sup>a</sup> Valéria Cristina Palmeira Zago  
(UFMS)

Prof<sup>o</sup> Dr. José Oscar Novelino  
(UFGD)

**Daniel e Ana, filho e esposa adorados.**

**Minha mãe Dona Hilda,**

**Meus irmãos Elmo e Sidnei e familiares.**

**Ofereço, junto com vocês, este modesto trabalho ao nosso insubstituível Pai:**

**Antonio Volpe (*in memoriam*)**

**Homem de infinita bondade**

**Cuja tristeza por sua perda só foi superada pelo amor que nos dedicou em vida**

**“Sua falta é uma dor que não se acaba”**

**QUE DEUS ESTEJA CONVOSCO.**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal da Grande Dourados, antiga UFMS, pela oportunidade oferecida de realizar o curso.

À professora Marlene Estevão Marchetti pela orientação amiga e segura.

Ao amigo pesquisador da Embrapa Gado de Corte Manuel Cláudio Motta Macedo, meu Co-orientador, que foi o grande responsável pela realização desta tese.

À Embrapa Gado de Corte pela disponibilidade de recursos e estrutura para a realização deste trabalho, bem como a seus funcionários dedicados e competentes.

Às professoras Beatriz Lempp, Co-orientadora, Maria do Carmo Vieira e Valéria Cristina Palmeira Zago e aos professores José Oscar Novelino, Manoel Carlos Gonçalves, Antonio Carlos Tadeu Vitorino e Honório Roberto dos Santos. Todos foram importantes em variados momentos em que foi necessário apoio e orientação.

Aos amigos pesquisadores da Embrapa Gado de Corte Ademir Hugo Zimmer, e da Embrapa Agropecuária Oeste Fernando Mendes Lamas, ativos participantes das bancas de defesa desta tese e de qualificação, respectivamente.

Aos colegas do curso pela amizade fraterna.

A minha esposa Engenheira Agrônoma Msc. Ana Cristina Araújo Ajalla, constante apoiadora de minha atividade e especificamente deste trabalho.

Ao Deputado Estadual, amigo e chefe Semy Alves Ferraz, que liberou-me para a realização do doutorado com o desprendimento que lhe é peculiar.

## SUMÁRIO

|   | Página |
|---|--------|
| INTRODUÇÃO GERAL.....   | 1      |
| CAPITULO 1 .....  | 6      |
| SATURAÇÃO POR BASES, DOSES DE FÓSFORO E NITROGÊNIO NO ESTABELECIMENTO DE CAPIM-MASSAI ..... | 6      |
| RESUMO.....   | 7      |
| ABSTRACT.....   | 9      |
| INTRODUÇÃO.....   | 11     |
| MATERIAL E MÉTODOS.....   | 19     |
| Local, tratamentos e delineamento utilizado.....  | 19     |
| Características do solo, operações e análises realizadas.....                               | 21     |
| Análises estatísticas e econômicas.....   | 23     |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO.....   | 25     |
| Acúmulo de forragem.....  | 25     |
| Pontos de máxima produção e características químicas do solo.....                           | 30     |
| Estado nutricional das plantas.....   | 35     |
| Composição morfológica e valor nutritivo.....   | 41     |
| CONCLUSÕES.....   | 47     |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 48     |
| CAPITULO 2 .....  | 60     |
| SATURAÇÃO POR BASES, DOSES DE FÓSFORO E NITROGÊNIO NA MANUTENÇÃO DE CAPIM-MASSAI .....      | 60     |
| RESUMO.....   | 61     |
| ABSTRACT.....   | 63     |
| INTRODUÇÃO.....   | 65     |
| MATERIAL E MÉTODOS.....   | 74     |
| Local, tratamentos e delineamento utilizados.....   | 74     |
| Operações e análises realizadas no estabelecimento.....                                     | 75     |
| Fase de manutenção.....   | 77     |
| Análises estatísticas e econômicas.....   | 79     |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO.....   | 80     |
| Acúmulo de forragem.....  | 80     |
| Indicadores químicos da fertilidade do solo.....  | 89     |
| Estado nutricional das plantas.....   | 93     |
| Composição morfológica e valor nutritivo.....   | 98     |
| CONCLUSÕES.....   | 104    |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 105    |





## INTRODUÇÃO GERAL

O rebanho bovino brasileiro possui mais de 200 milhões de cabeças que são alimentadas quase exclusivamente em pastos. As pastagens cultivadas ocupam área de aproximadamente 140 milhões de hectares e respondem por cerca de 95% da carne bovina produzida. O rebanho aumentou em 13,8% no período de 2000 a 2004 e o total de cabeças abatidas de 1994 a 2004 aumentou em 55,1% (de 26,1 para 40,5 milhões) (Corsi et al., 2006). A produção de carne bovina passou de 2.400.00 t em 1977 para 7.800.000 t em 2004, com a produção do Cerrado representando cerca de 40% desse total (Macedo, 2005).

A produção brasileira de carne é destinada predominantemente ao mercado interno, cujo consumo vem sendo mantido nos últimos dez anos e deverá aumentar em longo prazo em função do crescimento populacional e melhor distribuição de renda. A atividade de exportação representa 22% da produção total nacional (Corsi et al., 2006). Esses autores calcularam que se houver incremento de 26% na exportação, que é a média de aumento entre 1996-2004, será necessário o incremento de 5% ao ano na produção total e será exigido aumento na taxa de lotação das pastagens cultivadas em 8%.

A crise nos preços da pecuária dos últimos anos parece estar chegando ao seu final, uma vez resolvidas questões sanitárias. Especialistas da área têm anunciado uma fase de alta no ciclo da pecuária que parece estar sendo materializada com a recente alta dos preços da arroba. Portanto, apesar da crise, os números sinalizam para a necessidade futura de aumento da produtividade na pecuária.

No bioma Cerrado, Macedo (2005), baseado em estimativas, relata que a área de pastagens cultivadas atinge cerca de 60 milhões de hectares para um rebanho de 69 milhões de bovinos. As estimativas também apontam que cerca de 51 milhões de hectares de pastagens cultivadas no Cerrado são ocupados por braquiárias, sendo que a *Brachiaria brizantha* cv Marandu ocupa cerca de 30 milhões de hectares, aproximadamente 300% da

área que ocupava há dez anos, enquanto a *B. decumbens* cv Basilisk ocupa cerca de 15 milhões de hectares quando há dez anos ocupava quase o dobro da sua área atual. Portanto, houve um acelerado processo de substituição entre estas duas forrageiras. É estimado, ainda, que a área de pastagens cultivadas cresceu cerca de 25% nos últimos dez anos no Cerrado, com forte tendência de estabilização, sendo que a área cultivada com *Panicum maximum* ocupa em torno de 7,2 milhões de hectares (Macedo, 2005).

A monocultura de braquiária no Cerrado já apresenta problemas há vários anos, e seu aspecto ambiental mais sério é o processo de degradação das pastagens, que atinge 60 a 70% da área de pastagens cultivadas (Martha Junior et al., 2006). A reversão deste problema, causado em última análise pelo extrativismo predominante na exploração pecuária, exige uma maior intensificação do sistema de produção. Isso significa manejo adequado das pastagens e, na maioria dos casos, investimentos em fertilidade do solo, além da diversificação das forrageiras utilizadas sem, no entanto, continuar ocorrendo o “modismo” na utilização de forrageiras.

A forrageira atualmente na moda (*B. brizantha* cv Marandu), mais exigente em fertilidade do solo que sua antecessora (*B. decumbens* cv Basilisk) vem sendo utilizada para recuperar as pastagens mas, na verdade, está acelerando o processo de degradação, uma vez que geralmente não ocorre adição de nutrientes via fertilizantes no sistema e as pastagens de *B. brizantha* cv Marandu, em solos de baixa fertilidade, se degradam mais rapidamente que pastagens de *B. decumbens*.

Valle & Resende (2005) relatam a escassez de forrageiras adaptadas às condições edafoclimáticas de muitas regiões tropicais, limitando a sustentabilidade das pastagens. Daí a grande importância da liberação de novas forrageiras por meio de programas de melhoramento. A Embrapa Gado de Corte vem cumprindo esse papel atualmente, através da seleção de ecótipos em coleções de *Brachiaria* e *Panicum*. Alguns novos cultivares pertencentes a estes gêneros foram lançados no início desta década, com destaque para o

*P. maximum* cv Massai, na realidade um híbrido entre *P. maximum* e *P. infestum*, que está sendo considerado uma opção forrageira importante para a diversificação das pastagens, especialmente no Cerrado e na região Amazônica (Euclides et al., 2000; Embrapa 2001; Valentim et al., 2001; Brâncio et al., 2002 e 2003).

Martha Junior et al. (2006) demonstram que no sistema de produção extensivo no Cerrado, em que a fertilidade do solo é mantida em níveis muito baixos a baixos, o pasto encontra-se, na verdade, em constante estado de degradação. O pastejo leniente não evita a degradação das pastagens, como muitas vezes é considerado, sendo que a baixa fertilidade do solo é apontada como sendo o problema principal.

Segundo dados da FAO, citados por Cantarutti et al. (2002), as práticas de calagem e adubação contribuem para ganho de, no mínimo, 50% na produtividade das pastagens, sendo o restante devido a outros fatores de produção. Com manejo satisfatório, correção e adubação do solo é possível prolongar a vida útil ou até mesmo manter a perenidade da pastagem, com boa produtividade. Trata-se de uma questão fundamental do ponto de vista econômico, uma vez que em sistemas tradicionais um dos principais custos é a depreciação do pasto (Martha Junior et al., 2006).

No entanto, a decisão de adubar, ou não, envolve outras variáveis complexas (baixa relação de troca insumo/produto, indisponibilidade de capital, deficiências técnicas e estruturais, falta de capacitação gerencial etc.). Assim, esta tecnologia necessita de adequada análise econômica e acurado suporte técnico. No entanto, em função das pressões econômicas e ambientais, segundo Martha Junior et al. (2006): “nas próximas décadas, não há caminho para a pecuária de corte no Cerrado a não ser aquele que passa pela busca de maior produtividade”.

Um dos problemas básicos a ser resolvido quanto à melhoria da fertilidade do solo é a correção da acidez. Os níveis de saturação por bases (V) a serem alcançados em solos do Cerrado não estão satisfatoriamente definidos para todas as espécies forrageiras. Macedo

(2005) considera que a prática da calagem talvez seja a mais polêmica na questão da fertilidade do solo para o cultivo de gramíneas forrageiras no Cerrado.

Alguns autores recomendam correção da acidez do solo para níveis de V considerados relativamente altos por outros autores, no caso de algumas forrageiras (Werner et al., 1996; Macedo, 2004a; Cantarutti & Novais, 2005). Para níveis de V acima de 50%, no Cerrado, são apontados possíveis desequilíbrios nas relações entre os cátions macronutrientes, deficiências de micronutrientes e comportamento diferenciado dos principais tipos de solos em reação à calagem, especialmente em função de sua mineralogia. Conforme Macedo (2005), citando Raij, a predominância de óxidos hidratados de ferro e alumínio na mineralogia da fração argila dos Latossolos do Cerrado confere a estes um caráter eletro-positivo superior quando comparados a outros solos, levando a valor de pH mais elevado para uma mesma V.

Outra questão muito evidente é que grande parte das forrageiras tropicais é tolerante à acidez do solo, não demandando altos valores de pH/V para otimizar a produção. Cantarutti & Novais (2005) questionam se a V estimada com base na CTC efetiva do solo não seria mais realista, tendo em vista que as forrageiras tropicais respondem à disponibilidade de Ca e Mg de forma aparentemente independente do pH. Ou seja, faltam estudos para definir melhor a correção da acidez dos solos, especialmente no Cerrado.

São fundamentais, também, definições mais precisas a respeito da utilização de nitrogênio (N) e fósforo (P). Ambos são os principais nutrientes responsáveis pela acúmulo de biomassa das gramíneas forrageiras tropicais. Contudo, se a disponibilidade satisfatória de ambos é comprovadamente indispensável para proporcionar boa produtividade e longevidade das pastagens, há dúvidas em diversos aspectos. A utilização e as doses de N são bastante discutíveis, tanto por questões de viabilidade econômica quanto pelas respostas proporcionadas no acúmulo de biomassa. Balsalobre et al. (2002), em revisão, verificaram que a resposta das forrageiras à adubação nitrogenada é muito variável (5 a

89,2 kg de massa seca por kg de N). Essa variação dificulta o planejamento de práticas de manejo e adubação.

Em relação ao P, além do aspecto da viabilidade econômica, também há várias interpretações correntes quanto às respostas das forrageiras em termos de produtividade. A importância do P no estabelecimento das pastagens é consenso, porém sua magnitude nessa fase e seu papel na fase de manutenção da pastagem é ainda matéria de estudos. Vilela et al. (2002) consideram que respostas a P na manutenção somente ocorrerão em conjunto com aplicações adequadas N e potássio (K), além de outros nutrientes porventura em deficiência. Estes autores atribuem às forrageiras já corretamente estabelecidas uma alta capacidade de absorção de P do solo, o que diminui bastante a exigência de adubação nessa fase. Nesse sentido, são importantes trabalhos que avaliem as melhores doses de P no estabelecimento e o seu efeito residual durante a manutenção, em conjunto com a variação de outros nutrientes.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes níveis de V, doses de P aplicadas no estabelecimento e doses de N durante o estabelecimento e manutenção da forrageira *P. maximum* cv Massai, em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico de Cerrado. O estudo foi realizado na fase de estabelecimento e em período definido da fase de manutenção, com enfoque em variáveis dos seguintes aspectos da pastagem:

- a) Acúmulo de forragem;
- b) Fertilidade química do solo;
- c) Estado nutricional das plantas;
- d) Componentes do valor nutritivo da forragem.

## **CAPITULO 1**

### **SATURAÇÃO POR BASES, DOSES DE FÓSFORO E NITROGÊNIO NO ESTABELECIMENTO DE CAPIM-MASSAI.**

# **SATURAÇÃO POR BASES, DOSES DE FÓSFORO E NITROGÊNIO NO ESTABELECIMENTO DE CAPIM-MASSAI.**

Autor: Edimilson Volpe

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marlene Estevão Marchetti

## **RESUMO**

Um experimento foi realizado com o objetivo de testar quatro níveis de saturação por bases (20%, 40%, 60% e 80%), quatro doses de fósforo (0, 80, 160 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e quatro doses de nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup>), na fase de estabelecimento de *Panicum maximum* cv Massai, em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico de Cerrado, em Campo Grande, MS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados no esquema fatorial fracionário (1/2)<sup>4</sup>, com 32 tratamentos e duas repetições.

Foram realizados dois cortes em aproximadamente 200 dias. Os aspectos avaliados foram produção de forragem, variações na fertilidade do solo, estado nutricional das plantas e características do valor nutritivo (VN) da forragem.

Foi verificado efeito significativo da adubação fosfatada ( $p < 0,05$ ) e da saturação por bases ( $0,10 > P < 0,20$ ) no acúmulo de massa seca verde (MSV), na soma de dois cortes. O nitrogênio (N) não apresentou efeito significativo no acúmulo de forragem. A dose de maior produção agronômica para o fósforo (P) foi de 237 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e a dose econômica foi de 185 kg ha<sup>-1</sup>, ambas sob saturação por bases (V) no solo de 39%. O acúmulo de MSV do capim-Massai foi de 9.441 e 9.260 kg ha<sup>-1</sup> nas doses de máxima eficiência agronômica e econômica, respectivamente.

Todos as características químicas do solo estudadas (P, Ca, Mg, Al, m e V) apresentaram variações significativas em função dos tratamentos. A V no solo apresentou

valor inferior ao pretendido com a calagem. O teor de P no solo, extraído por Mehlich 1, no ponto de máxima produção de MSV e na dose máxima  $P_2O_5$ , não alcançou o teor no solo recomendado para a forrageira em estudo. A concentração estimada de macronutrientes (N, P, Ca, Mg e S) nas folhas diagnósticas da planta mostrou que, no tratamento de dose zero de N e P e 20% de V, apenas o P era limitante. Todos os macronutrientes estudados responderam significativamente aos tratamentos.

Nas avaliações dos componentes morfológicos da gramínea verificou-se alta porcentagem de folhas (77,50%) na MSV. Nas características do VN verificou-se valores adequados da digestibilidade *in vitro* de matéria orgânica (DIVMO) e do teor de proteína bruta (PB) na fração folhas da MSV. A DIVMO e a PB aumentaram significativamente com a adubação nitrogenada e com o aumento da V.

Palavras-chave: Estado nutricional, Latossolo, massa seca verde, *Panicum maximum*, pastagem, valor nutritivo.



# SOIL BASE SATURATION, PHOSPHORUS AND NITROGEN RATES IN MASSAI GRASS IMPLANT.

By: Edmilson Volpe

Adviser: Marlene Estevão Marchetti

## ABSTRACT

It was carried out an experiment in purpose to test four levels of soil base saturation (20%, 40%, 60% and 80%), four rates of phosphorus (0, 80, 160 and 240 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) and four rates of nitrogen (0, 100, 200 and 300 kg ha<sup>-1</sup>) during the phase of *Panicum Maximum* cv Massai implant, in Oxisol of Brazilian Cerrado, in Campo Grande, MS. The experimental design used was randomized blocks in fractionated factorial type (1/2)<sup>4</sup><sup>3</sup>, with 32 treatments and two replications.

Two cuts along 200 days were done. The evaluated aspects were green dry mass (GDM) accumulation, soil fertility changes, concentration of macronutrients in diagnostic leaves, crude protein (CP) rate and *in vitro* organic matter digestibility (IVOMD).

It was verified significant effect of the phosphorus (P) fertilization (p<0,05) and of the V (0,10>p<0,20) in the GDM in two cuts sum. The nitrogen (N) didn't present significant effect in GDM accumulation. The higher dose for P for higher physical production was 237 kg ha<sup>-1</sup> and the economical dose was 185 kg ha<sup>-1</sup>, both in soil base saturation (V) of 39% in the soil. *P. maximum* cv Massai GDM accumulation in this phase was 9.441 and 9.260 kg ha<sup>-1</sup> in maximum physical and economical dose, respectively.

All soil chemical characteristics studied (P, Ca, Mg, Al, m and V) presented significant variations in relation to the treatments. The V presented below the liming target. The soil P availability by the Mehlich 1 extractor, in GDM maximum production

and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> maximum rate used, didn't reached the expected disponibility soil for grass forage studied. The estimated concentration of nutrients (N, P, Ca, Ms and S) in diagnostic leaves presented that, in zero dose of N and P and in 20% target V , only P was limiting. All nutrients presented significative variations in relation to the treatments.

It was revified in morphological components of grass high percentage of lamina leaves (77,50%) in GDM. It was revified in the nutritive value avaluation suitable *in vitro* organic matter digestibility (IVOMD) and crude protein (CP) rate in GDM lamina leaves. IVOMD and CP increased significantly with N fertilization and increment of V.

Key words: *Panicum maximum*, green dry mass, Oxisol, pasture, nutritive value, nutrition status.

## INTRODUÇÃO

Nos solos de Cerrado predominam boas propriedades físicas e baixa fertilidade natural. As pastagens cultivadas nesse bioma são constituídas principalmente por gramíneas do gênero *Brachiaria*, em função de sua adaptação às condições de alta acidez e baixa fertilidade. As práticas de correção do solo e adubação são pouco utilizadas, caracterizando uma exploração extrativista das pastagens. Nestas circunstâncias o processo de degradação é um grave problema da pecuária bovina no Cerrado (Vilela et al., 2004).

A correção e adubação são consideradas práticas prioritárias nos estudos de formação e renovação e, ou, recuperação de pastagens (Luz et al., 2000). A calagem é a primeira ação a ser implementada, mas necessita de maiores subsídios técnicos (Oliveira et al., 2003). Esses autores não encontraram respostas à calagem na produção da forragem em *Brachiaria decumbens* degradada, entre os níveis de saturação por bases (V) de 40%, 60% e 80%, elevados a partir da V original de 24,5% em NEOSSOLO QUARTZARÊNICO. A maioria das gramíneas forrageiras tropicais é tolerante à acidez do solo, sendo que mesmo as menos tolerantes apresentam respostas a doses de calcário que variam de 0,2 a 2,0 t ha<sup>-1</sup> (Werner et al., 1979; Gomide et al., 1986; Paulino et al., 1994). Em ensaio realizado em vasos, em casa de vegetação, Cruz et al. (1994) constataram resultados positivos da calagem para três espécies de forrageiras. Respostas positivas em casa de vegetação que não se reproduzem no campo são freqüentes (Cantarella et al., 2002). Nesse sentido, a calagem é um assunto ainda bastante controverso em pastagens tropicais.

É bastante conhecido o fato que a correção da acidez do solo altera várias características químicas, físicas e biológicas do solo. As decorrências destes efeitos são variadas, complexas e, às vezes, contraditórias, especialmente com relação às interações químicas (calagem x disponibilidade de fósforo, calagem x disponibilidade de micronutrientes etc.). Luz et al. (2000) verificaram efeito positivo exclusivo do preparo do

solo sobre a produção de uma pastagem (capim-Tobiatã), independente da aplicação de calcário, ao contrário de outros resultados reportados na literatura (Soares Filho, 1991; Carvalho et al., 1992), o que levou Luz et al. (2004) a considerarem que efeitos da calagem e, ou, do preparo do solo, dependem da disponibilidade de nutrientes para serem disponibilizados por estas práticas, especialmente através da mineralização da matéria orgânica.

Macedo (2004a) realizou comparações quanto a três métodos para recomendação de calagem existentes no Brasil: Embrapa (Vilela et al., 2002), Minas Gerais (Cantarutti et al., 1999) e São Paulo (Werner et al., 1996). Neste estudo foram verificadas discrepâncias entre os métodos, particularmente quanto aos níveis de V a serem alcançados no solo.

Cantarutti & Novais (2005) apontam incoerências entre as recomendações do Estado de São Paulo (SP) e Minas Gerais (MG), quanto ao cálculo de calagem. Estes autores relatam que a estimativa das doses de calagem por estes dois métodos para quatro diferentes gramíneas forrageiras muito utilizadas, em dez solos ácidos com ampla variação textural, obteve correlação de apenas 62% entre as duas estimativas, em função da falta de coerência entre os valores atribuídos às variáveis relacionadas com as características das plantas, no caso a saturação por alumínio (m), levada em consideração na recomendação de MG e a V, na recomendação de SP.

É consenso na literatura que o fósforo (P) é o nutriente mais limitante na implantação de forrageiras no Cerrado, pelo baixo teor original e capacidade de fixação de fósforo dos solos e pela destacada importância deste nutriente na formação do sistema radicular (Cantarutti et al., 2002; Vilela et al., 2002). Além disso, a absorção deste nutriente é limitada pela sua baixa mobilidade no solo e o reduzido sistema radicular inicial das plantas (Santos et al., 2002). A eficiência da conversão de P em massa de forragem diminui com o aumento das doses do fertilizante (Fonseca et al., 1997).

As respostas mais positivas ao P estão condicionadas à adição de doses adequadas

dos outros nutrientes, como nitrogênio (N), potássio (K), enxofre (S), micronutrientes e à calagem (Souza et al., 2004). Esses autores consideram que a correção da acidez do solo contribui para aumentar a disponibilidade de P no solo e, também, a para aumentar a eficiência deste nutriente quando são utilizadas fontes solúveis de P. Trabalho de Couto et al. (1982), estudando a implantação de forrageiras LATOSSOLO VERMELHO argiloso de Cerrado, utilizando calcário e P, sendo esse último aplicado a lanço, permite observar que mesmo para forrageiras mais tolerantes à acidez do solo a economia de P promovido pela calagem torna esta prática recomendável. Estes autores verificaram que a produção de 4,4 t ha<sup>-1</sup> de forragem de *Andropogon gayanus* exigiu 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em área sem calagem, mas apenas 60 kg ha<sup>-1</sup> em área que recebeu calagem.

Entre as forrageiras ocorrem diferenças substanciais quanto à exigência de P no solo. Em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Álico de textura média, no Cerrado da região de São Carlos, SP, Correa & Haag (1993b), com o objetivo de testar níveis críticos (NCs) de P no solo, verificaram notáveis diferenças entre *B. decumbens*, *B. brizantha* cv Marandu e *P. maximum*, na fase de estabelecimento. Para a produção de 4177, 4184 e 4375 kg ha<sup>-1</sup> de MS, correspondente a 80% de produção máxima, foram necessários, respectivamente, 107 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para *B. decumbens*, 327 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para *B. brizantha* e 239 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para *P. maximum*. Esse ensaio evidencia a necessidade de recomendações específicas para as diversas espécies e cultivares de forrageiras. Nesse sentido, as principais Tabelas regionais de recomendação de adubação para pastagens separam as forrageiras conforme seu grau de exigência a fertilidade do solo, já que estas diferenças são verificadas também para outros aspectos da fertilidade do solo, especialmente a acidez (Vilela et al., 2002; Cantarutti & Novais, 2005; Macedo, 2005).

É interessante verificar, ainda, que trabalho de Correa & Haag (1993a), em casa de vegetação, testando as mesmas gramíneas (*B. decumbens*, *B. brizantha* cv Marandu e *P. maximum*) do trabalho de Correa & Haag (1993b), encontraram resultado diverso, não

tendo sido constatadas diferenças entre as espécies em exigência a adubação com P para o estabelecimento e, também, os teores de P no solo (Mehlich 1) na casa de vegetação foram acentuadamente mais altos que aqueles encontrados no trabalho em campo. Esses autores, citando Cope & Evans, consideraram que estudos desta natureza em casa de vegetação apresentam sérias restrições à extrapolação, por causa das diferenças no grau de exploração das raízes das plantas confinadas no vaso e da cultura em campo, de modo que os níveis nos quais as plantas respondem em casa de vegetação geralmente são muito mais elevados do que ocorre em campo. Vale notar ainda que na concentração de P nos tecidos da parte aérea das plantas o padrão campo/casa de vegetação foi um pouco diferente, pois ocorreu maior concentração de P na planta em casa de vegetação de maneira mais acentuada somente em *P. maximum*, enquanto em *B. decumbens* a diferença foi menor e para *B. brizantha*, ao contrário das outras espécies, foi constatada maior concentração de P na parte aérea em campo; além disso a magnitude das diferenças foi menor para a concentração de P foliar em relação à exigência de adubação com P.

No estabelecimento de gramíneas forrageiras o N é considerado importante, sendo geralmente recomendada adubação nitrogenada. Werner et al. (1996) recomendam a aplicação de 40 a 50 kg ha<sup>-1</sup> de N cerca de 30 dias após o plantio. Para sistemas mais intensivos Cantarutti et al. (1999) recomendam quantidades maiores (100 a 150 kg ha<sup>-1</sup>), parceladas em doses de 50 kg ha<sup>-1</sup>, a partir do momento em que 60% a 70% do solo esteja coberto pela forrageira. Vilela et al. (2002) recomendam para o estabelecimento a aplicação de 40 a 50 kg ha<sup>-1</sup> quando mais de 75% da superfície do solo apresentar cobertura pelas plantas; contudo, esta recomendação é feita apenas para solos com baixo teor de matéria orgânica (<1,6% de matéria orgânica).

O N é o nutriente mais requerido pelas gramíneas forrageiras, que responde, de forma intensa a até elevadas doses de N (Paciullo et al., 1998; Alvim et al., 1999). Cantarutti et al. (2002) consideram que além de aumentar a produção, a adubação

nitrogenada, combinada com adequada disponibilidade de água, permite maior flexibilidade no manejo e possibilita a intensificação da exploração das pastagens; contudo, esses autores relatam que, mesmo em sistemas mais intensivos, é comum não ocorrer efeito da adubação nitrogenada na fase de estabelecimento das gramíneas forrageiras.

Os diversos sistemas de renovação das pastagens utilizados para corrigir o processo de degradação e, ou, intensificar o sistema produtivo proporcionam um momento oportuno para a troca da forrageira. Essa prática deve ser estimulada, tendo em vista que a monocultura de *Brachiaria* pode ser considerada um fator limitante para a pecuária no Cerrado (Valle & Rezende, 2005). Nessa região, na última década, a monocultura de *B. decumbens* cv Basilisk foi substituída na sua maior parte pela monocultura de *B. brizantha* cv Marandu; apesar dessa gramínea apresentar várias características vantajosas, está sujeita a diversas pressões bióticas e abióticas, tais como pragas, doenças e baixa fertilidade dos solos (Macedo, 2005). Esse autor considera imperiosa a diversificação das pastagens através de forrageiras com características diferentes das espécies/cultivares mais utilizadas.

No ano de 2001 foi lançada nova opção forrageira pertencente à espécie *P. maximum*: o cultivar Massai. Os cultivares de *P. maximum*, de maneira geral apresentam bom valor nutritivo e potencial de exploração semi-intensiva e intensiva. O capim-Massai é, na realidade, um híbrido espontâneo de *P. maximum* x *P. infestum*, sendo este um dos fatores que, provavelmente, o leva a apresentar características distintas dentre os cultivares de *P. maximum*, tais como diferenças morfológicas acentuadas (folhas finas, menor altura e maior relação folha:caule). Este capim, além de altamente produtivo, apresenta maior tolerância à queda do teor de P e à acidez dos solos, bem como a outros estresses ambientais a exemplo do déficit hídrico, mas apresenta valor alimentício inferior em relação aos outros cultivares de *P. maximum* (Almeida et al., 2000; Bono et al., 2000; Embrapa, 2001; Brâncio et al., 2003).

Alguns estudos em casa de vegetação permitiram verificar respostas positivas do

capim-Massai à adubação fosfatada no acúmulo de massa seca (MS), concentração foliar de P e no teor de proteína bruta (Costa et al., 2004), e à adubação nitrogenada no acúmulo de MS (Kichel et al., 2004) e no número de perfilhos, folhas vivas, comprimento final da lâmina foliar, taxas de alongamento e aparecimento das folhas, além de acréscimo da MS (Martuscello et al., 2006). Paulino et al. (2006) verificaram, em casa de vegetação, que a calagem incrementou os rendimentos de MS e as concentrações de N, P, cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nos tecidos da planta. Em experimentos de corte foram verificados valores satisfatórios de características do valor nutritivo (VN) como teor de PB, digestibilidade, concentração de P e Ca nas folhas (Fernandes et al., 2004; Machado et al., 2004) e boas produtividades de MS (Jank et al., 2004; Martha Junior et al., 2004c).

Foi verificado que o capim-Massai apresenta VN mais próximo àqueles observados em pastagens de *B. decumbens* e *B. brizantha* que de outros cultivares de *P. maximum*, aparentemente devido ao menor ganho de peso por animal observado em pastagem de capim-Massai quando comparado com capim-Tanzânia e capim-Mombaça; além disso foi verificado no capim-Massai menor teor de proteína e menor digestibilidade, além de maiores teores de fibra e lignina que nos outros cultivares testados (Embrapa, 2001).

Lempp et al. (2000), considerando que o VN do capim-Massai não é bem explicado pela composição química e degradabilidade *in situ* das lâminas foliares, realizaram estudo do resíduo da digestão de três cultivares de *Panicum*, dentre eles o Massai, e verificaram alta frequência de estrutura *girder* I nesse cultivar; esses autores consideraram que esta estrutura anatômica da lâmina foliar, provavelmente, afeta o tempo de retenção das partículas no rúmen dos bovinos e sugeriram que existe limitação para a digestão das células da bainha parenquimática dos feixes que pode resultar na excreção de porção significativa de PB. A estrutura *girder* corresponde a um arranjo anatômico em que as células da epiderme são ligadas ao tecido vascular, tanto diretamente por meio das células espessadas do esclerênquima, como indiretamente por células espessadas da bainha dos



feixes vasculares (Wilson, 1993).

Lempp et al. (2004), em novo estudo anatômico das lâminas foliares do capim-Massai, variando a idade de corte e doses de N, com vistas a caracterizar melhor a restrição ao VN, observaram valores de bainha parênquimática dos feixes superiores aos valores de mesófilo, quando o normal seria o inverso; os autores consideram que esta ocorrência pode ser um reflexo da forma estreita e ereta da lâmina foliar desta forrageira, que pode ser prejudicial ao VN; no mesmo estudo verificou-se novamente a alta frequência de estrutura *girder I* (Figura 1).

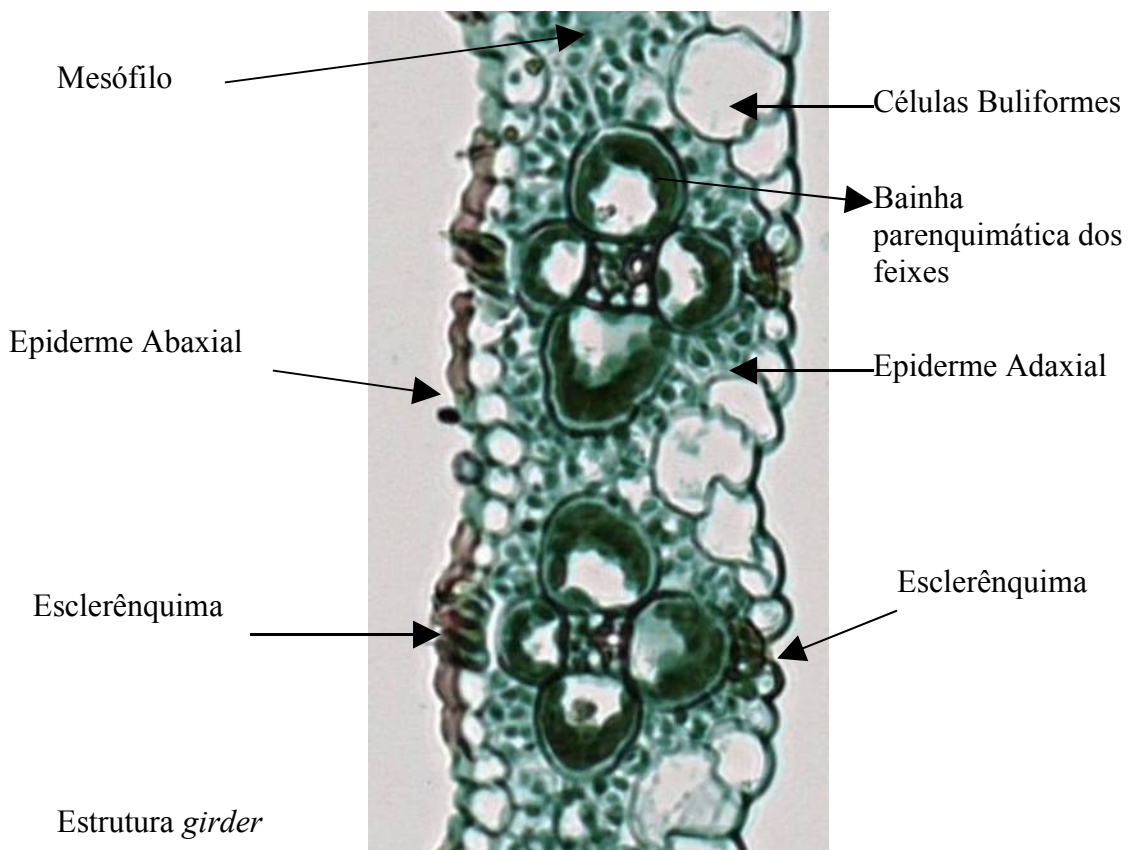


Figura 1 – Seção transversal de fragmentos de lâminas de capim-Massai. Forragem com 28 dias (— 50  $\mu$ m). Fonte: Lempp et al. (2004).

Estas estruturas anatômicas em questão podem afetar a facilidade e extensão da quebra do material, além do seu padrão, no processo de consumo e digestão dos ruminantes (Wilson, 1997). Na conclusão de seu estudo, Lempp et al. (2004) consideraram

que a adubação nitrogenada poderá elevar o VN do capim-Massai se a parede celular da bainha parenquimática dos feixes não apresentar alto teor de lignina.

Brâncio et al. (2002), avaliando a composição química e digestibilidade da forragem de três cultivares de *P. maximum* (Massai, Mombaça e Tanzânia), concluíram que, em função do menor VN do capim-Massai, sua utilização se justifica por outras características agronômicas favoráveis. Algumas destas características já citadas e outras, como boa cobertura do solo e resistência à cigarrinha das pastagens, são consideradas importantes características de adaptação que tornam esta forrageira promissora para a diversificação e viabilização da sustentabilidade dos sistemas de produção de bovinos em pastagens (Euclides et al., 2000).

Na adubação de pastagens devem ser consideradas, distintamente, as fases de estabelecimento e manutenção (Vilela et al., 2002). Trabalhos mais amplos relativos às respostas dos novos cultivares de forrageiras à calagem e adubação ainda são restritos, justificando novos estudos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o acúmulo de forragem e características químicas do solo e da planta do capim-Massai em função de quatro níveis de V e quatro doses de adubação com P e N, em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico do Cerrado, durante a fase de estabelecimento.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local, tratamentos e delineamento utilizado

O experimento foi realizado em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico da classe textural argila-arenosa, na Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, MS (530 m de altitude; 20° 27' S; 54° 37' W), de setembro de 2003 a julho de 2004. O clima local é o tropical chuvoso de Cerrado, com déficit hídrico no período de outono-inverno, temperatura média de 23° C e precipitação média anual de 1560 mm. Os dados médios mensais de chuvas e temperaturas do período experimental encontram-se na Figura 2.

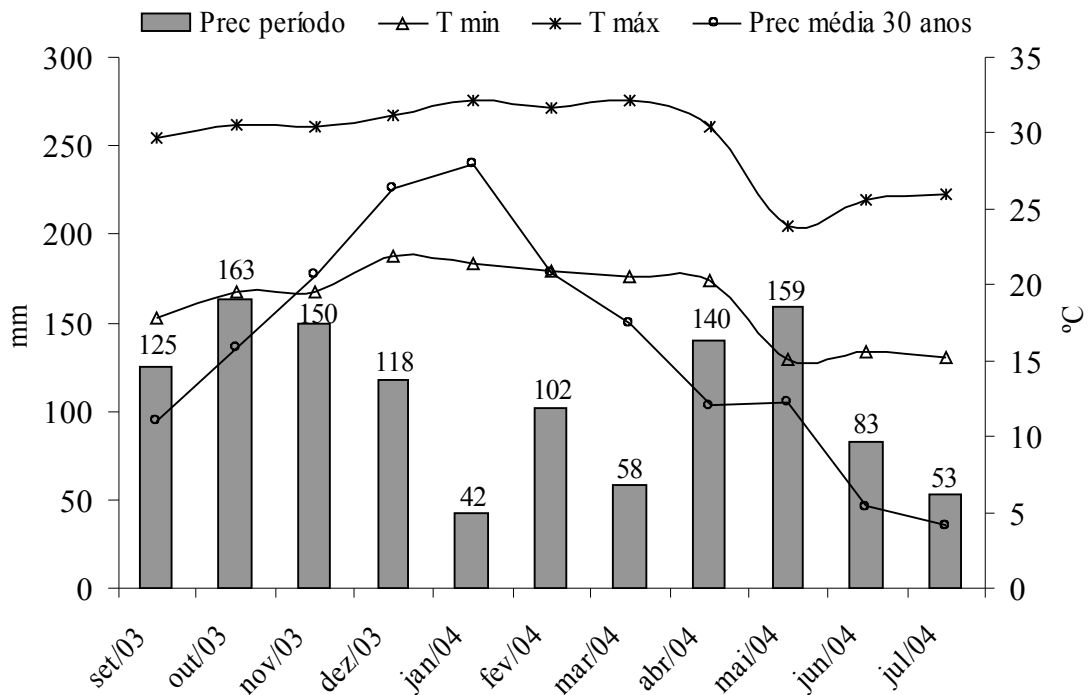


Figura 2 – Precipitação pluvial (mm) e temperaturas mínimas e máximas (°C) mensais e médias mensais de precipitação entre 1973-2003, no período experimental.

Foram testados três fatores (V, P e N) em quatro níveis. Aplicou-se calcário dolomítico com PRNT de 80% visando atingir níveis de V de 20%, 40%, 60% e 80%. As doses de P utilizadas foram 0, 80, 160 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (superfosfato triplo) e as doses de N foram 0, 100, 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> (uréia). O delineamento experimental (Tabela 1) foi em blocos ao acaso no esquema fatorial fracionário (1/2)<sup>4</sup> com dois blocos e 32 parcelas

por repetição (Andrade & Noletto, 1986). Foram utilizadas duas repetições, totalizando quatro blocos com 64 parcelas de 4 x 6 m cada (24 m<sup>2</sup>).

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos nos dois blocos de cada repetição com os níveis e doses dos fatores aplicados. Fósforo:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; Nitrogênio: N

| Tratamentos    | Saturação por Bases |  | Nutrientes                     |     |
|----------------|---------------------|--|--------------------------------|-----|
|                | V (%)               |  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | N   |
|                |                     |  | -----kg ha <sup>-1</sup> ----- |     |
| <b>Bloco 1</b> |                     |  |                                |     |
| 000            | 20                  |  | 0                              | 0   |
| 011            | 20                  |  | 80                             | 100 |
| 022            | 20                  |  | 160                            | 200 |
| 033            | 20                  |  | 240                            | 300 |
| 101            | 40                  |  | 0                              | 100 |
| 110            | 40                  |  | 80                             | 0   |
| 123            | 40                  |  | 160                            | 300 |
| 132            | 40                  |  | 240                            | 200 |
| 202            | 60                  |  | 0                              | 200 |
| 213            | 60                  |  | 80                             | 300 |
| 220            | 60                  |  | 160                            | 0   |
| 231            | 60                  |  | 240                            | 100 |
| 303            | 80                  |  | 0                              | 300 |
| 312            | 80                  |  | 80                             | 200 |
| 321            | 80                  |  | 160                            | 100 |
| 330            | 80                  |  | 240                            | 0   |
| <b>Bloco 2</b> |                     |  |                                |     |
| 003            | 20                  |  | 0                              | 300 |
| 012            | 20                  |  | 80                             | 200 |
| 021            | 20                  |  | 160                            | 100 |
| 030            | 20                  |  | 240                            | 0   |
| 102            | 40                  |  | 0                              | 200 |
| 120            | 40                  |  | 160                            | 0   |
| 113            | 40                  |  | 80                             | 300 |
| 131            | 40                  |  | 240                            | 100 |
| 201            | 60                  |  | 0                              | 100 |
| 210            | 60                  |  | 80                             | 0   |
| 223            | 60                  |  | 160                            | 300 |
| 232            | 60                  |  | 240                            | 200 |
| 300            | 80                  |  | 0                              | 0   |
| 311            | 80                  |  | 80                             | 100 |
| 322            | 80                  |  | 160                            | 200 |
| 333            | 80                  |  | 240                            | 300 |

## Características do solo, operações e análises realizadas

O experimento foi implantado sobre um ensaio anterior que estudou níveis de V, sendo que um dos blocos utilizou área não empregada no ensaio anterior. Foram retiradas amostras de solo nas 64 parcelas do experimento para análise química e duas amostras para análise textural, na profundidade de 0-20 cm, em julho de 2003. Na Tabela 2 encontram-se os resultados das análises, que foram realizadas conforme Embrapa (1997). A calagem destinada a atingir os níveis pré-estabelecidos de V foi realizada em setembro de 2003, em cada uma das parcelas. O calcário aplicado foi incorporado com enxada rotativa até a profundidade aproximada de 20 cm.

Tabela 2 – Resultados das análises químicas e textural do solo na camada 0-20 cm, anterior à instalação do experimento

| Uso de calagem anterior                | Características químicas |   |       |     |      |      |        |    |                     |                    |
|--|--------------------------|---|-------|-----|------|------|--------|----|---------------------|--------------------|
|  | pH                       | Ca  | Mg    | Al  | H+Al | T    | K      | V  | P                   | MO                 |
|  | CaCl <sub>2</sub>        | -----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ----- |       |     |      |      |        | %  | mg dm <sup>-3</sup> | g dm <sup>-3</sup> |
| Não <sup>(1)</sup>                     | 4,37                     | 6,2   | 5,1   | 4,4 | 62,8 | 75,5 | 1,5    | 17 | 2,06                | 3,59               |
| Sim <sup>(2)</sup>                     | 4,86                     | 13,4  | 9,3   | 1,7 | 46,6 | 71,0 | 1,7    | 34 | 2,76                | 3,44               |
| Características físicas <sup>(3)</sup> |                          |   |       |     |      |      |        |    |                     |                    |
| Areia                                  |                          |   | Silte |     |      |      | Argila |    |                     |                    |
| -----g kg <sup>-1</sup> -----          |                          |   |       |     |      |      |        |    |                     |                    |
| 567                                    |                          |   | 62    |     |      |      | 371    |    |                     |                    |

<sup>(1)</sup> Médias de 36 parcelas que não haviam recebido calagem anteriormente.

<sup>(2)</sup> Médias de 28 parcelas que receberam calcário anteriormente.

<sup>(3)</sup> Médias de duas repetições.

As operações de adubação e semeadura foram realizadas entre 15-19 de dezembro de 2003. Todas as parcelas receberam aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio (KCl), 100 kg ha<sup>-1</sup> de enxofre elementar e micronutrientes: 0,2; 2,0; 2,0 e 1,0 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, de molibdênio (molibdato de sódio), zinco e cobre (sulfatos) e boro (bórax). A adubação fosfatada também foi realizada nessa ocasião. Os fertilizantes foram

aplicados a lança e incorporados com enxada rotativa (0-20 cm). O capim-Massai foi semeado em linhas espaçadas de 20 cm utilizando-se 3 kg ha<sup>-1</sup> de sementes puras viáveis, em sulcos com 2-3 cm de profundidade.

A aplicação de N foi feita parte na semeadura (20 kg ha<sup>-1</sup>), exceto na dose 0 de N, juntamente com os outros fertilizantes. O restante de N foi aplicado em cobertura, sendo cada dose dividida em duas aplicações de quantidades iguais. A primeira aplicação ocorreu em 10/02/2004 e a segunda em 10/04/2004.

As amostragens de acúmulo de biomassa foram realizadas em 02/04/2004 e 23/07/2004. Desta forma, o primeiro período de acúmulo de biomassa foi de aproximadamente 96 dias e o segundo de aproximadamente 104 dias, em função que entre o final do primeiro período e o início do segundo houve um intervalo de 7 dias para a uniformização e retirada da massa forrageira da área experimental. Portanto, o período de estabelecimento foi de aproximadamente 200 dias após a emergência das plantas, que ocorreu na média em 26/12/2006.

A amostragem foi feita retirando duas amostras de forragem a 15 cm do solo em cada parcela, em área de 1 m<sup>2</sup> para cada amostra, que foram pesadas verdes e uma delas submetida à secagem a 65° C durante 72 horas e pesada para determinação da umidade e cálculo do acúmulo de massa seca. Uma subamostra de aproximadamente 500 g foi retirada de cada amostra não submetida à secagem para realizar a separação morfológica do capim (folhas, colmos + bainhas e material senescente). Após a separação foram submetidas à secagem e pesadas, de forma idêntica às amostras completas. As folhas secas desta subamostra foram destinadas para análises de PB e DIVMO utilizando-se o sistema de Espectroscopia de Reflectância no Infravermelho Proximal (NIRS), de acordo com os procedimentos de Marten et al. (1985). Os dados de reflectância das amostras, na faixa de comprimento de onda de 1.100 a 2.500 mm, foram armazenados por um espectrofotômetro (modelo NR5000: NIRS Systems, Inc., USA) acoplado a um microcomputador.

Em dias anteriores à amostragem anterior foram coletadas cerca de 100 folhas diagnósticas (lâminas das duas folhas recém-expandidas do ápice para a base, com lígula visível) de cada parcela, conforme Monteiro (2005), para a análise de macronutrientes nas plantas, conforme Sarruge & Haag (1974), com exceção do N que foi determinado pelo NIRS. Após a amostragem foram realizadas as operações de corte, remoção da biomassa e adubação de reposição (100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O com KCl). Em agosto de 2004 foram retiradas amostras de solo nas 64 parcelas (0-20 cm) para análise química, realizadas conforme Embrapa (1997).

### **Análises estatísticas e econômicas**

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e de regressão, usando, respectivamente, os procedimentos GLM e REG do programa SAS (1989). Para todas as variáveis, por meio do modelo polinomial quadrático, ajustaram-se funções da superfície 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. No caso da produção de massa seca verde (MSV) da forragem (folhas e colmos + bainhas), as doses e as combinações de nutrientes para máxima produção foram obtidas por cálculo diferencial  $\partial Y/\partial V = 0$ ,  $\partial Y/\partial P = 0$  e  $\partial Y/\partial N = 0$  (Ferreira, 1999).

Para a máxima produção econômica foi utilizada a técnica da análise marginal (Noronha, 1984). Foram calculadas  $\partial Y/\partial P = C_P/C_{MSV}$  e  $\partial Y/\partial N = C_N/C_{MSV}$ , em que  $C_{MSV}$  é o preço de 1 kg de massa seca verde de forragem e  $C_P$  e  $C_N$  é o preço de 1 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e N, respectivamente. Essa análise não foi feita para a V, já que esta é uma medida indireta das quantidades de calcário utilizadas, que foram variáveis por parcela do ensaio. Assim, considerou-se o nível de V para a máxima produção agrônômica como satisfatório para a máxima produção econômica.

Para os cálculos de retorno econômico, foram considerados os seguintes preços: MSV: R\$ 0,10 kg<sup>-1</sup>; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: R\$ 2,00 kg<sup>-1</sup> dividido por 24 meses, tendo em vista sua ação residual, e multiplicado pela total de meses da fase avaliada; N: R\$ 2,00 kg<sup>-1</sup>. O valor da forragem foi estimado em função do ganho de peso de bovinos em recria sob pastejo, conforme resultados da Embrapa (2001) e estimativas de Martha Junior et al. (2004a), sendo o preço do kg de peso vivo estimado em R\$ 2,10.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Acúmulo de forragem

Os dados de acúmulo apresentados são de massa seca verde (MSV), os quais são mais correlacionados com o consumo e ganho de peso nas pastagens (Mannetje, 1974; Macedo, 2004b). Foi verificada resposta significativa para P nas análises de variância e regressão ( $p < 0,05$ ), enquanto não houve resposta para N na análise de variância ( $p > 0,05$ ) e de regressão ( $p > 0,10$ ). A V, embora não tenha sido significativa a 5% e 10% nas análises de variância e regressão, respectivamente, teve os coeficientes linear e quadrático próximos de nível de significância de 10% ( $0,10 > p < 0,20$ ), testados pelo teste t, na equação de regressão, e estes coeficientes foram utilizados, conforme se detalhará adiante.

Verificou-se resposta quadrática para o P. A maior resposta relativa ( $\text{kgMSV/kgP}_2\text{O}_5$ ) no acúmulo de MSV ocorreu até a dose de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , sendo na média de  $25,62 \text{ kgMSV/kgP}_2\text{O}_5$ , enquanto no intervalo de 80 a  $160 \text{ kg ha}^{-1}$  a resposta foi de  $6,88 \text{ kgMSV/kgP}_2\text{O}_5$  (Tabela 3).

A resposta positiva no acúmulo de biomassa das forrageiras em função do uso de P no estabelecimento é esperada, especialmente nos casos em que os valores de P no solo são baixos, como ocorre nos solos de Cerrado, e está fartamente ilustrada na literatura (Cantarella et al., 2002; Souza et al., 2004). A menor resposta relativa em função do aumento das doses de P também foram verificadas em vários trabalhos (Correa & Haag, 1993b; Carvalho et al., 1994; Fonseca et al., 1997). A demanda inicial de P pelas plantas é geralmente muito elevada mas decresce rapidamente com a idade das plantas (Santos et al., 2002). Esses autores estimaram aos 14 dias elevados níveis críticos de  $95,1$  e  $75,6 \text{ mg dm}^{-3}$  de P para *B. decumbens* e *P. maximum*, respectivamente, em casa de vegetação; aos 28 dias os valores foram 33% menores e para rebrotações de 28 e 42 dias após corte, continuaram a diminuir de forma exponencial.

Tabela 3 – Acúmulo estimado de massa seca verde (MSV) de capim-Massai em resposta a níveis de saturação por bases (V) e adubação com fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e nitrogênio (N). Soma e dois cortes e médias de duas repetições

| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>kg ha <sup>-1</sup> | V<br>% | N<br>kg ha <sup>-1</sup> | Acúmulo de MSV                                |        |
|--|--------|--------------------------|---|--------|
|  |        |                          | Tratamentos<br>-----kg ha <sup>-1</sup> ----- | Médias |
| 0  | 20     | 0                        | 4.203   |        |
| 0  | 20     | 300                      | 5.898   |        |
| 0  | 40     | 100                      | 5.041   |        |
| 0  | 40     | 200                      | 7.398   |        |
| 0  | 60     | 100                      | 7.391   |        |
| 0  | 60     | 200                      | 5.709   |        |
| 0  | 80     | 0                        | 7.221   |        |
| 0  | 80     | 300                      | 4.670   | 5.941  |
| 80   | 20     | 100                      | 6.739   |        |
| 80   | 20     | 200                      | 7.751   |        |
| 80   | 40     | 0                        | 8.812   |        |
| 80   | 40     | 300                      | 8.119   |        |
| 80   | 60     | 0                        | 8.763   |        |
| 80   | 60     | 300                      | 7.677   |        |
| 80   | 80     | 100                      | 7.893   |        |
| 80   | 80     | 200                      | 8.173   | 7.991  |
| 160  | 20     | 100                      | 7.534   |        |
| 160  | 20     | 200                      | 8.562   |        |
| 160  | 40     | 0                        | 9.580   |        |
| 160  | 40     | 300                      | 8.770   |        |
| 160  | 60     | 0                        | 8.070   |        |
| 160  | 60     | 300                      | 8.191   |        |
| 160  | 80     | 100                      | 7.950   |        |
| 160  | 80     | 200                      | 9.668   | 8.541  |
| 240  | 20     | 0                        | 8.035   |        |
| 240  | 20     | 300                      | 9.980   |        |
| 240  | 40     | 100                      | 9.909   |        |
| 240  | 40     | 200                      | 9.412   |        |
| 240  | 60     | 100                      | 7.875   |        |
| 240  | 60     | 200                      | 9.373   |        |
| 240  | 80     | 0                        | 8.794   |        |
| 240  | 80     | 300                      | 10.126  | 9.188  |
| MÉDIA GERAL  |        |                          | 7.915   | 7.915  |
| Teste t  |        |                          | P** <sub>L</sub> P* <sub>Q</sub>              |        |
| Coeficiente de variação                              |        |                          | 0,0959  |        |

\*, \*\* = Significativos a 1% e 5%, respectivamente pelo teste t.

P<sub>L</sub> = componente linear de P; P<sub>Q</sub> = componente quadrático de P.

Correa et al. (1996) avaliando quatro cultivares de *Panicum*, inclusive o cultivar Massai, no estabelecimento, verificaram que a dose de  $P_2O_5$  associada a 80% de produção máxima foi de  $223 \text{ kg ha}^{-1}$ , sendo semelhante entre os cultivares testados, enquanto Correa et al. (1997) verificaram resposta do *P. maximum* cv Tanzânia a doses de  $P_2O_5$  de até  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  no estabelecimento. Estes dados mostram que *P. maximum*, no estabelecimento, responde até altas doses de  $P_2O_5$ . Nas Tabelas de recomendação de adubação fosfatada para o estabelecimento de forrageiras a maior dose recomendada para espécies forrageiras muito exigentes em nutrientes, para solos similares ao utilizado neste trabalho, em função de seu teor de P e de argila, é de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  (Sousa et al., 2004).

A função de resposta (Figura 3) e dados médios de acúmulo de MSV (Tabela 4) considerando as doses de P e a V calculada permite verificar que, além do P, a V calculada também contribuiu para o acúmulo de MSV do capim-Massai.

$$\hat{y} = 4.526,19 + 62,21x + 26,01^{**} z - 0,5384x^2 - 0,05477^* z^2 \quad (R^2 = 0,8966)$$

x = V calculada; z =  $P_2O_5$ ; \*, \*\* = Coeficientes significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t.

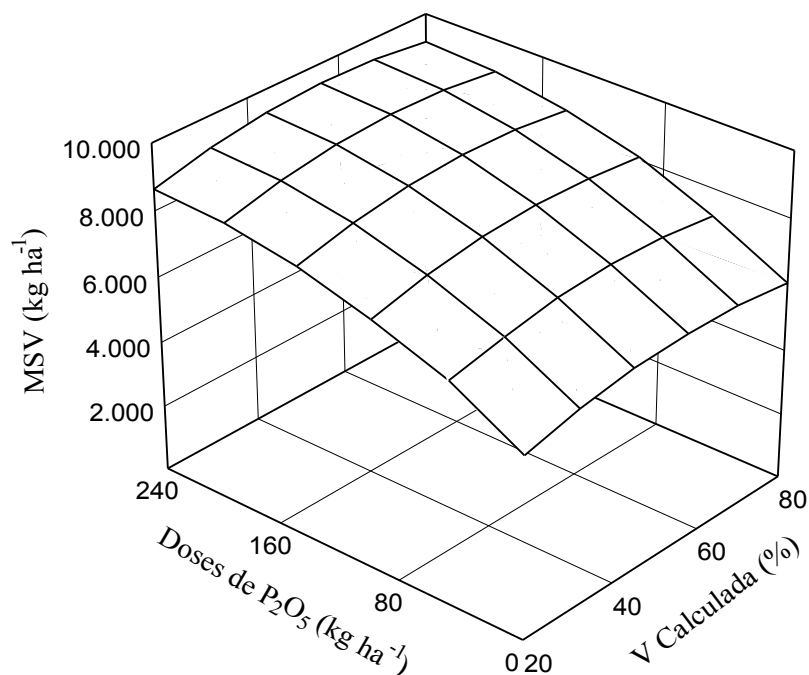


Figura 3 – Acúmulo de massa seca verde (MSV) de capim-Massai em função de níveis de saturação por bases (V calculada) e doses de fósforo ( $P_2O_5$ ).

O aumento na V contribuiu, de forma consistente, para o aumento do acúmulo de MSV, nos níveis 40, 60 e 80% da V calculada em relação ao nível de 20% da mesma (Tabela 4). Além disso, do ponto de vista agrônômico não parece razoável subestimar a oportunidade da prática da calagem com incorporação do calcário no solo durante o estabelecimento da pastagem, em solo ácido.

Tabela 4 – Acúmulo média estimada de massa seca verde de capim-Massai em função das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg ha<sup>-1</sup>) e níveis de saturação por bases calculadas (V Calc ), com os valores de fósforo (P) e saturação por bases no solo (V solo)

| Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | P no Solo (Mehlich 1) | Níveis de V Calc (V solo)      |         |         |         | Médias |
|--|-----------------------|--------------------------------|---------|---------|---------|--------|
|  |                       | -----%-----                    |         |         |         |        |
|  |                       | 20 (11)                        | 40 (28) | 60 (39) | 80 (48) |        |
| kg ha <sup>-1</sup>                    | mg dm <sup>-3</sup>   | -----kg ha <sup>-1</sup> ----- |         |         |         |        |
| 0                                      | 2,26                  | 5.051                          | 6.219   | 6.550   | 5.946   | 5.941  |
| 80                                     | 3,21                  | 7.245                          | 8.466   | 8.220   | 8.033   | 7.991  |
| 160                                    | 4,32                  | 8.048                          | 9.175   | 8.131   | 8.809   | 8.541  |
| 240                                    | 5,43                  | 9.008                          | 9.661   | 8.624   | 9.460   | 9.188  |
| Médias                                 | 3,80                  | 7.338                          | 8.380   | 7.881   | 8.062   | 7.915  |

A resposta ao P ocorreu em todos os níveis de V. São freqüentes respostas positivas à aplicação de P pelas forrageiras tropicais mesmo em níveis baixos de V, em função de sua tolerância à acidez (Macedo, 2004a; Cantarutti & Novais, 2005). O efeito da V aumentando o acúmulo de MSV nas três primeiras doses de P (0, 80 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) pode ter ocorrido pelo aumento de disponibilidade de Ca e Mg e, também, pelo aumento da disponibilidade de P e N às plantas, uma vez que na dose mais alta de P o efeito da calagem não foi evidente. Nessa dose, provavelmente, ocorreu maior efeito do P na nutrição da planta e, também, maior mineralização da matéria orgânica liberando nutrientes, especialmente N (Luz et al, 2004; Souza et al. 2004) e mostrando que as deficiências de Ca e Mg podem não ter sido severas.

A falta de resposta significativa ao N pode ter sido causada pelo suprimento deste nutriente pelo solo através da mineralização da matéria orgânica em função do preparo do solo, calagem e adubação e,ou, pela baixa eficiência da adubação nitrogenada em função das condições climáticas ocorridas no período experimental.

Saraiva & Carvalho (1991) também não verificaram resposta a doses de N de até 120 kg ha<sup>-1</sup> no estabelecimento de capim-elefante, em LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO muito argiloso, mas ocorreu resposta à adubação fosfatada de forma expressiva. Esses autores atribuíram a falta de resposta ao N a mineralização da matéria orgânica, decorrente da alteração na dinâmica do N propiciada pelo preparo do solo e adubação com outros nutrientes. Fisher et al. (1996), consideram que o preparo do solo proporciona aumento na disponibilidade de N no solo através da mineralização da matéria orgânica. Esse processo é intensificado pela calagem e adubação, conforme Cantarutti et al. (2002).

O volume de chuvas durante o estabelecimento foi baixo (Figura 2), alcançando apenas 227 mm entre a semeadura e o primeiro corte da forragem. Logo após a semeadura um período de veranico prejudicou a emergência e sobrevivência das plântulas, exigindo ressemeadura parcial em algumas parcelas do experimento. O baixo volume de chuvas no verão certamente prejudicou a produção de biomassa e pode ter contribuído para a falta de resposta da adubação nitrogenada da 1ª aplicação em cobertura, já que nestas condições climáticas a absorção e utilização do N pode ter sido prejudicada (McNaughton et al., 1982) e a perda por volatilização pode ter sido elevada (Martha Junior et al., 2004 a). No segundo período de crescimento o volume de chuvas foi maior (Figura 2). Contudo, trata-se de estação do ano (outono) em que a resposta das gramíneas forrageiras à adubação é negativamente influenciada por fatores ambientais como temperatura e radiação, que diminuem substancialmente, especialmente a temperatura mínima, bem como pode ter ocorrido perdas significativas de N por volatilização em função da temperatura ainda

elevada na época da cobertura nitrogenada e da alta umidade de parte do período (Martha Junior et al., 2004a; Martha Junior et al., 2004b).

### Pontos de máxima produção e características químicas do solo

A equação ajustada entre os valores de V encontrados no solo, em função dos tratamentos, mostrou significância apenas para a V calculada, ou seja, à calagem realizada para corrigir o solo (Figura 4). A V do solo ficou bastante abaixo dos valores projetados (Tabela 4), apresentando o valor máximo estimado de 48% na calagem efetuada para alcançar a V de 80%.

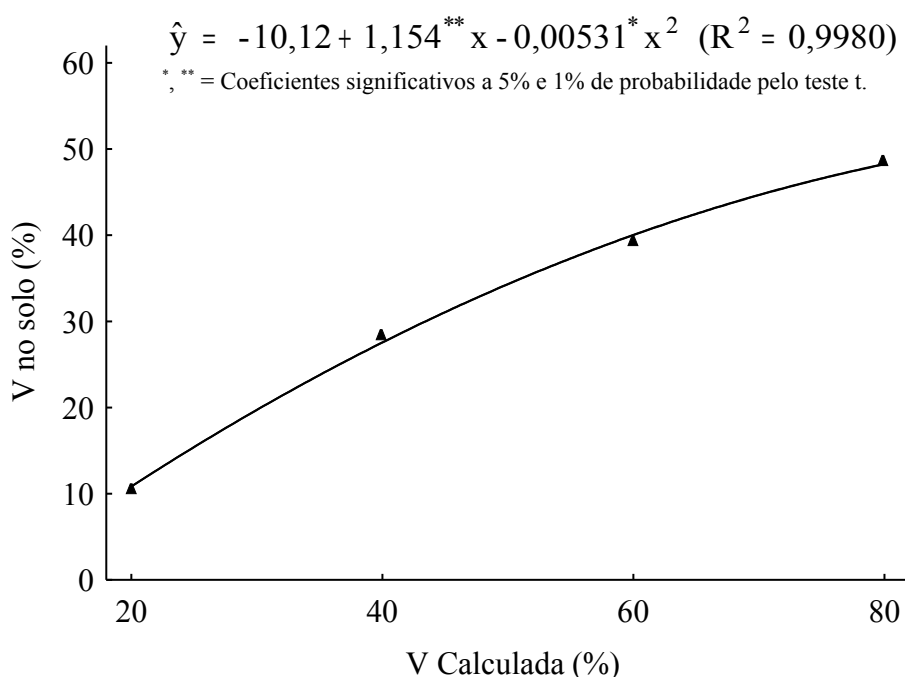


Figura 4 – Saturação por bases encontrada na análise do solo (V no Solo) após o estabelecimento da pastagem em função da saturação por bases calculada (V Calculada).

A dificuldade de atingir os valores alvos de V no solo é encontrada com frequência na literatura. Oliveira et al. (2003), em NEOSSOLO QUATZARÊNICO, utilizando calagem para atingir níveis de 40%, 60% e 80% de V, com e sem incorporação do calcário no solo, em ensaio de recuperação pastagem de *B. decumbens*, verificaram no segundo

ano que os níveis atingidos, na camada de 0-5 cm, foram em torno de 60% para a V calculada de 80%, enquanto nos demais níveis a V mostrou-se próxima dos valores alvos, contudo, nas camadas inferiores a 5 cm, a V foi menor que o proposto. Na camada de 10-30 cm a V permaneceu entre 21 a 25%, para todos os tratamentos, quando a V original, nessa camada, foi de 18%. Os autores levantaram algumas hipóteses em relação ao ocorrido, incluindo a perda de bases pelo solo, extração de bases pela planta e subestimação dos cálculos de calagem. Parece oportuno considerar que os autores relataram apenas a média da V no solo para calagem com incorporação e sem incorporação do calcário.

Volpe (1998), testando métodos de incorporação de calagem e adubação em *B. decumbens* degradada em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico de Cerrado, verificou que a V calculada para 35%, mesmo com a incorporação com arado, alcançou em torno de 25% na camada de 0-20 cm, dois anos após a calagem.

Luz et al. (2004) relatam a ocorrência da V calculada não atingida pela calagem em alguns ensaios e alertam para o monitoramento da V no solo ao final de qualquer trabalho, uma vez que, segundo os autores, a falta de resposta para um nível de V proposto pode ser devida ao insucesso em conseguir alcançá-la. Quaggio (2000) relata que esses resultados de V no solo menores que o esperado ocorrem frequentemente, quando são utilizados calcários tradicionais, porque os carbonatos de Ca e Mg tornam-se menos solúveis com o aumento do pH em sítios do solo em que se localiza o calcário aplicado, ocorrendo o efeito tamponamento; posteriormente, de forma gradativa, ocorre a reação destes carbonatos. Cantarella et al. (2002) consideram, ainda, o efeito das perdas de bases pelo solo e a reacidificação do mesmo promovida pela adubação nitrogenada.

Na função de resposta para os valores de P extraídos do solo por Mehlich 1 (0-20 cm) houve efeito significativo apenas das doses de  $P_2O_5$  aplicadas (Figura 5). O maior valor estimado é de  $5,40 \text{ mg dm}^{-3}$  na dose máxima ( $240 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

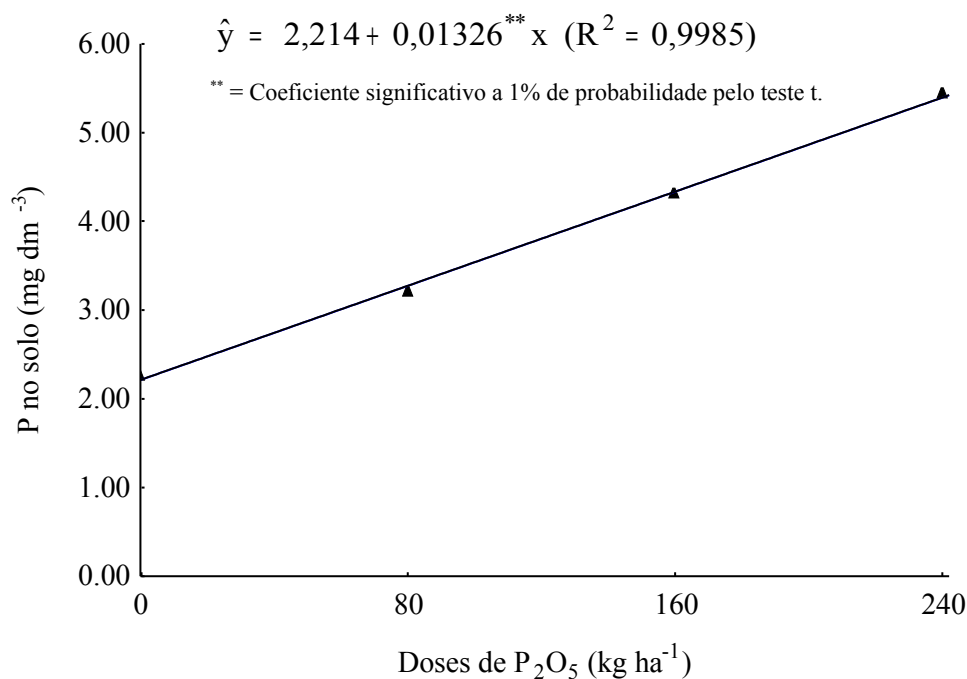


Figura 5 – Valores de fósforo no solo (P no solo) em função das doses de fósforo aplicadas (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), após o estabelecimento da pastagem.

Os níveis de V e as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para a máxima produção agrônômica e para o máximo retorno econômico encontram-se na Tabela 5. O valor estimado de V no solo está condizente com a recomendação da Embrapa (2001) para a implantação de pastagem de capim-Massai (40-45% de V). Note-se que são mostrados os níveis de V calculada e estimada no solo, determinada a partir da equação de regressão da V.

É conveniente lembrar que o N não faz parte da função de resposta por não ter se mostrado estatisticamente significativo. Embora não se possa afirmar que o efeito do N seja diferente de zero, também não é possível afirmar que seja zero (Pimentel-Gomes & Garcia, 2002). No entanto, Alvarez V. (1985) mostra que coeficientes de probabilidade de baixa significância devem ser retirados da equação. Pimentel-Gomes & Conagin (1991) observam que se os coeficientes de segundo grau da equação não diferirem significativamente de zero, em nível razoável de probabilidade, as recomendações obtidas são de pouca utilidade, pois os intervalos de confiança respectivos são certamente enormes e até infinitos.



A avaliação econômica realizada trata-se de um indicativo da melhor dose de  $P_2O_5$ , haja vista que é denominada de critério do capital ilimitado, que busca maximizar o lucro com a maximização do uso de insumos, pressupondo não existir restrições de capital e outros recursos e que não há riscos envolvidos (Alvarez V., 1985).

Tabela 5 – Acúmulo estimado de massa seca verde, nível de saturação por bases (V) calculada (V Calc) e no solo (V solo) e doses de fósforo ( $P_2O_5$ ) aplicadas, nos pontos de máximo agrônomo e econômico, no estabelecimento do capim-Massai (soma de dois cortes)

| Ponto de Máximo  | Produção<br>-----kg ha <sup>-1</sup> ----- | Níveis de V e doses de $P_2O_5$ |  |
|------------------|--|---------------------------------|--|
|                  |  | V Calc (V solo)<br>-----%-----  | $P_2O_5$<br>-----kg ha <sup>-1</sup> ----- |
| Máximo Agrônomo  | 9.411                                      | 58 (39)                         | 237  |
| Máximo Econômico | 9.260                                      | 58 (39)                         | 185  |

Estimando-se o valor de P no solo para as máximas doses econômica e agrônomo de  $P_2O_5$  (Tabela 6), verifica-se que as doses ótimas de  $P_2O_5$  no estabelecimento proporcionaram valores menores de P no solo que o recomendado pela Embrapa (2001) para solos argilosos (acima de 6 mg dm<sup>-3</sup> de P em Mehlich 1). A limitação hídrica durante o verão, justamente na fase de maior resposta à adubação pode ter levado à menor expressão do efeito do P (Souza et al., 2004), refletindo em menor dose para a produção máxima e, conseqüentemente, em menor teor no solo. De qualquer forma, estes teores foram menores do que seria de se esperar, tendo em vista as maiores doses de  $P_2O_5$  utilizadas, o que se deve, provavelmente, a alta capacidade de fixação de P pelos solos argilosos do Cerrado (Novais & Smyth, 1999). Colwell (1984), considera que a idéia dos níveis críticos no solo é atrativa e amplamente aceita, mas as exigências de fertilizantes podem variar amplamente para qualquer nível verificado no solo, dependendo da interação com outras propriedades do solo, como também das condições climáticas estacionais.

Tabela 6 – Valores de fósforo (P) estimados no solo nas doses ótimas do nutriente ( $P_2O_5$ )

para as máximas produções agronômica e econômica no estabelecimento do capim-Massai

| Ponto de Máximo   | Dose de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Valores de P no solo em Mehlich 1  |
|-------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
|                   | -----kg ha <sup>-1</sup> -----        | -----g dm <sup>-3</sup> -----..... |
| Máximo Agronômico | 237                                   | 5,36                               |
| Máximo Econômico  | 185                                   | 4,67                               |

No ponto de máximo acúmulo de MSV os valores estimados pelas equações ajustadas para algumas variáveis do solo que responderam somente ao aumento da V (Figuras 6) foram: pH = 5,12; Ca = 16,45 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e Mg = 12,49 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, que são valores acima dos NCs para as gramíneas forrageiras. Contudo, na V calculada de 20% tanto o pH (4,38) quanto o Mg (3,05 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) estimados apresentam-se em níveis baixos, enquanto o Ca (5,00 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) situa-se no nível médio pelo critério de Raij et al. (1996), que é 4 a 7 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, mas em nível baixo pelo critério de Macedo (2005) para o Cerrado, que é de 10 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

No caso do alumínio (Al) e sua saturação no solo (m), os valores encontrados no ponto de máximo acúmulo de MSV foram: Al = 0,73 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e m = 1,18% (Figura 7). Esses valores encontram-se muito abaixo de alguns relatos associados à produção máxima de algumas gramíneas forrageiras, sendo que mesmo no nível mais baixo de V calculada dificilmente foram limitantes (Cantarutti & Novais, 2005).

Os pontos de máximo de V para todas as equações extrapolou o intervalo estudado, de forma que os maiores valores estimados para as variáveis dependentes são encontrados na V calculada de 80%. Nesse nível o pH mediu 5,38 e o Ca e Mg situaram-se em 20,18 e 15,15 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente; já os teores mínimos de Al e m corresponderam a 0,40 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e 0,62%, respectivamente para a V calculada de 80 e 65%.

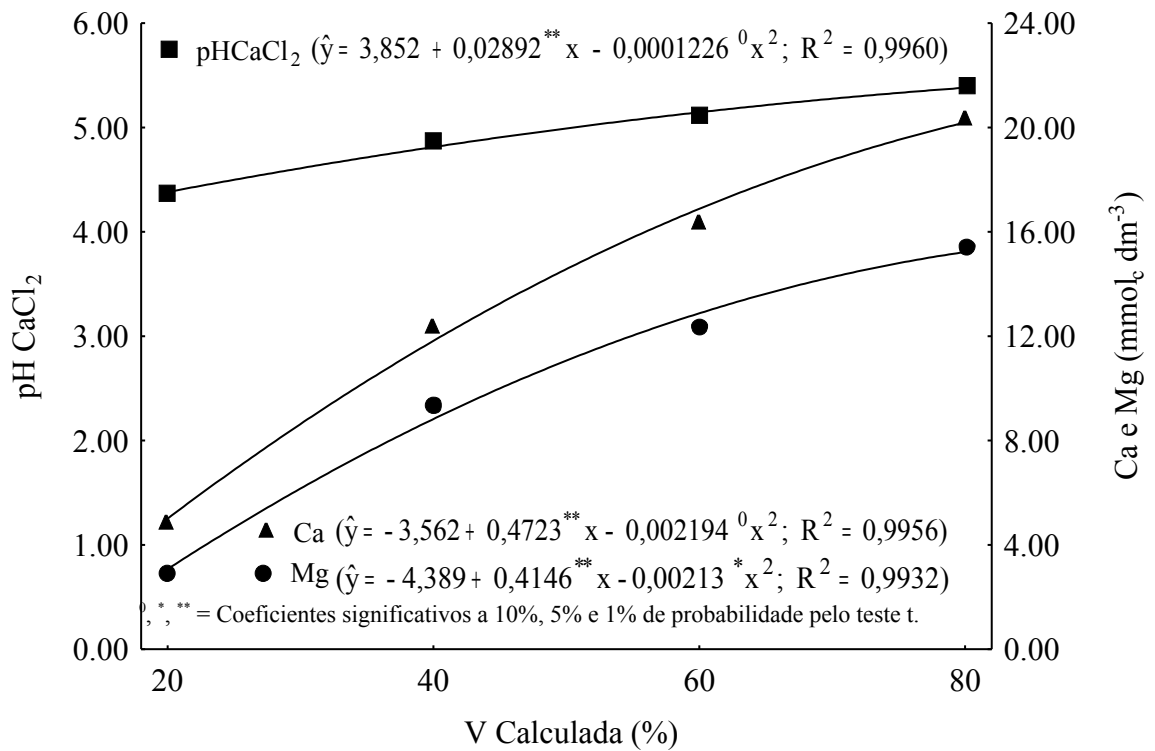


Figura 6 – Valores de pH em CaCl<sub>2</sub>, cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no solo, em função da saturação por bases calculada (V calculada).

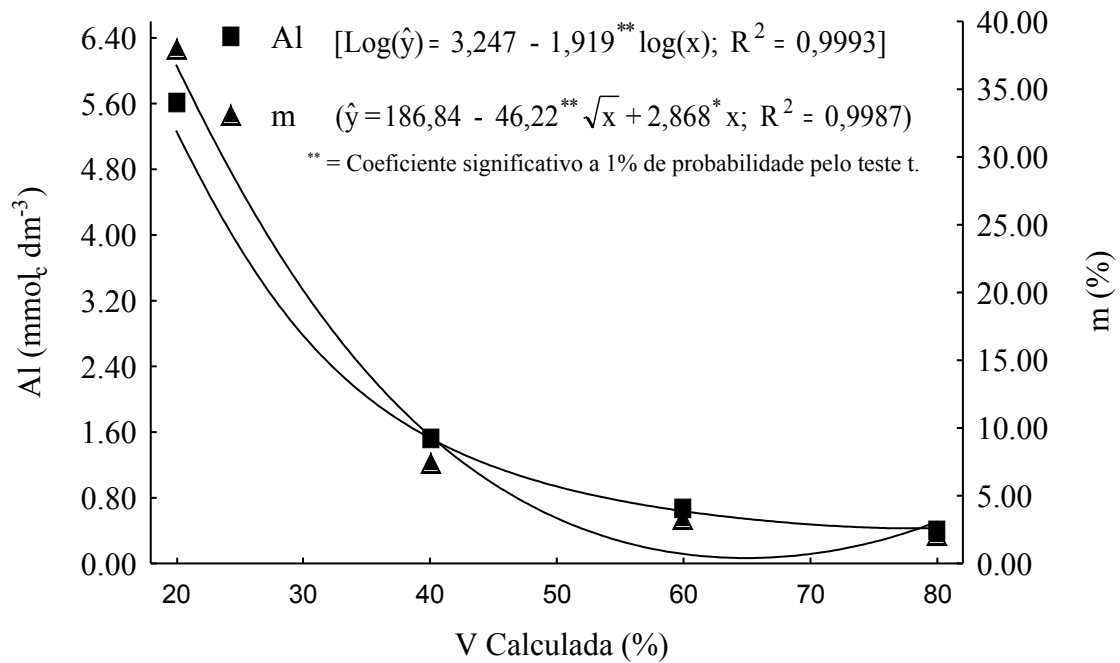


Figura 7 – Valores de alumínio (Al) e saturação por alumínio (m) no solo em função da saturação por bases calculada (V calculada).

### Estado nutricional das plantas

Utilizando-se os resultados da análise das folhas diagnósticas do primeiro corte (verão) foi realizado o ajuste de equações tendo como variáveis respostas os macronutrientes N, P, Ca, Mg e S. A utilização de folhas no crescimento do verão como representativas do experimento deve-se ao fato que a análise das concentrações dos nutrientes nas folhas diagnósticas deve ser realizada em período favorável ao crescimento (Monteiro, 2005). A Figura 8 permite verificar que a concentração de N nas folhas respondeu aos aumentos de V e doses de N, sendo que no ponto de máxima produção de massa seca da forrageira, considerando-se a dose de N igual a zero, a concentração de N estimada foi de 20,66 g kg<sup>-1</sup>.

$$\hat{y} = 19,91 + 0,01288^* x + 0,01548^{**} z - 0,00002848^* z^2 \quad (R^2 = 0,7063)$$

x = V Calculada; z = N; \*, \*\* = Coeficientes significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t.

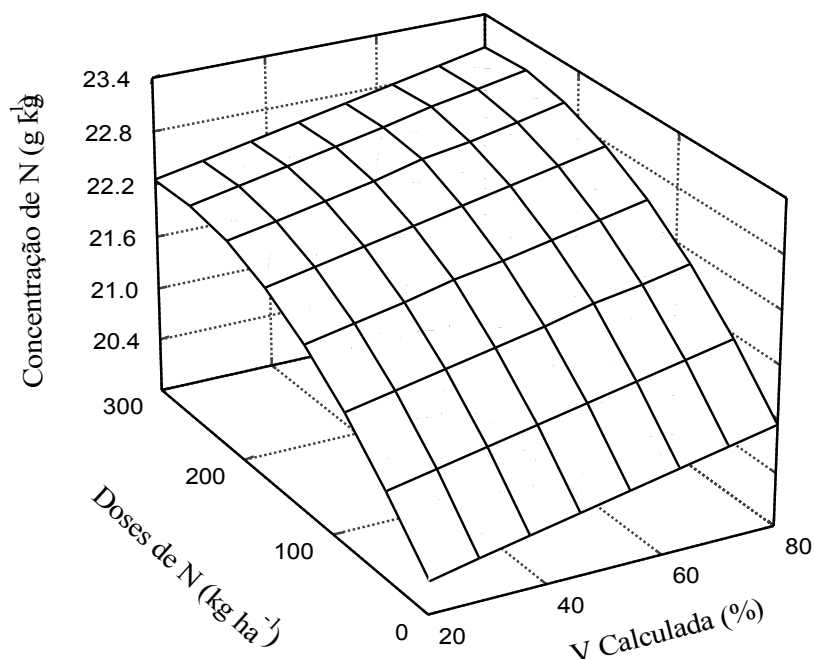


Figura 8 – Concentração de nitrogênio (N) nas folhas diagnósticas de capim-Massai em função dos níveis de saturação por bases calculada (V calculada) e doses de N.

Paulino & Costa (1999), trabalhando em casa de vegetação com LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, verificaram efeito da calagem no aumento da concentração de N na biomassa aérea de *P. maximum* cv IZ-1. Carvalho et al (1991)

verificaram aumento linear da concentração de N na forragem de *B. decumbens* com o aumento das doses de N aplicadas, em trabalho de campo em LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Álico, testando doses de N e K<sub>2</sub>O. Nas folhas diagnósticas das plantas, Manarim & Monteiro (2002) encontraram nível crítico (NC) para N de 16,0 a 16,5 g kg<sup>-1</sup> para *P. maximum* cultivar Mombaça, enquanto Abreu & Monteiro (1999) encontraram 21,4 g kg<sup>-1</sup> para o cultivar Tanzânia.

É interessante notar que embora o efeito do N não tenha se mostrado significativo na produção, foi significativo na concentração das lâminas diagnósticas (Figura 8); no entanto, mesmo na dose zero de N, a concentração ainda estaria acima de 20,0 g kg<sup>-1</sup>, que não é limitante (Monteiro, 2005), o que parece condizente com a aparente disponibilidade suficiente de N no solo mesmo sem a adubação nitrogenada, conforme já abordado. Note-se que a concentração de N atinge um ponto de inflexão próximo à dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> de N e no nível 80% de V calculada (Figura 8). Pela equação de regressão esse ponto de máximo é atingido na dose de 272 kg ha<sup>-1</sup> de N e concentração de 23,04 g kg<sup>-1</sup> de N nas folhas diagnósticas.

A concentração foliar de P variou significativamente em função da V calculada e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. No ponto de máxima produção de MSV da forrageira a concentração de P estimada foi de 1,16 g kg<sup>-1</sup> (Figura 9). A idade avançada das plantas pode ter influenciado a concentração de P por efeito de diluição. Monteiro (2005) cita trabalhos em que o nível crítico (NC) de P, para o cultivar Mombaça foi de 1,13 a 1,17 g kg<sup>-1</sup> e para Tanzânia foi de 1,13 a 1,35 g kg<sup>-1</sup>, nas folhas diagnósticas.

Em casa de vegetação, foram verificadas concentrações acima das já citadas como NCs em gramíneas forrageiras (Costa et al., 1998; Costa et al., 2004). Níveis críticos de nutrientes obtidos em casa de vegetação tendem a ter valor mais elevado, para solos, em função do modo de aplicação do fertilizante, técnica de amostragem do solo e maior disponibilidade dos demais nutrientes (Alvarez V., 1996). Provavelmente estes maiores

níveis críticos no solo refletem em maiores níveis críticos nas folhas. Correa & Haag (2003a, 2003b) verificaram NCs maiores na biomassa aérea em casa de vegetação que em campo em *P. maximum*, porém esse efeito ocorreu em menor escala em *B. decumbens* e não ocorreu em *B. brizantha*. Esses autores justificaram o fato pela diferente capacidade das espécies em acumular P em seus tecidos, especialmente em condições de campo, tendo considerado que o *P. maximum* tem baixa eficiência na absorção de P a campo. Os autores não relataram o cultivar de *P. maximum* utilizado mas, provavelmente, foi o cv Colômbio.

$$y = 0,8488 + 0,00129^{**} x + 0,001943^{**} z - 0,000004^{**} z^2 \quad (R^2 = 0,8938)$$

x = V Calculada; z = P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; \*\* = Coeficiente significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

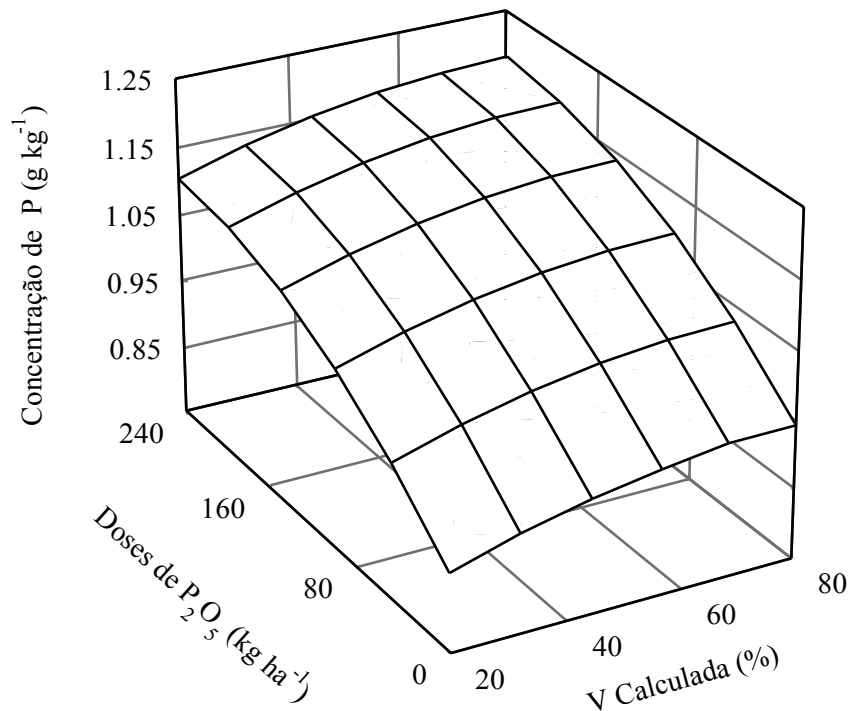


Figura 9 – Concentração de fósforo (P) nas folhas diagnósticas de capim-Massai em função dos níveis de saturação por bases (V calculada) e doses de P (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

É interessante verificar que a V calculada não influenciou os teores de P no solo (Figura 4), mas influenciou os teores foliares (Figura 9), mostrando que a calagem aumenta a disponibilidade de P no solo e, ou, a absorção de P pelas plantas, conforme discutido por Raij (2004). O valor máximo da concentração de P foliar no capim-Massai é atingido no

maior nível de V calculada e maior dose de  $P_2O_5$ , pois extrapolou os intervalos testados, e sua concentração nesse ponto é de  $1,19 \text{ g kg}^{-1}$ . No menor nível de V e dose zero de  $P_2O_5$ , a concentração de P atinge  $0,88 \text{ g kg}^{-1}$ , que é uma condição de deficiência de P para outros cultivares de *Panicum*, de acordo com os NCs apresentados por Monteiro (2005).

Utilizando os valores do ponto de máximo acúmulo de MSV estimam-se as seguintes concentrações em  $\text{g kg}^{-1}$  para os macronutrientes secundários: Ca =  $5,74 \text{ g kg}^{-1}$ ; Mg =  $4,56 \text{ g kg}^{-1}$  (Figura 10) e S =  $1,65 \text{ g kg}^{-1}$  (Figura 11). Nenhum destes macronutrientes pode ser considerado deficiente neste ponto de máxima produção, levando-se em consideração os NCs ou faixas de concentração adequadas para outros cultivares de *Panicum* (Monteiro, 2005).

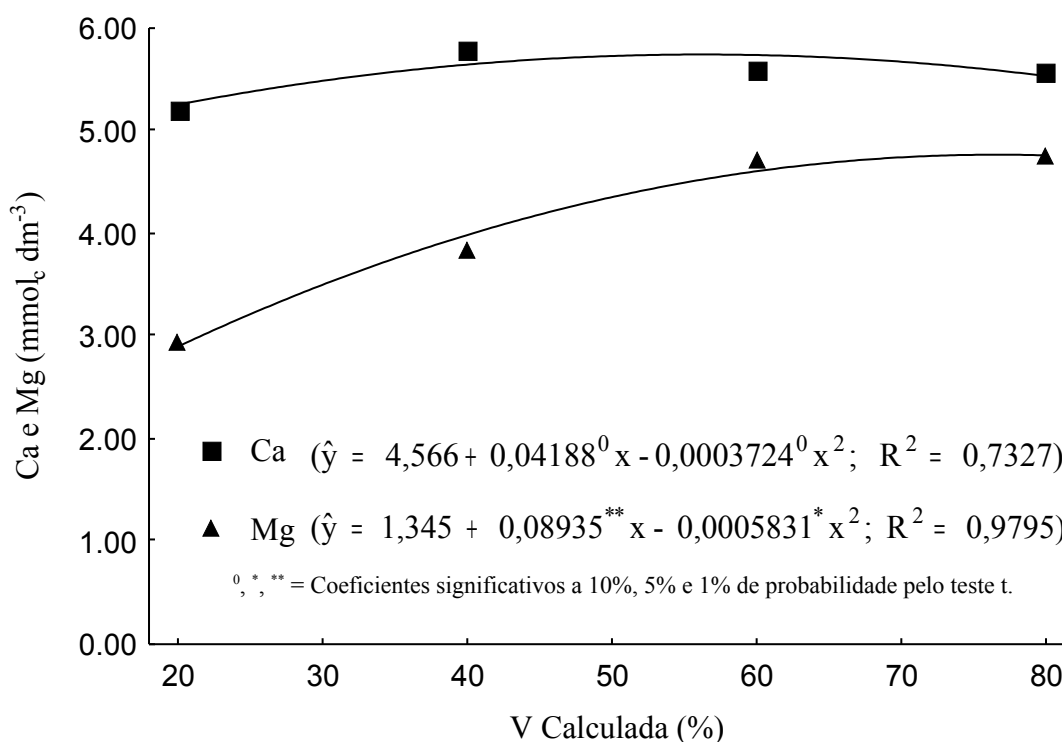


Figura 10 – Concentração de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas diagnósticas de capim-Massai em função da saturação por bases calculada (V calculada).

Pereira (2001) relatou nível crítico para o Mg de  $4,2 \text{ g kg}^{-1}$  nas folhas diagnósticas trabalhando com o capim-Mombaça. Considerando o mesmo nível para o capim-Massai a

concentração foliar de Mg pode ter sido limitante em níveis de V calculadas  $\leq 45\%$ . Outros autores citados por Monteiro (2005) relataram como abaixo de  $1,5 \text{ g kg}^{-1}$  a concentração crítica de Mg para *P. maximum* e considerando esse valor não ocorreu deficiência desse nutriente em qualquer circunstância. Vale lembrar que tanto o Ca quanto o Mg apresentam maior concentração nas folhas mais velhas do vegetal e tendem a aumentar sua concentração com a diminuição do ritmo de crescimento das plantas (Malavolta et al., 1989).

Concentrações de Ca não limitantes em folhas diagnósticas de forrageiras têm sido encontradas sempre acima de  $4,0 \text{ g kg}^{-1}$  que, aparentemente é o NC para este nutriente (Monteiro, 2005), embora esse valor não esteja bem definido. Macedo (2005) cita níveis críticos para Ca em forrageiras variando de  $2,1$  a  $6,0 \text{ mg kg}^{-1}$  enquanto Paulino et al. (2006) relatam nível crítico de  $4,87 \text{ g kg}^{-1}$  na parte aérea do capim-Massai, em casa de vegetação. Como é possível verificar na Figura 10, a variação da concentração de Ca nas folhas foi pouco expressiva e situou-se sempre acima do nível considerado crítico. Portanto, a concentração de Ca foliar não parece ter limitado o capim-Massai em qualquer circunstância.

Os resultados das concentrações foliares para Ca conflitam com os resultados verificados para o teor deste elemento no solo. Na literatura são diferentes os NCs de Ca no solo apontados por alguns autores, conforme já relatado. Monteiro (2005), ao comentar estas distintas interpretações, considera difícil separar os efeitos da acidez do solo e da aplicação de calcário da classificação do teor de Ca no solo e, também, que é incomum a constatação de problema com Ca em gramíneas forrageiras.

Por outro lado, a interpretação do teor de Mg isoladamente no solo não apresenta divergências, mas existe discrepância em relação aos NCs deste mineral no tecido vegetal. Os estudos com folhas diagnósticas ainda são poucos e, dessa forma, o NC foliar ainda não parece estar bem estabelecido.



No caso do S as concentrações críticas para *Panicum maximum* cv Colonião situam entre 0,7 a 1,1 g kg<sup>-1</sup> (Monteiro & Carriel, 1987). Essa faixa parece ser a concentração crítica para gramíneas forrageiras (Werner & Monteiro, 1988). As concentrações do S nas folhas do capim-Massai apresentam-se sempre acima deste nível crítico (Figura 11).

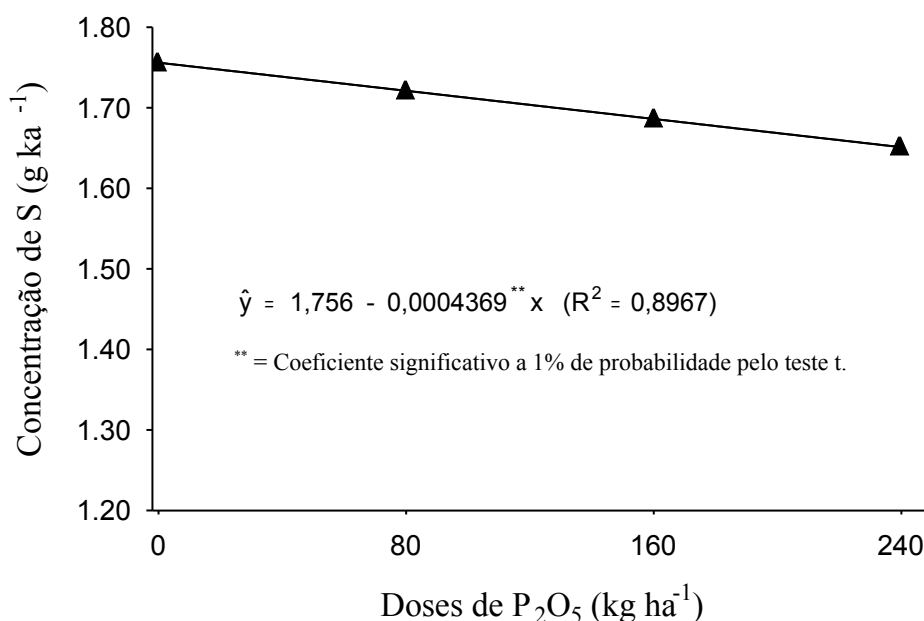


Figura 11 – Concentração de enxofre (S) na folhas diagnósticas de capim-Massai em função de quatro doses de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

É importante considerar a relação entre as concentrações de N e S, que se apresenta adequada quando situada abaixo de 14 em gramíneas (Vitti & Novaes, 1986). Paiva & Nicodemo (1994) relatam trabalho de Paiva et al. com capim-Tanzânia, em que a produção esteve estreitamente relacionada com a relação N:S e aumentou à medida que essa relação apresenta valor menor que 14. As equações das Figuras 8 e 11 permitem estimar no ponto máximo de produção de massa seca verde a relação N:S de 12,52, satisfazendo a relação crítica abaixo de 14. Mesmo nos pontos mínimos a relação N:S estimada é de 12,22.

### **Composição morfológica e valor nutritivo**

Os percentuais de cada componente morfológico encontrados na média dos cortes do

estabelecimento foram: 67,60% de folhas, 19,70% de colmos + bainhas e 12,70% de material senescente. A massa seca verde (MSV) correspondeu a 87,30% da produção de massa seca total estimada e dentre os componentes da MSV as folhas representaram 77,50%. A alta porcentagem de folhas é uma característica importante do capim-Massai (Valentim et al., 2001). Esses autores relatam produção de massa seca de 21,3 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, com a composição morfológica de 75% de folhas, 14% de colmos + bainhas e 11% de material senescente, em experimento de corte. O maior intervalo entre cortes no presente experimento justifica as diferenças entre os dois trabalhos, tendo favorecido uma maior porcentagem de colmos na composição da forragem, em função do estágio de desenvolvimento mais avançado das plantas. No entanto, considerando uma duração de vida das folhas do capim-Massai de aproximadamente 40 dias em condições favoráveis (Martuscello et al., 2006), pode-se verificar que este capim é capaz de manter por tempo relativamente longo uma composição forrageira favorável, com alto percentual de folhas. Nascimento et al. (2002) encontraram, na média de três regiões do meio-norte do País, o percentual de 68% de folhas, com cortes a cada 35 dias na época chuvosa e dois cortes na época seca, e média de 73% de MSV, que foi variável em função da região.

Os valores estimados da DIVMO na fração folhas do capim-Massai em função dos tratamentos (médias de dois cortes) apresentam valor máximo de 66% na máxima V calculada e na maior dose de N; nos níveis inferiores de correção e adubação o valor estimado é 62% (Figura 12). São valores acima da média para gramíneas forrageiras tropicais (Minson & Wilson, 1980).

Primavesi et al. (2000), trabalhando com a gramínea Coastcross em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico de textura média em São Carlos, SP, utilizando cinco doses de N variando de 0 a 200 kg ha<sup>-1</sup>, com cortes a intervalos médios de 24 dias, verificaram aumento significativo de valores da DIVMS (digestibilidade da massa seca) com o aumento das doses de N, enquanto Alvim et al. (2003), trabalhando em campo com

gramíneas do gênero *Cynodon*, em Coronel Pacheco, MG, variando doses de N:K de 250:200 para 500:440 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, em intervalos médios de amostragem de 25 dias no período chuvoso e 45 dias no período seco, não verificaram variação significativa na DIVMS. Correa et al. (2005), em ensaio de campo com capim-Marandu, em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico de textura média, sob clima tropical de altitude, testando cinco doses de N (0 a 200 kg ha<sup>-1</sup>), verificaram que o incremento das doses aumentou significativamente o teor de PB (7,95 a 15%) e a DIVMO (60,1 a 70,2%), em intervalos de corte de aproximadamente 43 dias.

$$\hat{y} = 60,35 + 0,06438^{**} x + 0,01775^{**} z - 0,0002009^{**} xz \quad (R^2 = 0,9206)$$

x = V Calculada; z = N; \*\* = Coeficiente significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

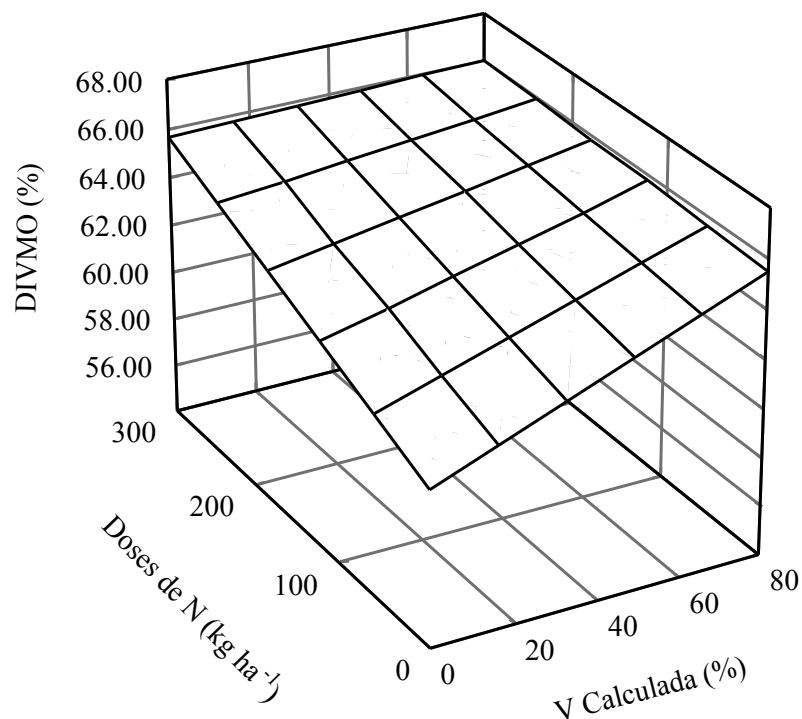


Figura 12 – Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) da fração folhas de capim-Massai em função das doses de nitrogênio (N) e níveis de saturação por bases calculada (V Calculada).

Os valores encontrados da DIVMO são superiores aos verificados por Brâncio et al. (2002) no capim-Massai, que se situaram entre 40-60% em três períodos de avaliação, sob pastejo rotacionado. Foram relatados valores para a DIVMO desta forrageira de 57,1% e

53,7% para os períodos chuvoso e seco, respectivamente (Embrapa, 2001), enquanto Euclides & Medeiros (2003) encontraram variações de 60,8% a 52,2% para a DIVMO em quatro épocas do ano, na média de quatro anos.

O teor de PB na fração folhas estimada pela regressão (médias de dois cortes) varia de 13,72%, para as os valores máximos de V calculada e dose de N, até 11,94% para 20% de V calculada e zero de N (Figura 13).

$$\hat{y} = 11,77 + 0,008727^{**} x + 0,004202^{**} z \quad (R^2 = 0,9074)$$

x = V Calculada; z = N; \*\* = Coeficiente significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

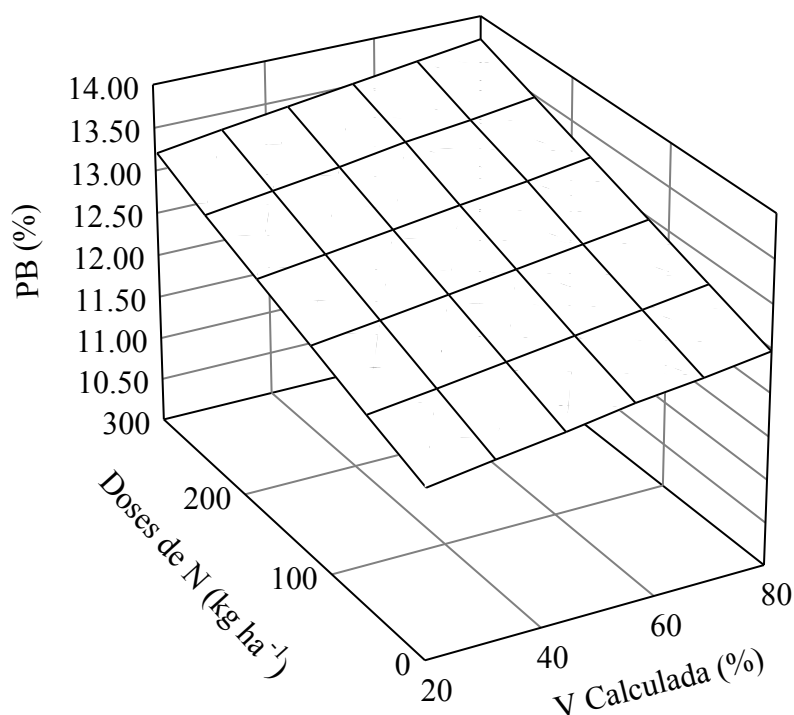


Figura 13 – Teor de proteína bruta (PB) na fração folhas de capim-Massai em função da saturação por bases calculada (V calculada) e doses de nitrogênio (N).

Nota-se que o teor de PB apresentou pequena variação em função dos tratamentos. Tal fato é condizente com a literatura pois as alterações no teor de PB das plantas em função da adubação nitrogenada são bastante complexas (Euclides, 1995). Alvim et al. (2003) não encontraram alterações significativas do teor de PB variando doses de N:K de 250:200 para 500:440 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Já Primavesi et al. (2000) verificaram efeito

significativo e expressivo no aumento de PB de Coastercross com o aumento das doses de N. Macedo et al. (1999) em capim-Marandu e Costa et al. (2004), em capim-Massai, encontraram aumento significativo da PB das folhas em função do aumento das doses de  $P_2O_5$ . Nas avaliações de Brâncio et al. (2002), em capim-Massai sob pastejo, foram encontrados teores de PB inferiores a 10%, enquanto Euclides & Medeiros (2003) encontraram variações de 13,9% a 9,2%. Outros valores relatados para a PB do capim-Massai sob pastejo são de 10,7% no período chuvoso e 8,5% no período seco (Embrapa, 2001).

Os resultados acima da média da DIVMO e PB encontrados nesse trabalho não eram esperados, pois a forrageira apresentava idade avançada nas amostragens. Um atenuante para isso é que os valores são da fração folhas, que é o componente morfológico que apresenta melhor VN nas gramíneas. Outro aspecto importante é que se trata da fase de estabelecimento da forrageira, quando normalmente as características do VN são melhores; além disso, em sistemas de pastejo, especialmente com lotação contínua, a qualidade média da forragem é inferior ao do sistema de corte (Euclides & Medeiros, 2003).

Para Lempp et al. (2000), embora os principais atributos do VN das forrageiras sejam o consumo e a digestibilidade, a resistência de estruturas anatômicas da lâmina foliar à redução do tamanho das partículas também pode influenciar o VN sem ser detectada pelas análises químicas, uma vez que estas estruturas podem ser destruídas com a moagem da amostra. Na fase atual dos estudos este parece ser um fator importante influenciando o VN do capim-Massai, que é inferior aos dos outros cultivares de *Panicum* (Embrapa, 2001). Isso indica que os resultados obtidos nesse trabalho devem ser interpretados com cautela.

O capim-Massai apresentou produção satisfatória mesmo com o verão seco verificado no período, adaptando-se bem ao déficit hídrico, concordando com o relato de Valentim et al. (2001). É importante ressaltar ainda outras qualidades agrônômicas desta

forrageira, como sua resistência à cigarrinha das pastagens e melhor adaptação a solos de menor fertilidade que outros cultivares de *Panicum* (Valério et al., 2002; Bono et al., 2000). Brâncio et al. (2003) relatam que o consumo de forragem pelos bovinos no capim-Massai foi idêntico ao consumo dos outros cultivares de *Panicum* testados (Tanzânia e Mombaça). Esses autores verificaram que o capim-Massai apresentou o menor resultado para ganho de peso por animal mas, em função de sua alta capacidade de suporte no período chuvoso, na mesma dose de adubação nitrogenada ( $50 \text{ kg ha}^{-1}$  por ano), superou os ganhos por área observados nos outros dois cultivares, embora esse maior ganho de peso por área tenha ocorrido apenas no período chuvoso.

A produtividade máxima econômica de MSV estimada ( $9.260 \text{ kg ha}^{-1}$ ), em condições de pastejo, com aproveitamento de 60% da forragem verde, permitiria uma lotação média aproximada de 2,5 unidades animais por hectare, que pode ser considerada bastante satisfatória para as condições climáticas do período experimental.

## CONCLUSÕES

1. O capim-Massai responde até a dose de 237 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. O indicativo da dose econômica é de 185 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, para o estabelecimento de capim-Massai em solo com 39% de saturação por bases.
2. A adubação nitrogenada no estabelecimento não apresenta contribuição significativa para o acúmulo de massa seca verde do capim-Massai.
3. A correção e adubação do solo proporcionam concentrações adequadas dos nutrientes N, P, Ca, Mg e S nas folhas diagnósticas, sendo o efeito mais importante o aumento na concentração do P.
4. A DIVMO e o teor de PB da fração folhas respondem à correção e adubação do solo e apresentam valores adequados na fase de estabelecimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, J.B.R.; MONTEIRO, F.A. Produção e nutrição do capim-marandu em função da adubação nitrogenada e estádios de crescimento. **Boletim de Indústria Animal**, v.56, p.137-146, 1999.

ALMEIDA, A.A.S.; MONTEIRO, F.A.; JANK, L.; Avaliação de *Panicum maximum* Jacq. para tolerância ao alumínio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 339-344, 2000.

ALVAREZ V., V.H. **Avaliação da fertilidade do solo. Superfícies de resposta – modelos aproximativos para expressar a relação fator – resposta**. Viçosa: Imprensa Universitária, UFV, 1985, 75 p.

ALVAREZ V., V.H. Correlação e calibração de métodos de análise de solos. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F., FONTES, M.P.F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS; DPS, 1996, p. 615-645.

ALVIM, M.J.; BOTREL, M.de A.; MARTINS, C.E. ; VILELA, D.; CÓSER, A.C. Produção de leite de vacas da raça holandês com pastagem de coast-cross-1, adubada com três doses de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. CD-ROM.

ALVIM, M.J.; BOTREL, M.de A.; REZENDE, H.; XAVIER, D.F. Avaliação sob pastejo do potencial forrageiro de gramínea do gênero *Cynodon*, sob dois níveis de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n.1, p. 47-54, 2003.

ANDRADE, D.F.de; NOLETO, A.Q. Exemplos de fatoriais fracionados  $(1/2)^4$  e  $(1/4)^4$  para o ajuste de modelos polinômios quadráticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, n.6, p. 677-680, 1986.

BALSALOBRE, M.A.A.; SANTOS, P.M.; BARROS, A.L.M.de. Inovações tecnológicas, investimentos financeiros e gestão de sistemas de produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS. Inovações tecnológicas no manejo das pastagens, 19, 2002. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2002, p.1-30.



BONO, J.A.; MACEDO, M.C.M.; EUCLIDES, V.P.B. Biomassa e área do sistema radicular e resistência do solo à penetração em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo rotacionado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. CD-ROM.

BRÂNCIO, P.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V.P.B.; FONSECA, D.M.; ALMEIDA, R.G.; MACEDO, M.C.M.; BARBOSA, R.A. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo: composição química e disponibilidade da forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 1605-1613, 2002.

BRÂNCIO, P.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V.P.B.; FONSECA, D.M.; ALMEIDA, R.G.; MACEDO, M.C.M.; BARBOSA, R.A. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo: Composição da dieta, consumo de matéria seca e ganho de peso animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n. 5. p. 1037-1044, 2003.

CANTARELLA, H.; CORREA, L.de A.; PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C.; Fertilidade do solo em sistemas intensivos de manejo de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS. Inovações tecnológicas no manejo de pastagens, 19, 2002. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2002, p.99-132.

CANTARUTTI, R.B.; MARTINS, C.E.; CARVALHO, M.M., FONSECA, D.M.; ARRUDA, M.L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F.T.T. de. Pastagens. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.,V.H. (Eds). Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais: **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa, MG, 1999, p. 332-341.

CANTARUTTI, R.B.; FONSECA, D.M.; SANTOS, H.Q.; ANDRADE, C.M.S. Adubação de pastagens – uma análise crítica. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2002. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002, p. 42-84.

CANTARUTTI, R.B.; NOVAIS, R.F. de. Quantificação da necessidade de uso de corretivo e fertilizante em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: Teoria e prática da produção animal em pastagens, 22, 2005. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 2005, p. 181-194.

CARVALHO, M.M.; MARTINS, C.E.; VERNEQUE, R.da S.; SIQUEIRA, C. Resposta de uma espécie de braquiária à fertilização com nitrogênio e potássio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.15, p.195-200, 1991.

CARVALHO, M.M.; MARTINS, C.E.; SIQUEIRA, C.; SARAIVA, O.F. Crescimento de uma espécie de braquiária, na presença da calagem em cobertura e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.16, p.69-74, 1992.

CARVALHO, M.M.; FREITAS, V.P.; CRUZ FILHO, A. B. Requerimento de fósforo para o estabelecimento de duas gramíneas tropicais em um solo ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p. 199-209, 1994.

COLWELL, J. Estudo dos efeitos de solo e clima sobre a respostas de culturas a fertilizantes. In: CONTINI, E.; ARAÚJO, J.D.de; OLIVEIRA, A.J.; GARRIDO, W.E. (Eds). **Planejamento da propriedade agrícola. Modelos de decisão**. Brasília: Embrapa DDT, 1984. p.67-100.

CORREA, L.de A.; HAAG, H.P. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, Álico: I. Ensaio em casa de vegetação. **Scientia Agrícola**, v. 50, n. 1, p. 99-108, 1993a.

CORREA, L.de A.; HAAG, H.P. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, Álico: II. Experimento de campo. **Scientia Agrícola**, v. 50, n. 1, p. 109-116, 1993b.

CORREA, L.de A; FREITAS, A.R.de; EUCLIDES, V.P.B. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de quatro cultivares de *Panicum maximum* em LATOSSO VERMELHO-AMARELO, Álico, In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996, v.2, Forragicultura, p.169.

CORREA, L.de A; FREITAS, A.R de.; VITTI, G.C. Resposta de *Panicum maximum* cv Tanzânia a fontes e doses de fósforo no estabelecimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.190-192.

CORREA, L.de A.; PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; FREITAS, A. R.de; SILVA, A. G.da. Valor nutritivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. **Anais...**Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. CD-ROM.

CORSI, M.; GOULART, R.C.D.; D'ÁVILA, H.M. Teoria e prática da produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: As pastagens e o meio ambiente, 23, 2006. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 2006, p. 507-520.

COSTA, N.L.; PAULINO, V.T.; RODRIGUES, A.N.A.; Efeito da adubação fosfatada sobre o rendimento e composição química da forragem de *Panicum maximum* cv Centenário. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 40, Santa Maria 1998. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. CD-ROM.

COSTA, N.L.; TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A.; PAULINO, V.T.; RODRIGUES, A.N. A. Resposta de *Panicum maximum* cv. Massai à fertilização fosfatada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 41, 2004. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. CD-ROM.

COUTO, W.; SANZONOWICZ, C.; LEITE, E.G. Adubação para o estabelecimento de pastagens consorciadas nos solos de cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO: ALIMENTO E ENERGIA, 6. Brasília, 1982. **Anais...** Embrapa – CPAC, DF. 1982, p.61-78.

CRUZ, M.C.P.; FERREIRA, M.E.; LUCHETA, S. Efeito da calagem sobre a produção de matéria seca de três gramíneas forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n.8, p.303-312, 1994.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de solos, 2. ed. Rio de Janeiro, 1997, 212p. (EMBRAPA/ CNPS, documentos,1).

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. **Capim-Massai (*Panicum maximum* cv Massai): alternativa para diversificação de pastagens**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001, 8 p. (Comunicado Técnico/ Embrapa Gado de Corte, 69).

EUCLIDES, V.P.B.; Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: O capim-colonião, 12, 1995, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 1995, p.245-276.

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; VALÉRIO, J.R.; BONO, J.A.M. Cultivar Massai (*Panicum maximum*) uma nova opção forrageira: características de adaptação e produtividade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. CD-ROM.

EUCLIDES, V.P.B.; MEDEIROS, S.R. de. **Valor nutritivo das principais gramíneas cultivadas no Brasil**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2003, 43 p. (Documentos/Embrapa gado de Corte, 139).

FERNANDES, F.D., MARTHA JÚNIOR,G.B.; RAMOS, B.A.K.; KARIA, C.T.; JANK, L.; Valor nutritivo de acessos de *Panicum máximum* Jacq. no cerrado do Distrito Federal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Campo Grande, 41, 2004. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004, CD-ROM.

FERREIRA, R.S. **Matemática aplicada às ciências agrárias: análise de dados e modelos**. Viçosa:Universidade Federal de Viçosa, 1999. 333p.

FISHER, M.J.; RAO, I.M.; LASCANO, C.E. ; Grasslands in the well-watered tropical lowlands. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds) The ecology and management of grazing systems. **Wallingford: CAB Internacional**, p. 393-425, 1996.

FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A.; ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F. Fatores que influenciam os níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras. II. Em campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p.35-40, 1997.

GOMIDE, J.A.; ZAGO, C.P.; RIBEIRO, A.C.; BRAGA, J.M.; MARTINS, O. Calagem, fontes e níveis de fósforo no estabelecimento e produção de capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq) no cerrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 15, p. 241-246, 1986 .

JANK, L.; RESENDE, M.S.; VALLE, C.B.; CALIXTO, A.G.H.; MACEDO, M.C.M.; HERNANDEZ, A.G.; GONTIJO NETO, M.M.; LAURA, V.A. Avaliação preliminar de genótipos de *Panicum maximum* em Mato Grosso do Sul. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Campo Grande, 41, 2004. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. CD-ROM.

KICHEL, A.G.; MIRANDA, C.H.B.; LEMPP, B. Acúmulo de matéria seca e nitrogênio e perfilhamento de *Panicum maximum* cv. Massai em função de doses crescentes de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Campo Grande, 41, 2004. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. CD-ROM.

LEMPP, B.; EUCLIDES, V.P.B.; MORAIS, M.da G.; VICTOR, D.M. Avaliação do resíduo da digestão de três cultivares de *Panicum maximum*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. CD-ROM.

LEMPP, B.; KICHEL, A.G.; GOMES, R.; SILVA, E.B. de A. Proporção e arranjo de tecidos em lâminas foliares de *Panicum maximum* cv Massai. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. CD-ROM.

LUZ, P.H.C.; HERLING, V.R.; BRAGA, G.J.; VITTI, G.C.; LIMA, C.G. Efeitos de tipos, doses e incorporação de calcário sobre características agronômicas e fisiologias do capim-tobiatã (*Panicum maximum* Jacq.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n.4, p. 964-970, 2000.

LUZ, P.H.C.; HERLING, V.R.; BRAGA, G.J.; OLIVEIRA, P.P.A. Uso da calagem na recuperação e manutenção da produtividade das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: FERTILIDADE DO SOLO PARA PASTAGENS PRODUTIVAS, 21, 2004, **Anais....** Piracicaba: FEALQ, 2004, p.63-100.

MACEDO, M.C.M. Análise comparativa de recomendações de adubação em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: Fertilidade do solo para pastagens produtivas, 21, 2004, Piracicaba. **Anais....** Piracicaba: FEALQ, 2004a, p.317-355.

MACEDO, M.C.M. Adubação fosfatada em pastagens cultivadas com ênfase na região do cerrado. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. (Eds) SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, São Pedro, 2003. **Anais...** Piracicaba: Potafós, 2004b, p. 359-400.

MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema Cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIOS - A PRODUÇÃO ANIMAL E O FOCO NO AGRONEGÓCIO, 2005, Goiânia. Anais da 42a Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. p.56-84.

MACEDO, M.C.M.; BONO, J.A.M.; VIEIRA, V.V. Proteína bruta e digestibilidade em estratos e pastagem de *Brachiaria brizantha* cv Marandu, submetida a diferentes níveis de adubação fosfatada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. CD-ROM.

MACHADO, F.A. ; NASCIMENTO, M.do P.S.; NASCIMENTO, H.T.S.do; OLIVEIRA, M.E.de; LEAL, J.A. Produtividade e valor nutritivo do capim-Massai, a diferentes idades, no meio-norte do Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 41, 2004. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. CD-ROM.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas – princípios e aplicações**. Piracicaba:Potafós, 1989. 201p.

MANARIM, C.A.; MONTEIRO, F.A.; Nitrogênio na produção e diagnose foliar do capim – Mombaça. **Boletim da Indústria Animal**, v. 59, p. 115-123, 2002.

MANNETJE, L.t. Relations between pastures attributes and liveweight gains on a subtropical pasture. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 12. Moscow, 1974. **Proceedings...** Moscow, 1974, p.386-390.

MARTEN, G.C.; SHENK, J.S.; BARTON II, F.E. **Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS), analysis quality**. Washington:USDA, 1985. 110p. (Agriculture Handbook, 643).

MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; BARIONI, L.G.; SOUSA, D.M.G.de; BARCELLOS, A.de O. Manejo e adubação nitrogenada em pastagens In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: Fertilidade do solo para pastagens produtivas, 21, 2004a, **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004a, p. 155-216.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P.C.O.; Nitrogen recovery and loss in a fertilized elephant grass pasture. **Grass and Forage Science**, v. 59, p. 80-90, 2004b.

MARTHA JÚNIOR, G.B. FERNANDES, F.D.; RAMOS, A.K.B.; JANK, L.; VILELA, L.; KARIA, C.T.; ANDRADE, R.P.; FALEIROS, F.G.. Produção de forragem de acessos de *Panicum máximum* Jacq. no cerrado do Distrito Federal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. **Anais...**Campo Grande: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2004c. CD-ROM.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; BARCELLOS, A.de O. A Planta forrageira e o agroecossistema. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: As pastagens e o meio ambiente, 23, 2006. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 2006, p. 87-138.

MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P.M.; CUNHA, D.N.F; Características morfogênicas e estruturais de capim-Massai submetido a adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, 2006, <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 23/02/2006.

McNAUGHTON, S.J.; COUGHENOUR, M.B.; WALLACE, L.L. Interactive processes in grassland ecosystems. In: ESTES, J.R.; TURL, R.J.; BRUNKEN, J.N. (Eds) **Grasses and grasslands – systematics and ecology**. Norman, University of Oklahoma Press, 1982. p.167-193.

MINSON, D.J.; WILSON, J.R.; Comparative digestibility of tropical and temperate forage – a contrast between grasses and legumes. **J. Aust. Inst. Agri. Sci.**, v. 46, n. 4, p. 247-249, 1980.

MONTEIRO, F.A.; CARRIEL, J.M. Aplicação de níveis de enxofre na forma de gesso para cultivo do capim-colonião em dois solos arenosos do Estado de São Paulo. **Boletim de Indústria Animal**. v.44, p.335-347, 1987.

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.

NASCIMENTO, M.S.P.B; NASCIMENTO, H.T.S.do; ARAÚJO NETO, R.B.; LEAL, J.A. **O capim-Massai no meio norte**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2002, 3 p. (Comunicado Técnico/ Embrapa Meio Norte, 142).

NORONHA, J.F. Teoria da produção aplicada à análise econômica de experimentos. In: CONTINI, E.; ARAÚJO, J.D.de; OLIVEIRA, A.J.; GARRIDO, W.E. (Eds). **Planejamento da propriedade agrícola. Modelos de decisão**. Brasília: Embrapa DDT, 1984. p.23-65.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. 1.ed. Viçosa, UFV, 1999. 299p.

OLIVEIRA, P.P.A.; BOARETTO, A.E.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, W.S.; CORSI, M. Liming and fertilization to restore degraded *Brachiaria decumbens* pastures grown on an entisol. **Scientia Agrícola**, v.60, n. 1, p. 125-131, 2003.

PACIULLO, D.S.; GOMIDE, J.A.; RIBEIRO, K.G. Adubação nitrogenada do capim-elefante cv. Mott. 1. Rendimento forrageiro e características morfofisiológicas ao atingir 80 a 120 cm de altura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p. 1069-1075, 1998.

PAIVA, P.J.R.; NICODEMO, M.L.F. **Enxofre no sistema solo-planta-animal**. Campo Grande: Embrapa-CNPGC, 1994, 20 p. (Circular Técnica/ Embrapa-CNPGC, 32).

PAULINO, V.T.; COSTA, N.L.; LUCENA, M.A.; SCHAMMAS, E.A.; FERRARI JÚNIOR, E. Resposta de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu à calagem e à fertilização fosfatada em um solo ácido. **Pasturas Tropicais**, v. 16, n. 2, p. 34-40, 1994.

PAULINO, V.T.; COSTA, N.de L.; Efeito de calagem, adubação fosfatada e micronutrientes no desenvolvimento de *Panicum maximum* Jacq. cv. IZ-1. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. CD-ROM.



PAULINO, V.T.; COSTA, N.de L.; RODRIGUES, A.N.A.; LIMA, J.A.de. Resposta de *Panicum maximum* cv Massai à níveis de calagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa.. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. CD-ROM.

PEREIRA, W.L.M. **Doses de potássio e magnésio em solução nutritiva para o capim-mombaça.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2001.128 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2001.

PIMENTEL-GOMES, F.; CONAGIN, A. Experimentos de adubação: planejamento e análise estatística. In: Embrapa-SEA. **Métodos de pesquisa em fertilidade de solos.** Brasília: EMBRAPA – SEA, 1991, p. 103-188.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais:** Exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba:Fealq, 2002. 309p.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C.; CORREA, L.A.; SILVA, A.G.; CANTARELLA, H. Composição bromatológica de coastcross submetido a diferentes fontes e doses de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. CD-ROM.

QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais.** Campinas: Instituto Agronômico, 2000, 111p.

RAIJ, B.van. Métodos de diagnose de fósforo no solo em uso no Brasil. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. (Eds). SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, São Pedro, 2003. **Anais...** Piracicaba: Potafós, 2004, p.563-588.

RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A., FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1996, 285p. (Boletim Técnico/ Instituto Agronômico de Campinas, 100).

SANTOS, H.Q.; FONSECA, D.M.; CANTARUTTI, R.B.; ALVAREZ V., V.H. Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 173-182, 2002.

SARAIVA, O.F.; CARVALHO, M.M. Adubação nitrogenada e fosfatada para o estabelecimento de capim-elefante em Latossolo Vermelho-amarelo textura argilosa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, n. 2, p. 201-205, 1991.

SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56 p.

SAS INSTITUTE INC.; SAS/STAT - **Users Guide**; Vers. 6, 4 ed. Cary NC, USA, 1989. v. 2, 846p.

SOARES FILHO, C.V.; MONTEIRO F.A.; CORSI, M. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. **Pasturas Tropicais**, v.12, n.2. p.2-6, 1992.

SOUZA, D.M.G.de; MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L. Manejo e adubação fosfatada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: Fertilidade do solo para pastagens produtivas, 21, 2004. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004, p. 101-138.

VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; MOREIRA, P.; JANK, L.; SALES, M.F.L. **Capim-Massai (*Panicum maximum* Jacq): Nova forrageira para a diversificação das pastagens do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001, 16p. (Circular Técnica/ Embrapa Acre, 41).

VALÉRIO, J.R.; SANTOS, A.V. DOS; SOUZA, A.P. et al. *Panicum maximum* cultivar Massai: gramínea forrageira resistente à cigarrinha-das-pastagens *Notozulia entreriana* (Berg, 1879) (Homoptera: Cercopidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 19, 2002, Manaus. **Anais...**, Manaus: Sociedade Brasileira de entomologia, 2002. p.171.

VALLE, C.B.; RESENDE, R.M.S. Grass and forage plant improvement in the tropics and sub-tropics. INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 20, 2005. **Proceedings...** Dublin: University College, 2005. p. 69-80.

VILELA, L.; SOARES, W.V.; SOUSA, D.M.G.de; MACEDO, M.C.M. Calagem e adubação para pastagens. In: SOUSA, D. M. G.de; LOBATO, E. (Eds). **Cerrado correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2002, p. 367-384.

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

VITTI, G.C.; NOVAES, N.J. Adubação com enxofre. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1. Nova Odessa, 1985. **Anais...** Piracicaba: Potafós, 1986. p.175-190.

VOLPE, E. **Sistemas de recuperação direta de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, em LATOSSOLO VERMELHO ESCURO, na região dos Cerrados.** Dourados: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 1998. 126p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 1998.

WERNER, J.C.; MONTEIRO, F.A.; CARRIEL, J.M. Efeitos da calagem em capim Colonião (*Panicum maximum* Jacq.) estabelecido. **Boletim da Indústria Animal.** Nova Odessa, v. 36, n. 2, p. 247-254, 1979.

WERNER J.C. & MONTEIRO F.A. Respostas das pastagens à aplicação de enxofre. In: SIMPÓSIO: ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA. Londrina, 1988. **Anais...** Londrina, EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988. p 87-102.

WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.; J.A.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N. de O. Forrageiras. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGIGIO, J.A.; FURLANI, A.M. **C. 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/ Instituto Agrônomo de Campinas, 100).

WILSON, J.R. Organization of forage plant tissues. JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D.; RALPH, J. (Eds). **Forage cell wall structure and digestibility.** Madison: ASA-CSSA-SSSA, p. 1-27, 1993.

WILSON, J.R. Structural and anatomical traits of forages influencing their nutritive value for ruminants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997, p. 411-429.

## **CAPITULO 2**

### **SATURAÇÃO POR BASES, DOSES DE FÓSFORO E NITROGÊNIO NA MANUTENÇÃO DE CAPIM-MASSAI.**

# **SATURAÇÃO POR BASES, DOSES DE FÓSFORO E NITROGÊNIO NA MANUTENÇÃO DE CAPIM-MASSAI.**

Autor: Edimilson Volpe

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Marlene Estevão Marchetti

## **RESUMO**

Foi realizado um ensaio, durante aproximadamente dez meses, na fase de manutenção de *Panicum maximum* cv Massai em Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado, em Campo Grande, MS, onde foram testados o efeito residual de quatro níveis de saturação por bases (20%, 40%, 60% e 80%) e quatro doses de fósforo (0, 80, 160 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), além da aplicação de quatro doses de nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup>), de forma parcelada, durante a manutenção. O delineamento experimental foi em blocos casualizados no esquema fatorial fracionário (1/2)<sup>4</sup>, com 32 tratamentos e duas repetições.

Os objetivos foram avaliar a produção de forragem, variações na fertilidade química do solo, estado nutricional das plantas através da análise das folhas diagnósticas e características do valor nutritivo (VN) da fração folhas da forragem. Foram realizados três cortes da forrageira.

O maior efeito na produtividade de massa seca verde (MSV) foi do nitrogênio (N). Ocorreram, também, interações entre N e fósforo (P), bem como entre saturação por bases (V) e P. Os níveis mais altos de V promoveram maior eficiência dos fertilizantes. A dose de máxima eficiência econômica para N foi estimada em 209 kg ha<sup>-1</sup>, que ocorreu na doses de 240 kg ha<sup>-1</sup> de P residual e no nível de V calculada de 80% (60% no solo), com acúmulo de MSV estimada em 16.950 kg ha<sup>-1</sup>, na soma de três cortes. O máximo acúmulo agrônomico de MSV ocorreu no valor máximo dos três fatores utilizados e foi estimada em

18.136 kg ha<sup>-1</sup>.

As alterações em características químicas do solo (pH<sub>CaCl<sub>2</sub></sub>, Al, m, V, P, Ca e Mg) mostraram que a acidez diminuiu e a fertilidade química aumentou em função do aumento dos níveis dos fatores utilizados. O teor de P no solo ainda situou-se entre médio a baixo, mesmo na maior dose de fósforo.

A análise das folhas diagnósticas mostrou que todos os nutrientes estudados (N, P, Ca, Mg e S) responderam aos tratamentos. Os nutrientes P, N e, possivelmente, Mg, se mostraram deficientes em parte dos tratamentos utilizados. Aparentemente ocorre efeito de diluição do P nos tecidos do capim-Massai, devido sua eficiência na utilização do nutriente para crescimento.

A digestibilidade *in vitro* de matéria orgânica (DIVMO) e o teor proteína bruta (PB) responderam significativamente aos tratamentos, especialmente ao N. Seus valores médios mostraram-se próximos da média dos valores apresentados por gramíneas forrageiras tropicais. Na falta de adubação com N a DIVMO e o teor de PB foram baixos. A porcentagem de folhas na MSV situou-se, na média, em 80%.

Palavras-chave: Calagem, efeito residual, folhas diagnósticas, forragem, Latossolo, *Panicum maximum*.

# SOIL BASE SATURATION LEVELS, PHOSPHORUS AND NITROGEN RATES IN MASSAI GRASS MAINTENANCE.

By: Edmilson Volpe

Adviser: Marlene Estevão Marchetti

## ABSTRACT

An experiment was carried out, for approximately 10 months, during the phase of *Panicum maximum* cv Massai maintenance in Oxisol of Brazilian Cerrado, in Campo Grande, MS. It was tested residuary effects in four soil saturation base levels (20%, 40%, 60% and 80%) and four phosphorus rates (0, 80, 160 and 240 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), beyond four nitrogen rates (0, 100, 200 and 300 kg ha<sup>-1</sup>) partitioned in three parts. It was used fractionated factorial type (1/2)<sup>4</sup>, with 32 treatments and two repetitions.

The purposes were to evaluate the green dry mass (GDM) accumulation, soil chemical fertility changes, grass nutrition state by diagnostic leaves analysis and leaves nutritive value characteristics (NV). It were done three cuts in the grass forage.

The major effect in green dry mass (GDM) accumulation was the nitrogen (N). It also occurred interaction between N and phosphorus (P), and between soil base saturation (V) and P. The V highest levels caused greater fertilizer efficiency. For N the major economical efficiency rate estimated was 209 kg ha<sup>-1</sup>, that occurred in 240 kg ha<sup>-1</sup> rate of residuary P and and V target level of 80% (60% in the soil), with estimated GDM accumulation, in three cuts sume, of 16.950 kg ha<sup>-1</sup>. The major physical accumulation occurred in the three factors highest value used and it was estimated in 18.136 kg ha<sup>-1</sup> of GDM.

The changes in soil chemical characteristics (pH<sub>CaCl<sub>2</sub></sub>, Al, m, V, P, Ca and Mg) presented that the acidity reduces and the chemical fertility increased with the levels increment of the used factors. The P availability in the soil presented itself medium to low, even in the highest phosphorus rate.

The diagnostic leaves analysis presented that all the studied nutrients (N, P, Ca, Mg and S) responded to the treatments. The limiting nutrients were P, N and, possibly, Mg, that presented themselves deficient in part of the used treatments. It seemingly occurred P dilution effect in *Panicum maximum* cv Massai tissue, due to its efficient in using the nutrient for growth.

The in vitro organic matter digestibility and the crude protein responded to the treatments, specially to N. Their values were only medium along the presented values by tropical forage grasses. In default of N fertilization its values presented low. The percentage of lamina leaves in GDM presented itself in average 80%.

Keywords: diagnostic leaves, forage, liming, Oxisol, *Panicum maximum*, residuary effect.



## INTRODUÇÃO

A pastagens cultivadas no Cerrado geralmente ocupam solos ácidos de baixa fertilidade e são constituídas, quase em sua totalidade, por duas espécies de *Brachiaria*. De maneira geral apresentam sérios problemas de sustentabilidade, dentre os quais destaca-se o processo de degradação, que é consequência do modelo extrativista predominante na pecuária da região. A maioria das soluções passa pela intensificação do sistema de produção, em maior ou menor grau, o que significa, do ponto de vista agrônomo, manejo adequado das pastagens e investimentos em fertilidade do solo, além da diversificação das forrageiras utilizadas (Vilela et al., 2004; Macedo, 2005; Valle & Resende, 2005).

Luz et al. (2004) consideram que para discutir a correção e adubação das pastagens deve-se considerar a planta forrageira, para depois discutir as práticas corretivas e finalmente as de adubação. O capim-Massai é uma nova opção forrageira morfológicamente muito distinta dos demais cultivares de *Panicum* em utilização. Trata-se de um híbrido espontâneo entre *P. maximum* e *P. infestum*, que forma touceira (cespitoso), com altura média de 60-65 cm, folhas finas (1 cm) e quebradiças, que apresenta colmos finos e verdes (Embrapa, 2001; Valentim et al., 2003). Esse cultivar demonstrou menor exigência nutricional que outros cultivares de *Panicum maximum*, principalmente em relação ao fósforo (P), maior tolerância ao alumínio (Al) e boa adaptação a situações de déficit hídrico (Bono et al., 2000; Euclides et al., 2000; Valentim et al., 2001). Seu desempenho e persistência são melhores em solos de textura média e argilosa (Embrapa, 2001).

Os estudos desenvolvidos para sua avaliação mostram que o capim-Massai adapta-se muito bem nas diversas regiões do Brasil, com destaque às regiões Centro-Oeste e Norte (Embrapa, 2001). É destacada também a sua resistência à cigarrinha das pastagens (Valério et al., 2002). O desempenho dos animais em pastagem do capim-Massai foi verificado

como inferior ao obtido em capim-Tanzânia e capim-Mombaça (Barbosa e Euclides, 1997). Essa inferioridade pode ser compensada por maior taxa de lotação (Brâncio et al., 2003). Foram verificados no capim-Massai menores teores de proteína e de digestibilidade, além de maiores conteúdos de fibra e lignina que os cultivares Tanzânia e Mombaça. Desta forma, considera-se que o capim-Massai apresenta qualidade inferior às dos outros cultivares de *P. maximum*, com valor nutritivo (VN) mais próximo daqueles observados em pastagens de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* (Embrapa, 2001).

Algumas causas da limitação no VN do capim-Massai foram estudadas por Lempp et al. (2000) e Lempp et al. (2004). Esses autores verificaram arranjos anatômicos nos tecidos da lâmina foliar do capim-Massai que, muito provavelmente, contribuem em grande parte para seu menor VN, destacando-se a alta ocorrência da estrutura *girder I* e maior quantidade de tecidos da bainha parenquimática dos feixes em relação ao mesófilo. Esses arranjos anatômicos podem afetar a facilidade e extensão da quebra do material, além do seu padrão, no processo de consumo e digestão dos ruminantes (Wilson, 1997). Lempp et al (2004) consideram que a adubação nitrogenada pode melhorar o VN do capim-Massai se a parede celular da bainha parenquimática dos feixes não apresentar alto teor de lignina. Outra sugestão para melhorar a qualidade de dieta seria utilizar o capim com 21 a 28 dias de descanso, o que é favorecido pela sua alta velocidade de rebrota (Embrapa, 2001).

As pesquisas têm mostrado, há décadas, que a correção e adubação dos solos é fundamental para aumentar e,ou manter a produtividade das pastagens, tornando-se essencial para sua sustentabilidade (Cantarutti et al., 2002). Esses autores apontam que recomendações para calagem e adubação têm sido elaboradas, apesar destas práticas ainda serem incipientes no Brasil, e que estas recomendações nem sempre são coerentes com os resultados experimentais, tendo em vista a complexidade do sistema de produção em pastagens.

Embora ainda existam ainda muitas lacunas a serem preenchidas, as informações existentes para a recomendação de adubação com P para a fase de estabelecimento das pastagens são consideradas satisfatórias, na fase atual dos conhecimentos (Vilela et al., 2002; Souza et al., 2004). A adubação de manutenção das pastagens com P é considerada ainda um desafio (Macedo, 2004b). Souza et al. (2004) sugerem que o teor crítico de P no solo, para a fase de manutenção, seria equivalente a cerca de 80% para a fase de estabelecimento. Cantarutti & Novaes (2005), em análise comparativa das diversas recomendações, relatam que na fase de manutenção a doses recomendadas de P situam-se na faixa de 50 a 60% menor que as recomendadas para a fase do estabelecimento. Estes autores consideram esta recomendação coerente tendo em vista a redução exponencial do requerimento externo de P com a idade das forrageiras.

Aspecto importante de P no solo na fase de manutenção das pastagens é o efeito residual da adubação de estabelecimento. Diversos autores relatam esse efeito, cuja frequência e magnitude depende das doses de P (Cantarella et al., 2002; Cantarutti et al., 2002; Souza et al., 2004). Esse efeito tem duração de vários anos mas, regra geral, é mais acentuado nos dois primeiros anos (Souza et al., 2004). Conforme esses autores, o efeito residual de P no solo aumenta a eficiência de conversão do P-fertilizante em forragem, podendo atingir valores de 44 a 222 kg de massa seca por kg de  $P_2O_5$ , os quais seriam economicamente viáveis; porém, considerando somente o resultado da fase de estabelecimento, a conversão média é de 21,2 kg de massa seca por kg de  $P_2O_5$ , o que compromete economicamente esta adubação. É necessário ressaltar que grande parte da eficiência do fósforo depende da aplicação de outros nutrientes no sistema, especialmente nitrogênio (N), na fase de manutenção (Oliveira et al., 2001).

A eficiência de conversão de P diminui acentuadamente com o aumento da dose de  $P_2O_5$  (Correa & Haag, 1993b; Carvalho et al., 1994; Fonseca et al., 1997; Santos et al.,

2002) o que, em parte, explica a grande variação da eficiência de conversão de P em forragem.

Souza & Lobato (2004) relatam estudos sobre o efeito residual de P onde se verifica que o maior efeito ocorre com a utilização de fontes solúveis granuladas em preparo convencional do solo. Os autores citados indicam que o valor residual de fertilizantes fosfatados solúveis em água (em relação ao efeito imediato no ano de aplicação) é de 60%, 45%, 34%, 15% e 5%, respectivamente, após um, dois, três, quatro e cinco anos de aplicação. Em função disso é recomendado que a adubação corretiva de P deva ser considerada como investimento e amortizada no período de cinco anos, nas proporções de 40%, 25%, 20%, 10% e 5% no transcorrer de cinco anos de aplicação do fertilizante fosfatado.

Correa & Freitas (1997), estudando o efeito residual de P (superfosfato triplo), por 2 anos, utilizando três doses (0, 100 e 800 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) em quatro cultivares de *Panicum* (Tanzânia, Mombaça, Vencedor e Massai) verificaram que na fase de manutenção a resposta ao P foi acentuadamente menor que no estabelecimento, embora a concentração foliar de P permanecesse mais alta em função da adubação. Os autores verificaram ainda que um ano e meio após a adubação (após dez cortes) as respostas ao nutriente voltaram a ocorrer, provavelmente em função da redução do P nativo do solo. Cantarella et al. (2002) relatam trabalho com capim-Tanzânia onde foram reaplicadas quatro doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em cobertura (0, 50, 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup>) em área que tinha recebido doses de 0, 100, 200 e 800 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no estabelecimento há dois anos. Após sete cortes foram verificadas respostas ao P aplicado em cobertura somente nas áreas que receberam 0 e 100 kg ha<sup>-1</sup> no estabelecimento. Desta forma as doses de 200 e 800 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> proporcionaram significativo efeito residual após dois anos de aplicação.

Estudos do efeito residual de calagem em forrageiras são relativamente escassos. O trabalho de Werner (1979), em solo com pH em H<sub>2</sub>O de 4,5, mostrou não haver efeito

positivo da calagem do capim-Colonião em três anos. Ressalte-se que a calagem foi realizada superficialmente e que a adubação nitrogenada foi apenas para manutenção. Primavesi et al. (2005) trabalhando em campo com *B. decumbens* em LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, sob clima tropical de altitude, na região de São Carlos, SP, com adubação de 400 kg ha<sup>-1</sup> de N por ano na forma de sulfato de amônio testaram, dentre outros tratamentos, doses de calcário de 0, 1, 2, 4 e 8 t ha<sup>-1</sup> aplicadas em cobertura. Verificou-se que o efeito maior na produção foi do N. A dose de 8 t ha<sup>-1</sup> de calcário produziu, aproximadamente, 20% mais massa seca em 4 anos que o tratamento sem calagem, 15% mais que a dose 1 t ha<sup>-1</sup>, 8% mais que a dose 2 t ha<sup>-1</sup> e apenas 4% mais que a dose 4 t ha<sup>-1</sup> de calcário. O aumento da produção em função da calagem só mostrou-se significativo a partir do 3º ano. Também não houve efeito da incorporação da calagem na dosagem de 4 t ha<sup>-1</sup>. Os autores concluíram que houve efeito da calagem, porém mais como fonte de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) de que como corretivo da acidez do solo. Vale lembrar que a espécie testada é altamente tolerante à acidez do solo (Rao et al., 1996).

Couto et al. (1985), estudando o efeito residual de P, aumentando as doses até 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, e da calagem (0 e 4 t ha<sup>-1</sup>), aplicados entre três e seis anos antes em LATOSSOLO VERMELHO de Cerrado, observaram que a calagem aumentou a resposta do P sobre a produção de massa seca e a concentração foliar do P em quatro forrageiras tropicais. Foram notados efeitos maiores em forrageiras mais exigentes em fertilidade (*P. maximum*) e com a maior dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> utilizada; contudo, o efeito residual da calagem foi observado mesmo em gramíneas consideradas mais tolerantes à acidez.

Cantarella et al. (2002) consideram que a necessidade de calagem não deve ser subestimada em áreas adubadas com N. Recomendações quanto à saturação por bases (V) no solo variam, mesmo para forrageiras sob utilização intensiva, não havendo consenso entre os diversos autores (Werner et al., 1996; Cantarutti et al., 1999; Souza & Lobato,

2002; Luz et al., 2004). Cantarutti et al. (2002) consideram que a maioria das forrageiras tropicais sómente responde à calagem quando há deficiência de Ca e,ou, Mg no solo.

O nitrogênio (N) é o nutriente mais importante na fase de manutenção das pastagens (Cantarella et al., 2002; Macedo, 2004a). As gramíneas forrageiras respondem de forma intensa a até elevadas doses de N (Paciullo et al., 1998; Alvim et al., 1999; Lugão et al., 2001). Setelich et al. (1998a), trabalhando com capim elefante anão sob pastejo verificaram que o aumento das doses de N aumentou a densidade de perfilhos, sustentou, no vale do Itajaí (SC), maior número de folhas vivas por perfilho, reduziu a taxa de senescência das folhas maduras e aumentou a taxa de alongamento das folhas. Como resultado ocorreu aumento linear do acúmulo de massa seca da forrageira. A adubação nitrogenada dobrou a taxa de lotação na pastagem na dose mais alta ( $750 \text{ kg ha}^{-1}$ ), mas não houve aumento no ganho de peso por animal (Setelich et al., 1998b). Primavesi et al. (2001) verificaram resposta de Coastcross a dosagem de até  $1000 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Nesse trabalho a eficiência de conversão do N em massa seca (MS) diminuiu de  $38,4 \text{ kg}$  para dose de  $125 \text{ kg ha}^{-1}$  de N para  $14,8 \text{ kg}$  de MS para a maior dose ( $1000 \text{ kg ha}^{-1}$ ), utilizando como fonte a uréia.

Martha Junior et al (2004a), compilando resultados de 382 observações verificaram uma eficiência de conversão média de N-Fertilizante em forragem de  $26,1 \text{ kg MS/kg N}$ . Os valores da eficiência decresceram com o aumento das doses e a amplitude verificada foi de  $5$  a  $83 \text{ kg MS/kg N}$ . Os autores relacionam diversos fatores que afetam essa eficiência. Esses fatores dependem tanto da planta quanto do ambiente e dificultam o planejamento de práticas de controle e adubação com N (Santos, 2004). A perdas por volatilização do N-uréa aumentam expressivamente com o aumento das doses, podendo ocorrer perdas próximas a  $80\%$  em altas doses, especialmente se as condições climáticas forem desfavoráveis, quais sejam: elevada temperatura, ausência de precipitação imediatamente

depois da adubação e altas taxas de evaporação da água do solo, que são comuns no final do período das chuvas (Martha Junior et al., 2004b).

Existem diferenças entre espécies e entre cultivares da mesma espécie na eficiência de conversão do N, conforme mostra o trabalho de Schunke (1998) com quatro cultivares de *Panicum maximum* (Vencedor, Tobiata, Aruana e Tanzânia). É mostrado também neste trabalho que a resposta ao N dependeu da adubação com P. Conforme Martha Junior et al (2004a) o atendimento das demandas nutricionais da planta com outros nutrientes é fundamental para otimizar a resposta ao N, especialmente a adubação com P, potássio (K) e enxofre (S).

Monteiro (1995) recomenda, para a adubação das pastagens de *P. maximum*, doses de N variando de 50 a 300 kg ha<sup>-1</sup>. Segundo esse autor, doses mais elevadas que a mínima são aconselhadas para aumentar a produtividade e em explorações mais intensivas, enquanto adubações anuais de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N evitam a degradação da pastagem. Dose mínima idêntica é recomendada por Cantarutti et al. (1999) e tem sido praticada com resultados satisfatórios em pastagens de três cultivares de *Panicum* (Tanzânia, Mombaça e Massai) em solo de Cerrado com quase dez anos de estabelecimento (Brâncio et al., 2003). Contudo, Myers & Robbins (1991) estimaram o déficit anual de N em pastagem de *P. maximum* como de 100 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. A deficiência de N determina a redução da produção e do VN da forrageira. Se o déficit de N persistir por um período de tempo considerável (variável com o tipo de forrageira e outros fatores), a pastagem entrará em processo de degradação (Martha Junior et al., 2004a).

A maioria das fontes de N são acidificantes. No Brasil a principal fonte de N utilizada é a uréia, principalmente em função de seu menor custo, sendo também utilizado o sulfato de amônio, que tem a vantagem de conter 24% de enxofre e estar menos sujeito a perdas por volatilização, mas sua unidade de N é mais cara que o N-uréia. Para neutralizar a acidificação gerada no solo pela aplicação de 1 kg de N proveniente de uréia são

necessários 1,8 kg de carbonato de cálcio, enquanto para 1 kg de N proveniente de sulfato de amônio são necessários 5,4 kg de carbonato de cálcio (Tisdale et al., 1985).

A análise foliar de forrageiras têm sido objeto de diversos trabalhos. Monteiro (2005) considera bem estabelecido o uso das folhas diagnósticas de forrageiras (lâminas das duas folhas recém-expandidas do ápice para a base, com lígula visível) para a avaliação de seu estado nutricional. Contudo, ainda há alguns macronutrientes que não apresentam níveis críticos (NCs) bem definidos, conforme se verifica nas recomendações de Werner et al. (1996) e Macedo (2005), bem como em diversos trabalhos visando determinar NCs de nutrientes em forrageiras (Martinez, 1980; Correa et al., 1996; Costa et al., 1998; Pereira, 2001; Santos et al., 2002; Costa et al., 2004). Há que se considerar ainda que ocorrem diferenças entre forrageiras (Martinez, 1980; Fonseca et al., 1992; Fonseca et al., 2000). É freqüente, também, observar variação do valor do NC na mesma forrageira entre os trabalhos realizados, especialmente para trabalhos no campo e em casa de vegetação e nas diferentes fases da pastagem (estabelecimento e manutenção). Santos Junior et al. (2005) verificaram, nas folhas diagnósticas do capim-Tanzânia, variação no teor de macronutrientes em diferentes idades de rebrote e entre estações do ano, em trabalho de campo. Não obstante, a análise química das plantas é considerada importante no contexto de um programa de manejo, de forma que os resultados sirvam para um adequado monitoramento da nutrição mineral da forrageira (Monteiro, 2005).

Alguns trabalhos têm verificado o papel da adubação das forrageiras no suprimento de P aos bovinos. Macedo (2004b) alerta ser improvável observar, nas pastagens estabelecidas no Cerrado, concentrações de P foliar iguais ou superiores ao NC na dieta animal ( $1,80 \text{ g kg}^{-1}$ ) na massa seca da parte superior da planta, como média, por períodos longos, e tal fato demonstra a necessidade de suplementação mineral com P para os animais. De fato, os trabalhos mostram que o melhor efeito ocorre na combinação entre



adubação fosfatada e suplementação mineral de P aos bovinos (Kerridge et al., 1990; Schunke et al., 1993).

Macedo (2004b) considera problemática a recomendação de adubação de manutenção das pastagens. Para o autor, as informações que subsidiam a tomada de decisão quanto aos níveis de adubação em função dos níveis de produção desejados são limitadas. Essa opinião é compartilhada por outros autores (Vilela et al., 2002; Cantarutti & Novais, 2005). Macedo (2004b), considera ainda que são necessários experimentos de longa duração com a presença do animal, que ocupa papel fundamental no sistema, mas estes experimentos além de demorados são caros e complexos.

Enquanto isso, experimentos em parcelas, sob cortes, podem atuar como importante ponto de apoio ao entendimento, desde que devidamente contextualizados. Estudos mais amplos relativos às respostas de novos cultivares de forrageiras à calagem e adubação ainda são restritos, especialmente na fase de manutenção.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de forragem e características químicas do solo e da planta, além de características do VN do capim-Massai, em função do efeito residual de quatro níveis de V e quatro doses de adubação com P, adubando a forrageira na manutenção com quatro doses de N em cobertura, de forma parcelada, em LATOSSOLO VERMELHO típico de Cerrado, durante um período de aproximadamente dez meses na fase de manutenção.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local, tratamentos e delineamento utilizados

O experimento foi conduzido em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico de classe textural argila-arenosa, na Embrapa Gado de Corte, em Campo Grande, MS (530 m de altitude; 20° 27' S; 54° 37' W), sob clima tropical chuvoso de savana, com déficit hídrico no período de outono-inverno, temperatura média de 23° C e precipitação média anual de 1560 mm. Os dados pluviométricos e a temperatura média mensal local, do início ao término do experimento encontram-se na Figura 1.

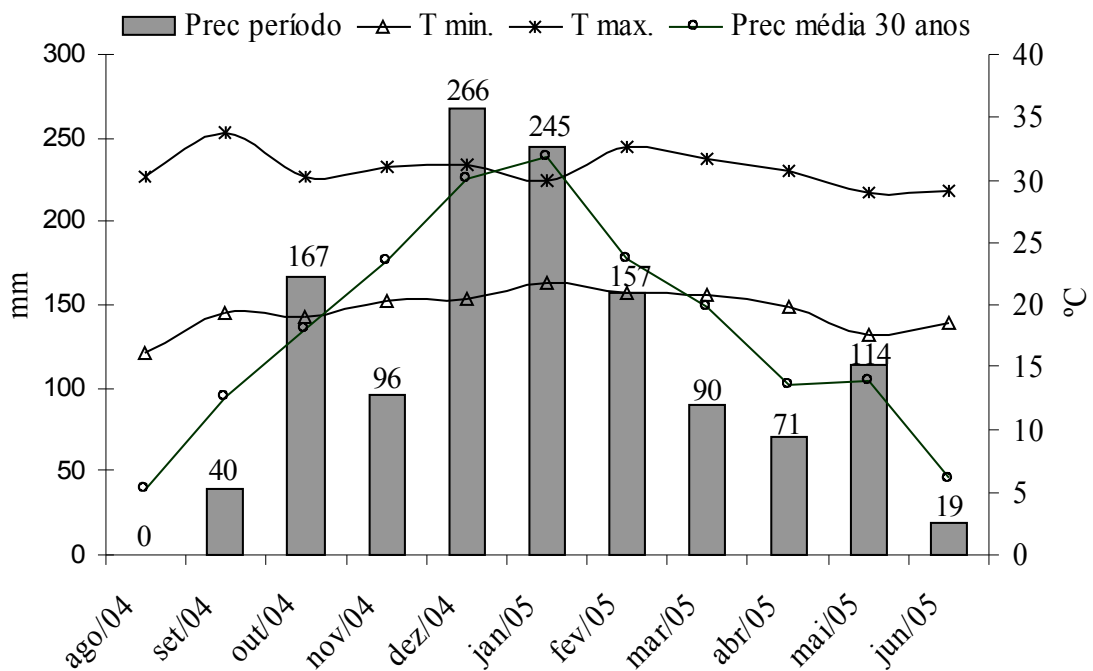


Figura 1 – Precipitação pluvial (mm) e temperaturas mínimas e máximas (°C) mensais e médias mensais de precipitação entre 1973-2003, no período experimental.

Foram testados três fatores (saturação por bases, fósforo e nitrogênio) 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 semeadura. As doses de P utilizadas (0, 80, 160 e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) também foram aplicadas na fase de estabelecimento,

utilizando superfosfato triplo na semeadura. Tanto a calagem como o P foram incorporados até a profundidade de 20 cm, com enxada rotativa.

O experimento aqui relatado, da fase de manutenção de *Panicum maximum* cv Massai, correspondeu à continuidade de experimento anterior, que testou os mesmos fatores e níveis no estabelecimento desta forrageira. Os fatores P e V na manutenção correspondem à avaliação do efeito residual destes fatores utilizados no estabelecimento. O único fator reaplicado foi o N. As doses de N utilizadas foram: 0, 100, 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N (uréia). O delineamento experimental (Tabela 1) foi em blocos casualizados no esquema fatorial fracionário (1/2)<sup>4</sup> com dois blocos e 32 parcelas por repetição (Andrade & Noletto, 1986). Foram utilizadas duas repetições, totalizando quatro blocos com 64 parcelas de 4 x 6 m cada (24 m<sup>2</sup>). A seguir são relatadas com detalhes as atividades de implantação do experimento da fase de estabelecimento.

### **Operações e análises realizadas no estabelecimento**

O experimento foi implantado sobre um ensaio anterior que estudou níveis de V, sendo que um dos blocos utilizou área não empregada no ensaio anterior. As operações de adubação e semeadura foram realizadas entre 15-19 de dezembro de 2003. Além dos tratamentos, todas as parcelas receberam aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio), 100 kg ha<sup>-1</sup> de enxofre elementar e micronutrientes: 0,2; 2,0; 2,0 e 1,0 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, de molibdênio (molibdato de sódio), zinco e cobre (sulfatos) e boro (bórax). Foi aplicado 20 kg ha<sup>-1</sup> de N nas parcelas destinadas a receber adubação nitrogenada (sendo o restante utilizado posteriormente). Os fertilizantes foram aplicados a lança e incorporados com enxada rotativa (0-20 cm). O capim-Massai foi semeado em linhas espaçadas de 20 cm utilizando-se 3 kg ha<sup>-1</sup> de sementes puras viáveis.

Os resultados da análise química e textural (0-20 cm) do solo, realizadas conforme Embrapa (1997), são mostrados na Tabela 2.

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos nos dois blocos de cada repetição com os níveis dos fatores aplicados. Fósforo: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; Nitrogênio: N

| Tratamentos | Saturação por Bases | Nutrientes                     |     |
|-------------|---------------------|--------------------------------|-----|
|             | V (%)               | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | N   |
|             |                     | -----kg ha <sup>-1</sup> ----- |     |
| Bloco 1     |                     |                                |     |
| 000         | 20                  | 0                              | 0   |
| 011         | 20                  | 80                             | 100 |
| 022         | 20                  | 160                            | 200 |
| 033         | 20                  | 240                            | 300 |
| 101         | 40                  | 0                              | 100 |
| 110         | 40                  | 80                             | 0   |
| 123         | 40                  | 160                            | 300 |
| 132         | 40                  | 240                            | 200 |
| 202         | 60                  | 0                              | 200 |
| 213         | 60                  | 80                             | 300 |
| 220         | 60                  | 160                            | 0   |
| 231         | 60                  | 240                            | 100 |
| 303         | 80                  | 0                              | 300 |
| 312         | 80                  | 80                             | 200 |
| 321         | 80                  | 160                            | 100 |
| 330         | 80                  | 240                            | 0   |
| Bloco 2     |                     |                                |     |
| 003         | 20                  | 0                              | 300 |
| 012         | 20                  | 80                             | 200 |
| 021         | 20                  | 160                            | 100 |
| 030         | 20                  | 240                            | 0   |
| 102         | 40                  | 0                              | 200 |
| 120         | 40                  | 160                            | 0   |
| 113         | 40                  | 80                             | 300 |
| 131         | 40                  | 240                            | 100 |
| 201         | 60                  | 0                              | 100 |
| 210         | 60                  | 80                             | 0   |
| 223         | 60                  | 160                            | 300 |
| 232         | 60                  | 240                            | 200 |
| 300         | 80                  | 0                              | 0   |
| 311         | 80                  | 80                             | 100 |
| 322         | 80                  | 160                            | 200 |
| 333         | 80                  | 240                            | 300 |

Tabela 2 – Resultados das análises químicas e textural do solo na profundidade 0-20 cm, anterior à instalação do experimento

| Uso de calagem anterior | Características químicas |   |     |     |      |      |     |    |                     |                    |  |
|-------------------------|--------------------------|---|-----|-----|------|------|-----|----|---------------------|--------------------|--|
|                         | pH                       | Ca  | Mg  | Al  | H+Al | T    | K   | V  | P                   | MO                 |  |
|                         | CaCl <sub>2</sub>        | -----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ----- |     |     |      |      |     | %  | mg dm <sup>-3</sup> | g dm <sup>-3</sup> |  |
| Não <sup>(1)</sup>      | 4,37                     | 6,2   | 5,1 | 4,4 | 62,8 | 75,5 | 1,5 | 17 | 2,06                | 3,59               |  |
| Sim <sup>(2)</sup>      | 4,86                     | 13,4  | 9,3 | 1,7 | 46,6 | 71,0 | 1,7 | 34 | 2,76                | 3,44               |  |

| Características físicas <sup>(3)</sup> |       |        |
|--|-------|--------|
| Areia                                  | Silte | Argila |
| -----g kg <sup>-1</sup> -----          |       |        |
| 567                                    | 62    | 371    |

<sup>(1)</sup> Médias de 36 parcelas que não haviam recebido calagem anteriormente.

<sup>(2)</sup> Médias de 28 parcelas que receberam calcário anteriormente.

<sup>(3)</sup> Médias de duas repetições.

### Fase de manutenção

Após o término do período considerado de estabelecimento a área experimental foi uniformizada e teve início a nova fase experimental, considerada de manutenção do capim-Massai, a partir do início de agosto de 2004. Nesta nova fase, além de efeito residual da V e do P, a adubação testada foi cobertura nitrogenada com uréia, nas doses 0, 100, 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N, divididas em três parcelas iguais para cada dose (0; 33,33; 66,67 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de N) no início, meio e fim da estação chuvosa.

A primeira aplicação foi realizada em 16 de outubro de 2004, e a segunda e terceira em 21/12/2004 e 04/03/2005, respectivamente, após as amostragens e uniformização da área experimental do 1º e 2º cortes. Foram realizadas três amostragens nas seguintes datas: 13/12/2004, 23/02/2005 e 07/06/2005. Ocorreram, portanto, três períodos de crescimento:

- 01/08/2004 até 13/12/2004: duração de 134 dias: 1º Corte;
- 21/12/2004 até 23/02/2005: duração de 63 dias: 2º Corte;
- 01/03/2005 até 07/06/2002: duração de 97 dias: 3º Corte.

Os prazos entre o final de um período de crescimento e o início do outro se referem aos dias que transcorreram entre a amostragem e o término da uniformização (corte e remoção de biomassa das parcelas) da área experimental. Portanto, o período efetivo de crescimento da forrageira totalizou 294 dias (aproximadamente 10 meses). Após o corte de dezembro, foi realizada aplicação de micronutrientes nas mesmas doses da semeadura, bem como nova calagem em um dos blocos em que a V encontrava-se muito abaixo do previsto, buscando alcançar os níveis de V pré-determinados.

As amostragens de produtividade da biomassa aérea da forrageira foram realizadas retirando duas amostras de forragem em cada parcela, em área de 1 m<sup>2</sup> cada amostra, que foram pesadas verdes e uma de cada parcela foi submetida a secagem a 65° C durante 72 horas e pesada para determinação da umidade e cálculo do acúmulo de massa seca. Uma subamostra de aproximadamente 500 g foi retirada de cada amostra não submetida à secagem para realizar a separação morfológica do capim (folhas, colmos + bainhas e material senescente). Após a separação foram submetidas à secagem e pesadas de forma idêntica às amostras completas. As folhas secas desta subamostra foram destinadas para análises de proteína bruta (PB) e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) utilizando-se o sistema de Espectroscopia de Reflectância no Infravermelho Proximal (NIRS), de acordo com os procedimentos de Marten et al. (1985). Os dados de reflectância das amostras, na faixa de comprimento de onda de 1.100 a 2.500 mm, foram armazenados por um espectrofotômetro (modelo NR5000: NIRS Systems, Inc., USA) acoplado a um microcomputador.

Em dias anteriores à amostragem anterior foram coletadas aproximadamente 100 folhas diagnósticas (lâminas das duas folhas recém-expandidas do ápice para a base, com lígula visível) de cada parcela (Monteiro, 2005), que após secas e moídas foram submetidas à análise de macronutrientes conforme Sarruge & Haag (1974), exceto o N que foi determinado pelo NIRS. Foi realizada adubação de reposição do potássio (100 kg ha<sup>-1</sup>

de K<sub>2</sub>O) através de KCl, juntamente com as adubações nitrogenadas, em cobertura. Em Agosto de 2005 foi realizada amostragem do solo (0-20 cm), em todas as parcelas. As amostras foram analisadas quimicamente conforme Embrapa (1997).

### **Análises estatísticas e econômicas**

Os dados foram analisados por meio de variância e regressão, usando, respectivamente, os procedimentos GLM e REG do programa SAS (1989). Para todas as variáveis, por meio do modelo polinomial quadrático, ajustaram-se funções da superfície 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. No caso da produção de massa seca verde (MSV) da forragem (folhas e colmos + bainhas), as doses e as combinações de nutrientes para máxima produção foram obtidas por cálculo diferencial  $\frac{\partial Y}{\partial V} = 0$ ,  $\frac{\partial Y}{\partial P} = 0$  e  $\frac{\partial Y}{\partial N} = 0$  (Ferreira, 1999).

Para a máxima produção econômica foi utilizada a técnica da análise marginal (Noronha, 1984). Foram calculadas  $\frac{\partial Y}{\partial P} = C_P/C_{MSV}$  e  $\frac{\partial Y}{\partial N} = C_N/C_{MSV}$ , em que  $C_{MSV}$  é o preço de 1 kg de MSV e  $C_P$  e  $C_N$  é o preço de 1 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e N, respectivamente. Essa análise não foi feita para a V, já que esta é uma medida indireta das quantidades de calcário utilizadas, que foram variáveis por parcela do ensaio. Assim, considerou-se o nível de V para a máxima produção agrônômica como satisfatório para a máxima produção econômica.

Para os cálculos de retorno econômico, foram considerados os seguintes preços: MSV: R\$ 0,10 kg<sup>-1</sup>; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: R\$ 2,00 kg<sup>-1</sup> dividido por 24 meses, tendo em vista sua ação residual, e multiplicado pela total de meses da duração do experimento; N: R\$ 2,00 kg<sup>-1</sup>. O valor da forragem foi estimado em função do ganho de peso de bovinos em recría sob pastejo, conforme resultados da Embrapa (2001) estimativas de Martha Junior et al. (2004a), sendo que o preço do kg de peso vivo foi estimado em R\$ 2,10.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Acúmulo de forragem

Os dados de produção apresentados são de massa seca verde da forragem (MSV), que são mais bem correlacionados com o consumo e ganho de peso dos bovinos nas pastagens (Mannetje, 1974; Macedo, 2004b). A análise de regressão indicou resposta significativa ao componente linear de P ( $P_L$ ), aos componentes linear e quadrático de N ( $N_L$  e  $N_Q$ ) e para as interações entre V e P ( $V \times P$ ) e entre P e N ( $P \times N$ ). Constam, na Tabela 3, os acúmulos de MSV relativos à soma dos três cortes e, na Tabela 4, os de acúmulo por corte e total. Pode ser verificado que o grande responsável pelo aumento no acúmulo de MSV da forrageira foi o N. Esse resultado é concordante com diversos trabalhos mostrando que o N é o grande responsável pelo aumento de produção na fase de manutenção das pastagens (Teitzel et al., 1991; Primavesi et al., 2001).

A maior resposta relativa (kgMSV/kgN) no acúmulo de MSV ocorreu até a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N (média de 35,17 kgMSV/kgN). No intervalo de 100 a 200 kg ha<sup>-1</sup> de N a resposta média foi 21,70 kgMSV/kgN, enquanto entre 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> a resposta média foi 3,8 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 3). O acúmulo de forragem nas maiores doses de N permite verificar proximidade do ponto de máximo e, pelas eficiências decrescentes das doses de N pode-se inferir também que, nas condições do experimento, o capim-Massai responde satisfatoriamente até a doses intermediárias de N (Tabelas 3 e 4). Esse resultado está de acordo com Martha Junior et al. (2004a) que relataram maiores eficiências médias de resposta ao N em doses de até 150 kg ha<sup>-1</sup> e que o parcelamento da aplicação para doses altas é fundamental, pois adubações maiores que 50 a 60 kg ha<sup>-1</sup> por ciclo de crescimento fazem decrescer linearmente a eficiência do N. Como a maior dose utilizada neste trabalho (300 kg ha<sup>-1</sup>) foi parcelada em 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, a eficiência da adubação pode ter sido afetada.



Tabela 3 – Produção estimada de massa seca verde (MSV) de capim-Massai em resposta a adubação com nitrogênio (N) e fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e a níveis de saturação por bases (V). Soma de três cortes e médias de duas repetições

| N                              | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | V  | Produção de MSV   |        |
|--------------------------------|-------------------------------|----|---|--------|
|                                |                               |    | Tratamentos   | Médias |
| -----kg ha <sup>-1</sup> ----- |                               | %  | -----kg ha <sup>-1</sup> -----                                    |        |
| 0                              | 0                             | 20 | 9.892   |        |
| 0                              | 0                             | 80 | 12.129  |        |
| 0                              | 80                            | 40 | 8.230   |        |
| 0                              | 80                            | 60 | 8.399   |        |
| 0                              | 160                           | 40 | 8.813   |        |
| 0                              | 160                           | 60 | 8.527   |        |
| 0                              | 240                           | 20 | 6.512   |        |
| 0                              | 240                           | 80 | 8.953   | 8.932  |
| 100                            | 0                             | 40 | 12.278  |        |
| 100                            | 0                             | 60 | 12.442  |        |
| 100                            | 80                            | 20 | 10.997  |        |
| 100                            | 80                            | 80 | 16.013  |        |
| 100                            | 160                           | 20 | 11.988  |        |
| 100                            | 160                           | 80 | 12.642  |        |
| 100                            | 240                           | 40 | 10.427  |        |
| 100                            | 240                           | 60 | 12.804  | 12.449 |
| 200                            | 0                             | 40 | 15.126  |        |
| 200                            | 0                             | 60 | 12.689  |        |
| 200                            | 80                            | 20 | 13.584  |        |
| 200                            | 80                            | 80 | 15.050  |        |
| 200                            | 160                           | 20 | 12.790  |        |
| 200                            | 160                           | 80 | 16.873  |        |
| 200                            | 240                           | 40 | 15.000  |        |
| 200                            | 240                           | 60 | 15.837  | 14.619 |
| 300                            | 0                             | 20 | 15.934  |        |
| 300                            | 0                             | 80 | 11.481  |        |
| 300                            | 80                            | 40 | 15.440  |        |
| 300                            | 80                            | 60 | 14.048  |        |
| 300                            | 160                           | 40 | 14.247  |        |
| 300                            | 160                           | 60 | 16.691  |        |
| 300                            | 240                           | 20 | 14.667  |        |
| 300                            | 240                           | 80 | 17.480  | 14.999 |
| MÉDIA GERAL                    |                               |    | 12.749  | 12.749 |
| Test t                         |                               |    | P** <sub>L</sub> N** <sub>L</sub> N** <sub>Q</sub> N x P** P x V* |        |
| Coeficiente de variação        |                               |    | 0,0962  |        |

\*, \*\* = Significativos a 1% e 5%, respectivamente pelo teste t.

P<sub>L</sub>, N<sub>L</sub> = Componentes lineares para P e N;

N<sub>Q</sub> = Componente quadrático para N

N x P; P x V = Interações entre os fatores.

A resposta média total do capim-Massai até a dose máxima de N foi de 20,22 kgMSV/kgN, mostrando-se pouco abaixo do valor médio encontrado por Martha Junior et al (2004a) de 26,1 kgMSV/KgN. O maior incremento no acúmulo de MSV no segundo corte (Tabela 4) parece estar relacionado com a época, mais favorável ao aproveitamento do N. Até o primeiro corte, grande parte do desenvolvimento ocorreu no inverno e, além disso, novembro foi relativamente seco. Já o período do 3º corte ocorreu em sua maior parte no outono, cujas condições climáticas (Figura 1) determinam menor ritmo de crescimento da forrageira e a possibilidade de maiores perdas do N-uréia aplicado (Martha Junior et al., 2004b). Além disso, os períodos de crescimento mais longos dos cortes 1 e 3, provavelmente, possibilitaram certa uniformização da produção, em função dos processos de senescência e maturação fisiológica da forrageira (Silva & Corsi, 2003).

Tabela 4 – Acúmulo médio estimado de massa seca verde (MSV) de capim-Massai por corte e total, em função das doses de nitrogênio (N) e fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e dos níveis de saturação por bases calculada (V Calc)

| Níveis   | Produção de MSV nos cortes     |          |          |        |
|--|--------------------------------|----------|----------|--------|
|  | 1º Corte                       | 2º Corte | 3º Corte | Total  |
|  | -----kg ha <sup>-1</sup> ----- |          |          |        |
| N (kg ha <sup>-1</sup> )                             |                                |          |          |        |
| 0  | 3.765                          | 2.529    | 2.637    | 8.932  |
| 100  | 4.411                          | 4.392    | 3.646    | 12.449 |
| 200  | 5.046                          | 5.685    | 3.887    | 14.619 |
| 300  | 5.408                          | 5.292    | 4.298    | 14.999 |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> ) |                                |          |          |        |
| 0  | 4.501                          | 4.678    | 3.567    | 12.746 |
| 80   | 4.418                          | 4.731    | 3.572    | 12.720 |
| 160  | 4.811                          | 4.360    | 3.650    | 12.821 |
| 240  | 4.901                          | 4.130    | 3.680    | 12.710 |
| V Calc (%)   |                                |          |          |        |
| 20   | 4.213                          | 4.175    | 3.657    | 12.045 |
| 40   | 4.620                          | 4.426    | 3.399    | 12.445 |
| 60   | 4.730                          | 4.370    | 3.580    | 12.680 |
| 80   | 5.067                          | 4.928    | 3.833    | 13.828 |

Data dos cortes: 1º = 12/12/04; 2º = 23/02/05; 3º = 07/06/05.

Como pode ser observado pelos dados apresentados nas Tabelas 4 e 5, não ocorreu resposta ao P na média dos tratamentos. A falta de resposta ao efeito residual do P aplicado no estabelecimento de forrageiras é relatada por Correa & Freitas (1997). No entanto, esses autores verificaram que após dois anos de cortes a resposta ao P voltou a ocorrer. Esse tipo de comportamento também foi relatado por Cantarella et al. (2002), em trabalho que avaliou o efeito residual de P em cultivares de *P. maximum*.

Tabela 5 – Produção média estimada de massa seca verde de capim-Massai em função das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg ha<sup>-1</sup>) e níveis de saturação por bases calculadas (V Calc), com valores de fósforo (P no solo) e saturação por bases resultantes no solo (V solo). Soma de três cortes e médias de duas repetições

| Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | P no solo (Mehlich 1) | Níveis de V Calc (V solo)      |         |         |         | Médias |
|--|-----------------------|--------------------------------|---------|---------|---------|--------|
|  |                       | -----%-----                    |         |         |         |        |
|  |                       | 20 (18)                        | 40 (37) | 60 (52) | 80 (60) |        |
| kg ha <sup>-1</sup>                    | mg dm <sup>-3</sup>   | -----kg ha <sup>-1</sup> ----- |         |         |         |        |
| 0                                      | 1,92                  | 12.913                         | 13.702  | 12.566  | 11.805  | 12.746 |
| 80                                     | 2,78                  | 12.291                         | 11.835  | 11.224  | 15.532  | 12.720 |
| 160                                    | 3,67                  | 12.389                         | 11.530  | 12.609  | 14.758  | 12.821 |
| 240                                    | 4,48                  | 10.590                         | 12.713  | 14.321  | 13.217  | 12.710 |
| Médias                                 | 3,21                  | 12.045                         | 12.445  | 12.680  | 13.828  | 12.749 |

Couto et al. (1985), em estudo do efeito residual de P e calagem em solo argiloso do Cerrado, após um período de seis anos de aplicação das doses 0, 44, 87, 131 e 175 kg ha<sup>-1</sup> de P e 4 t ha<sup>-1</sup> de calcário, utilizando quatro gramíneas forrageiras (*Andropogon gayanus*, *P. maximum* cv Makueni, *P. maximum* cv Green Paanic e *Setaria anceps* cv Kazungula), verificaram efeito significativo do P residual. Nesse ensaio os teores de P no solo correlacionaram-se bem com a produção de massa seca mas estes teores foram muito baixos (menores que 2 mg dm<sup>-3</sup> na dose mais alta de P utilizada). Os autores concluíram que, apesar da alta capacidade de fixação de P pelo solo, uma significativa porção de P residual permanece disponível às plantas e que os métodos de extração de P no solo (foram

utilizados os métodos Bray 1 e Mehlich 1) devem ser aperfeiçoados para refletir melhor o P disponível para as gramíneas.

Cantarutti et al. (2002) relatam que as exigências das forrageiras tropicais ao P-fertilizante diminuem exponencialmente com a idade das plantas, em função da maior desenvolvimento do sistema radicular, quando, conforme Correa & Freitas (1997), as plantas podem ser supridas em grande parte com o P nativo do solo. Souza et al. (2004) acrescentam que a menor exigência em P na fase da manutenção, além de estar ligada ao desenvolvimento radicular da planta, também ocorre pelo acúmulo de P nos tecidos da planta no período de estabelecimento, favorecendo a remobilização de P para novo crescimento e, ainda, a associações simbióticas raízes-fungos micorrízicos que favorecem a absorção de P.

Contudo, a resposta do acúmulo de MSV em função do aumento das doses de P, na média dos tratamentos, não permite observar o efeito das interações (Tabela 5). Pode-se verificar que o capim-Massai tem resposta diferenciada ao P em função dos níveis de V. A resposta ao P ocorre especialmente nos níveis mais altos de V, e a dose de P que causa resposta depende deste nível. É possível verificar resposta à dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> no nível de 60% da V calculada (52% no solo) e, de forma mais evidente, a partir de 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no nível de 80% da V calculada (60% no solo). Desta forma, certamente a interação entre os fatores indica as maiores respostas ao P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado nos maiores níveis de V.

De maneira geral interações entre calagem e adubação com P são esperadas (Soares et al., 2001; Souza et al., 2004), mas a resposta ao P residual no nível de 60% de V no solo parece mostrar efeito marcante da calagem (Tabela 5), o que não foi verificado para alguns trabalhos com *P. maximum* (Werner et al. 1979; Luz et al., 2000). Deve ser considerado que os resultados mostrados na Tabela 5 omitem as doses de N que, certamente, influenciaram os resultados. Esta é uma limitação do delineamento empregado, embora não haja dúvida de que a maior resposta a P ocorreu no maior nível de V (V calculada de

80% ou V no solo de 60%), pois foram consistentes. Este valor está acima de 40-45%, que é a faixa recomendada para o capim-Massai (Embrapa, 2001).

A falta de resposta ao aumento das doses de P nos níveis mais baixos de V não estão necessariamente ligados à deficiência de Ca e Mg, pois os teores destes elementos no solo eram inicialmente médios e espera-se que na calagem para 40% de V eles já sejam suficientes no solo. Provavelmente a falta de disponibilidade/absorção do N seja mais responsável pela ausência de resposta nestes níveis mais baixos de calagem. A calagem e o próprio P intensificam a mineralização da matéria orgânica do solo (Macedo et al. 1997; Luz et al., 2004; Souza et al., 2004). A calagem também favorece a absorção e utilização de N e outros nutrientes pelas plantas (Quaggio, 2000; Martha Junior & Vilela, 2002), sendo que neste caso os níveis mais baixos de V, ao lado do P, podem ter esgotado seu efeito na fase de estabelecimento da pastagem, de forma que o efeito na manutenção ocorreu de forma expressiva somente nos níveis mais altos de V.

A resposta ao aumento de V é mais expressiva nas doses intermediárias de N (Tabela 6), não havendo resposta na dose de 300 kg ha<sup>-1</sup>, o que parece condizente com o exposto anteriormente, ou seja, o efeito da calagem está relacionado com a disponibilidade de N. Também se pode observar que nas menores doses de N a resposta à calagem só ocorre nos maiores níveis de V, como discutido anteriormente.

Ressalte-se que a interação N x V não se mostrou significativa, provavelmente porque os efeitos do N dentro dos níveis de V e da V dentro das doses de N tenham mostrado tendência semelhante, com exceção apenas do efeito da V na maior dose de N, tendo a variabilidade experimental se encarregado de não tornar significativo esse último efeito.

Pode ser verificado na Tabela 7, novamente, que embora as médias de produção de forragem nas doses de P não mostrem aumento no acúmulo de forragem, isso não ocorre quando se verifica o comportamento desta produção em cada dose de N.

Tabela 6 – Acúmulo médio estimado de MSV de capim-Massai em função das doses de nitrogênio (N) e níveis de V calculadas (V Calc), com valores de V resultantes no solo (V solo). Soma de três cortes e médias de duas repetições.

| Doses de N | Níveis de V Calc (V solo)      |         |         |         | Médias |
|------------|--------------------------------|---------|---------|---------|--------|
|            | -----%-----                    |         |         |         |        |
|            | 20 (18)                        | 40 (37) | 60 (52) | 80 (60) |        |
|            | -----kg ha <sup>-1</sup> ----- |         |         |         |        |
| 0          | 8.202                          | 8.521   | 8.463   | 10.541  | 8.932  |
| 100        | 11.492                         | 11.352  | 12.623  | 14.328  | 12.449 |
| 200        | 13.187                         | 15.063  | 14.263  | 15.962  | 14.619 |
| 300        | 15.301                         | 14.844  | 15.370  | 14.480  | 14.999 |
| Médias     | 12.045                         | 12.445  | 12.680  | 13.828  | 12.749 |

Nesse caso há mudança de comportamento evidente da resposta ao P em função do N (Tabela 7). O acúmulo de MSV diminui com o aumento das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na dose zero de N, provavelmente refletindo esgotamento do N do solo na fase do estabelecimento da gramínea, especialmente nas doses mais altas de P, que provavelmente levaram à maior taxa de mineralização do N orgânico e, portanto, a uma diminuição na reserva do solo. À medida que a dose de N aumenta a resposta ao P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> vai sendo modificada, verificando-se efeito positivo na produção de forragem a partir da dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Tabela 7 – Acúmulo médio estimado de MSV de capim-Massai em função das doses de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e de nitrogênio (N) com valores de fósforo resultantes no solo (P no solo). Soma de três cortes e médias de duas repetições

| Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | P no solo (Mehlich 1) | Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> ) |        |        |        | Médias |
|--|-----------------------|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
|  |                       | 0                                 | 100    | 200    | 300    |        |
| kg ha <sup>-1</sup>                    | mg dm <sup>-3</sup>   | -----kg ha <sup>-1</sup> -----    |        |        |        |        |
| 0                                      | 1,92                  | 11.010                            | 12.360 | 13.908 | 13.707 | 12.746 |
| 80                                     | 2,78                  | 8.315                             | 13.505 | 14.317 | 14.744 | 12.720 |
| 160                                    | 3,67                  | 8.670                             | 12.315 | 14.831 | 15.469 | 12.821 |
| 240                                    | 4,48                  | 7.732                             | 11.615 | 15.418 | 16.074 | 12.710 |
| Médias                                 | 3,21                  | 8.932                             | 12.449 | 14.619 | 14.999 | 12.749 |

Por seu lado, o N mostra efeito sempre positivo na produção, adquirindo maior realce nas maiores doses de P (Tabela 7). A interação P x N reflete o comportamento diferenciado da resposta ao P dentro das doses de N e as maiores produtividades nas combinações das maiores doses de ambos. A interdependência entre P e N é relatada na literatura (Schunke, 1998; Oliveira et al., 2001; Soares et al., 2001; Cantarella et al., 2002). Primavesi et al. (2002 e 2004), em LATOSSOLO VERMEHO-AMARELO Distrófico típico, em clima tropical de altitude (São Carlos, SP), verificaram aumento da resposta ao P com o aumento das doses de N e vice-versa na produção de forragem de aveia forrageira irrigada na estação seca. Os autores citados utilizaram o mesmo delineamento do presente experimento e dois sistemas de semeadura (direto e convencional) e observaram, também, maior desempenho da forrageira no sistema de semeadura direta, que Primavesi et al. (1999) e Macedo (2005) consideram bastante semelhante ao sistema pastagem em manutenção.

A resposta ao P em função da utilização de N também é evidenciada no trabalho de Oliveira et al. (2001), com três espécies de *Brachiaria* em diferentes localidades do Cerrado, onde a resposta ao P só ocorreu com a aplicação de N, bem como a resposta ao N foi maior quando se utilizou adubação fosfatada. Conforme relatado por Yamada (2002), o N favorece a absorção de P. Por outro lado, a absorção de N, principalmente na forma de nitrato, e sua translocação para a parte aérea da planta podem ser restringidas pela baixa disponibilidade de P (Cantarutti et al., 2002). Esses efeitos podem ter ocorrido na interação entre os dois nutrientes (Tabela 7).

A função de resposta ajustada para a produção de MSV da forragem ( $\hat{y}$ ) em função da variação do nível de V (x), doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (z) e doses de N (w) foi:

$$\hat{y} = 10.408,60 - 2,783x - 24,12^{**} z + 34,84^{**} w - 0,07842^{**} w^2 + 0,2558^{*} xz + 0,07547^{**} zw$$

(R<sup>2</sup> = 0,8566; \*, \*\* = Coeficientes significativos a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste t.)

O nível de V calculada e as doses de  $P_2O_5$  e N estimadas para o máximo acúmulo agronômico de MSV foram de 80%, 240 kg ha<sup>-1</sup> e 300 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 8). Estes pontos máximos, em função das limitações no ajuste da equação, foram buscados algebricamente na fronteira do cubo de resposta explorado, para o caso da V calculada e  $P_2O_5$ ; no caso do N, por extrapolar o intervalo testado o ponto de máximo ficou restrito à maior dose (Pimentel-Gomes & Garcia, 2002). Essa ocorrência somente permitiu estimar a dose econômica de N para a máxima produção econômica, que foi de 209 kg ha<sup>-1</sup>, permanecendo o nível de V calculada e a dose de  $P_2O_5$  em 80% e 240 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 8), sem avaliação econômica.

A avaliação econômica realizada trata-se de um indicativo da melhor dose de N, haja vista que é denominada de critério do capital ilimitado, que busca maximizar o lucro com a maximização do uso de insumos, pressupondo não existir restrições de capital e outros recursos e que não há riscos envolvidos (Alvarez V., 1985).

Tabela 8 - Acúmulo estimado de massa seca verde, nível de saturação por bases (V) calculada (V Calc) e no solo (V solo) e doses de nitrogênio (N) e fósforo ( $P_2O_5$ ) aplicadas, nos pontos de máximo agronômico e econômico, em manutenção de capim-Massai (soma de três cortes e médias de duas repetições)

| Ponto de máximo   | Produção<br>-----kg ha <sup>-1</sup> ----- | Níveis de V e doses de N e $P_2O_5$ |                                     |          |
|-------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|----------|
|                   |  | V Calc (V solo)<br>-----%-----      | N<br>-----kg ha <sup>-1</sup> ----- | $P_2O_5$ |
| Máximo agronômico | 18.136                                     | 80 (60)                             | 300                                 | 240      |
| Máximo econômico* | 16.950                                     | 80 (60)                             | 209                                 | 240      |

\* O cálculo para máximo econômico só foi determinado estatisticamente para a dose de N.

Na dose zero de  $P_2O_5$  o acúmulo de MSV, mantidos os valores de N e V do ponto de máximo econômico, seria de 14.042 kg ha<sup>-1</sup>. A diferença do acúmulo de MSV no ponto da máxima dose econômica (16.950 kg ha<sup>-1</sup>) e o acúmulo de MSV da dose zero de  $P_2O_5$  corresponde ao valor estimado de R\$ 290,80 (2.908 kgMSV x R\$ 0,10), enquanto 240 kg ha<sup>-1</sup> de  $P_2O_5$  custaria R\$ 200,00, nas condições estabelecidas nesse trabalho. É



importante ressaltar que tal simulação não tem significado estatístico (Colwell, 1984), pois a função de resposta econômica adotada nesse experimento possibilita estudar o retorno marginal dos insumos através das derivadas parciais da equação quando sua matriz hessiana apresentar autovalores negativos (Pimentel Gomes & Conagin, 1991). Quando isso não ocorre, a definição da dose econômica que permite o máximo retorno marginal não se torna possível para um ou mais fatores testados. Desta forma, para o fator que não foi possível determinar o ponto de máximo econômico, somente cálculos comparativos frágeis podem ser feitos, a exemplo da simulação anterior para  $P_2O_5$ .

Verifica-se pela equação ajustada que os coeficientes lineares de V e  $P_2O_5$  foram negativos. Contudo, nos pontos dos máximos acúmulos de MSV encontraram-se os valores máximos de ambos. Este fato é explicado pelas interações positivas entre V e P, bem como entre P e N, demonstrando a importância de avaliar a variação conjunta destes fatores e a grande interdependência da adubação de P com a adubação de N e destas com a calagem, na fase de manutenção da forrageira. As Tabelas 5 e 6 permitem visualizar que a calagem para o nível de 60% da V no solo possibilita maior produtividade de forragem em menores doses de N e  $P_2O_5$ . Os efeitos podem ter ocorrido pelo aumento da eficiência do fertilizante e, ou pelo “efeito substituição” de P e N pela calagem. Esses efeitos têm um significado econômico importante (Quaggio, 2000; Cantarella et al., 2002; Souza et al., 2004). No entanto, o “efeito substituição” é transitório (Tisdale et al., 1985), de forma que sua exploração deve ter critérios para não comprometer a sustentabilidade da pastagem.

### **Indicadores químicos da fertilidade do solo**

A análise do solo após os três cortes da forrageira mostrou que a V calculada para os diversos níveis não foi atingida, sendo maior a dificuldade de atingir os níveis mais altos, especialmente o nível 80% de V (Figura 2). Essa ocorrência é amplamente ilustrada na

literatura e está ligada principalmente à reação mais lenta dos carbonatos de cálcio e magnésio em função do aumento do pH do solo (Quaggio, 2000).

Contudo, o teor de Ca e Mg estimados no solo (Figura 2) apresentaram-se acima do nível considerado crítico a partir de níveis de V calculada de 40%, de acordo com os níveis críticos (NCs) apresentados por Raij et al. (1996). No menor nível da V calculada a análise do solo indicou média 5,35 e 3,26 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca e Mg no solo, que são valores médio e baixo, respectivamente. Entretanto nem sempre houve a resposta esperada em produção de forragem entre os níveis 20% e 40% de V calculada (Tabelas 5 e 6), embora tal resposta era de se esperar. Conforme verificado, as respostas à calagem relacionaram-se mais com as interações ocorridas. No ponto de máxima produção os valores de V, Ca e Mg estimados no solo situaram-se em 60%, 25,54 e 19,96 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente.

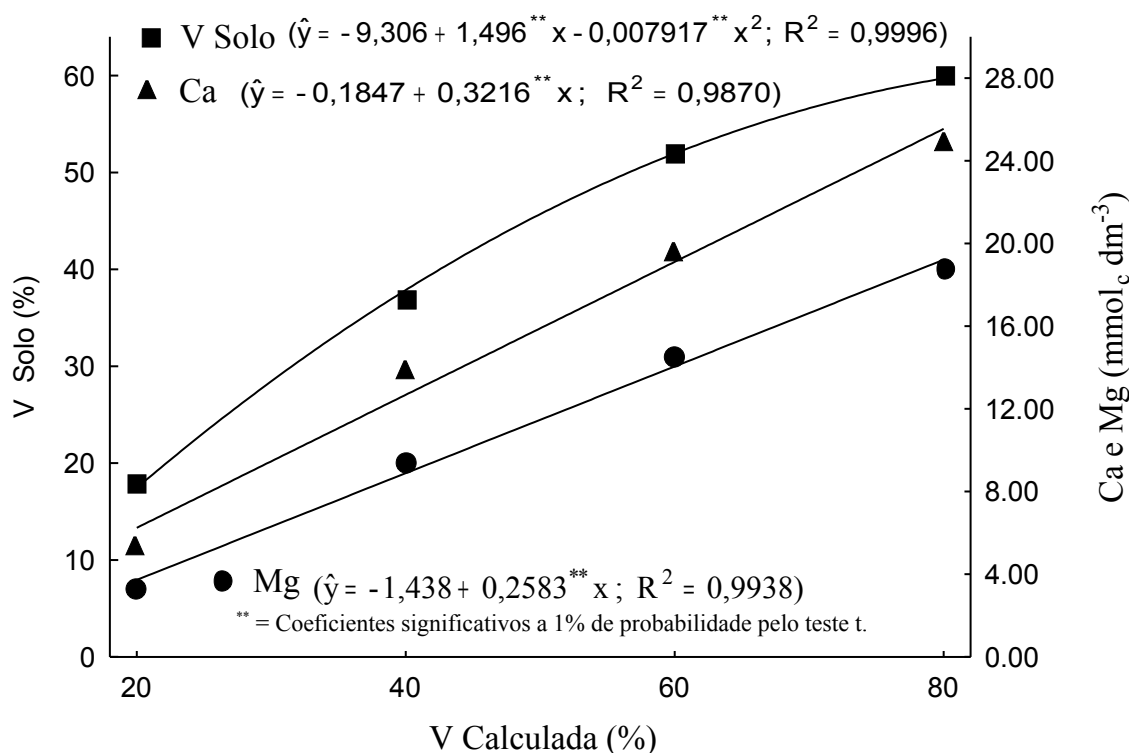


Figura 2 – Valores de saturação por bases (V Solo), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no solo, em função da saturação por bases calculada (V Calculada).

As variações do pH, alumínio (Al) e saturação por Al (m) no solo, em função da V calculada, são mostradas na Figura 3. Embora o pH apresente valor baixo no menor nível de V (Macedo, 2004), não é aparente que o teor de Al no solo ou sua saturação (m), tenham sido limitantes ao desenvolvimento da forrageira, mesmo no menor valor de V, o que está de acordo com Cantarutti & Novais (2005). Desta forma a acidez do solo não se mostrou pronunciada, o que valoriza os resultados mostrados pela calagem, pois indica que além de suprir Ca e Mg e diminuir o Al do solo, que é conseguido através de doses moderadas de calcário, o efeito da calagem foi além, aumentando a eficiência da adubação.

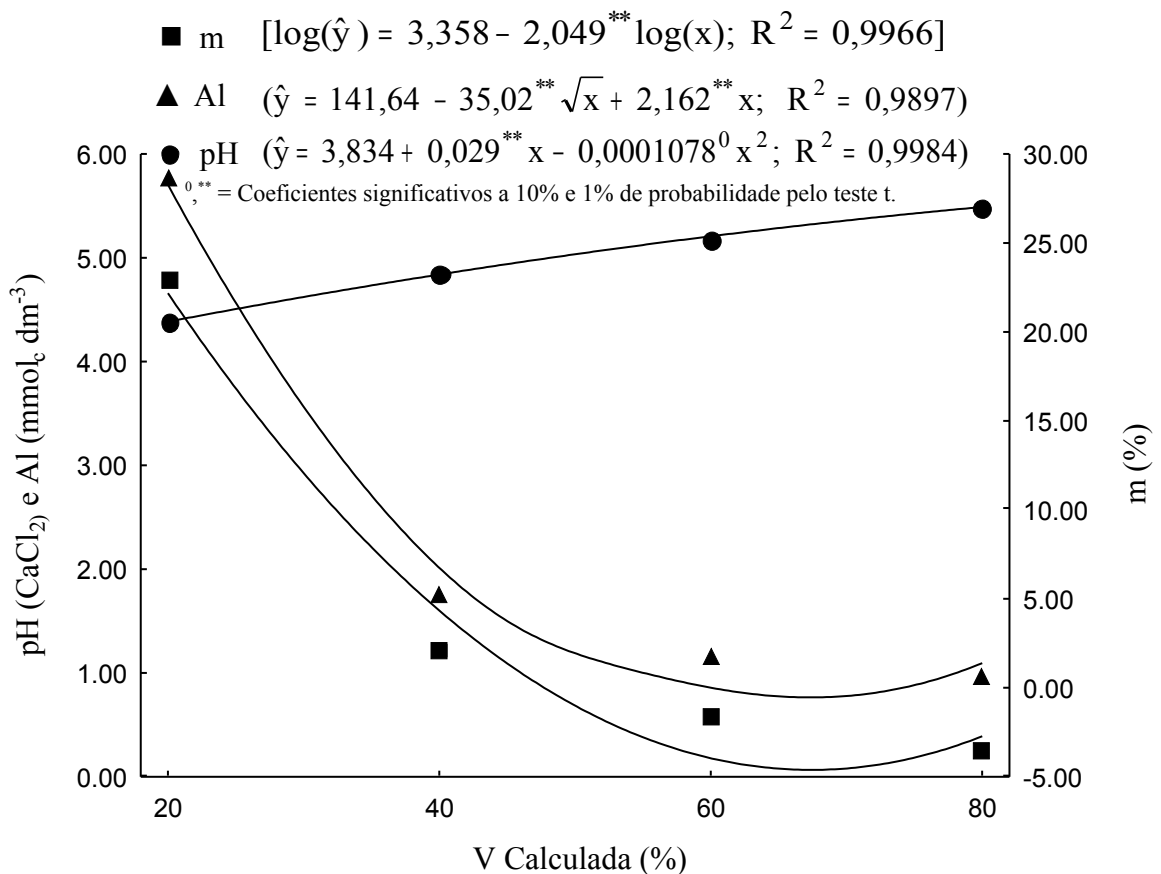


Figura 3 – Valores de pH em CaCl<sub>2</sub>, alumínio (Al) e saturação por alumínio (m) no solo em função da saturação por bases calculada (V calculada).

Para sistemas de exploração intensiva, com gramíneas de alto potencial produtivo, o aumento da eficiência da adubação através de maiores níveis de calagem e, conseqüentemente, de V no solo, parece ser um efeito interessante, uma vez que possibilita

planejar a realização da calagem para atingir nível de V no solo na faixa de 60%, no estabelecimento da pastagem, evidentemente tomando-se os devidos cuidados para não permitir a deficiência de micronutrientes, como é possível ocorrer no caso de zinco, cobre, boro e manganês em solos de Cerrado.

Os teores estimados de P no solo podem ser visualizados através da Figura 4, onde se verifica que, além da adubação com P, a adubação com N foi significativa, diminuindo o teor de P no solo com o aumento das doses de N. Provavelmente esse efeito reflete a maior retirada do elemento via maior produção de forragem com as maiores doses de N.

$$\hat{y} = 2,322 + 0,01070^{**} x - 0,002615^{**} z \quad (R^2 = 0,8954)$$

x = P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; z = N; \*\* = Coeficientes significativos a 1% de probabilidade pelo teste t.

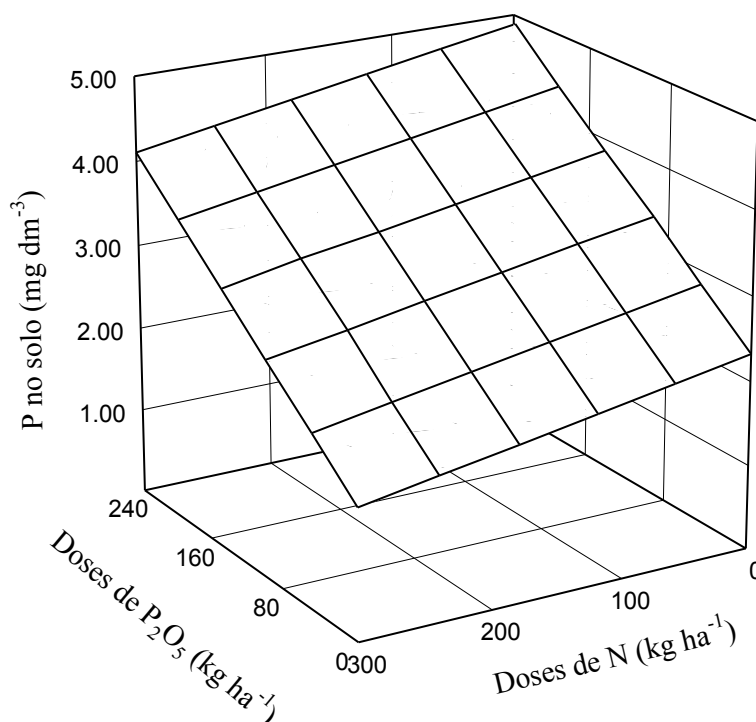


Figura 4 – Valores de fósforo no solo (P no solo) em função das doses de fósforo aplicadas (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e de nitrogênio (N) em capim-Massai.

O valor máximo estimado de P no solo pela função de resposta da Figura 4 (4,89 mg dm<sup>-3</sup>) ocorreu na dose zero de N e 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Trata-se de um teor situado no limite dos teores médios para baixos no tipo de solo utilizado (Vilela et al., 2002).

Levando-se em conta que para o teor de P no solo na manutenção é recomendados 80% do teor da fase de estabelecimento das gramíneas forrageiras (Macedo, 2004b) e que, no caso do capim-Massai, o NC para o estabelecimento é  $6 \text{ mg dm}^{-3}$ , conforme Embrapa (2001), conclui-se que o máximo teor estimado esta ligeiramente acima deste NC, que seria de  $4,80 \text{ mg dm}^{-3}$ . Contudo, o teor máximo ocorre na dose máxima de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e na dose zero de N, enquanto nas doses máximas dos dois nutrientes o teor estimado é de  $4,10 \text{ mg dm}^{-3}$ , que se situa abaixo de NC. Essa pequena diferença entre os teores, tendo em vista a complexidade do comportamento do P no solo e as limitações para sua determinação, é pouco expressiva (Colwell, 1984). No entanto, como pode ser verificado na Tabela 7, aparentemente o ponto de máximo de P na maior dose de N não foi atingido, demonstrando que mesmo após adubação considerável de P na semeadura pode ser levada em conta sua utilização na manutenção já no segundo ano para o caso de pastagens exploradas intensivamente.

As estimativas apresentadas para Ca e Mg mostram que estes nutrientes foram bem corrigidos (Figura 2) assim como o pH em  $\text{CaCl}_2$  (Figura 3). Também pode ser verificado que o Al tóxico foi neutralizado de maneira eficiente pela calagem; os valores mínimos estimados de Al e m foram de  $0,29 \text{ mmolc dm}^{-3}$  e zero (negativo), respectivamente, para valores de V calculada de 80% e 66%, que no solo corresponderam a valores efetivos de V de 60% e 55% (Figura 3). É relatado na literatura que a neutralização do Al no solo ocorre a partir de V de aproximadamente 50% (Raij et al., 1996).

### **Estado nutricional das plantas**

Os dados apresentados são resultantes da avaliação do 1º corte, realizado em dezembro, em função de ser a época mais favorável ao crescimento (Monteiro, 2005). A concentração de N nas folhas respondeu a todos os fatores utilizados, sendo que a concentração máxima foi de  $21,12 \text{ g kg}^{-1}$ , no ponto de máxima produção, ou seja, nas

maiores doses de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e no maior nível de V calculada, enquanto a menor concentração do N foi estimada para o menor nível de V, dose zero de N e dose máxima de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, e seu valor foi de 9,00 g kg<sup>-1</sup>. Estas estimativas foram calculadas pela equação ajustada para a concentração foliar de N ( $\hat{y}$ ), em função de V calculada (x), das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (z) e das doses de N (w), qual seja:

$$\hat{y} = 11,84 + 0,07155^{**} x - 0,0179^{**} z + 0,02299^{*} w - 0,0001822^0 xw + 0,00007415^{**} zw$$

(R<sup>2</sup> = 0,8832) (°, \*, \*\* = coeficientes significativos a 10%, 5% e 1% de probabilidade pelo teste t.)

Verifica-se, portanto, que a concentração de N atingiu níveis baixos nas menores doses de N e menor nível de V. O P atuou de forma negativa na concentração de N foliar, quando na ausência do N, provavelmente em função de que, no estabelecimento, a adubação fosfatada tenha causado maior acúmulo de biomassa e, conseqüentemente, a diminuição do teor de N no solo. Além disso, reputa-se ao P efeito na maturação mais rápida das plantas, levando a translocação de nutrientes para órgãos reprodutivos (Marschner, 1995)

A concentração de N considerada satisfatória para *P. maximum* situa-se entre 15 e 21,4 g kg<sup>-1</sup> (Werner et al, 1996; Abreu & Monteiro, 1999; Manarim & Monteiro, 2002). Desta forma verifica-se que na falta de N houve deficiência nutricional, ocorrendo compensação em função de elevação dos níveis de V, o que mostra novamente o papel importante de V em liberar e, ou, melhorar o aproveitamento do N do solo pelas plantas. Esse resultado está de acordo com Paulino & Costa (1999) que verificaram o aumento da concentração do N foliar em função da calagem em *P. maximum* cv IZ-1, em ensaio realizado em casa de vegetação; Paulino & Costa (2006), nas mesmas condições do ensaio anterior, verificaram efeito idêntico no capim-Massai.

A concentração de P foliar variou em função da V calculada e das doses P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 5). É interessante notar que a planta mostra o que anteriormente o valor de P no solo não

permitiu verificar, qual seja, o efeito da calagem no aumento da disponibilidade de P. A equação ajustada (Figura 5) permite estimar que a concentração máxima de P foliar foi de 1,15 g kg<sup>-1</sup> para os máximos valores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e V e foi de 0,76 g kg<sup>-1</sup> em V calculada de 20% e dose zero de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Esse último valor pode ser considerado uma condição de carência de P na planta, em função dos NCs de P relatados na literatura.

$$\hat{y} = 0,713 + 0,002484^{**} x + 0,001705^{**} z - 0,000002928^{*} z^2; R^2 = 0,9169$$

x = V Calculada; z = P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; \*\* = Coeficientes significativos a 1% de probabilidade pelo teste t.

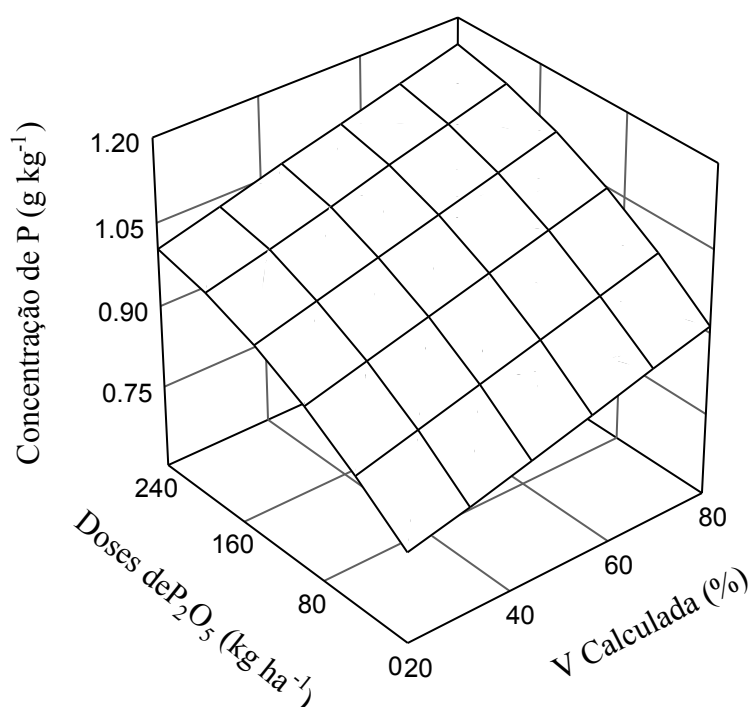


Figura 5 – Concentração de fósforo (P) nas folhas diagnósticas de capim-Massai em função dos níveis de saturação por bases (V calculada) e doses de P (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Os NCs variam muito em função das diferentes forrageiras, tipo de experimento, fase de avaliação e amostragem na planta. Correa & Haag (1993b) e Correa & Haag (1993a), trabalhando com *P. maximum*, cv Colônia (provavelmente), em LATOSSOLO VERMELHO-AMARELHO Álico, de Cerrado, da região de São Carlos, SP, verificaram NC de P variando de 0,9 a 1,5 kg ha<sup>-1</sup>, em campo e casa de vegetação, respectivamente, no segundo corte com 60 dias de rebrotação, para 90% do acúmulo máximo de biomassa aérea. As amostras analisadas, contudo, corresponderam a toda a parte aérea das plantas.

Monteiro (2005) cita trabalhos em andamento em que o NC de P nas folhas diagnósticas situou-se entre 1,13 a 1,36 para cultivares de *P. maximum* (Mombaça e Tanzânia), enquanto Werner et al. (1996) consideraram satisfatória a faixa de concentração de P variando de 1,0 a 3,0 g kg<sup>-1</sup> em capim-Colonião, em amostragem simulando pastejo. De acordo com esses valores das folhas diagnósticas a concentração foliar de P no capim-Massai estaria deficiente para a dose zero de P, mesmo no maior nível de V (0,91 g kg<sup>-1</sup>).

Mesmo na maior dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> as concentrações estimadas do P foliar não se mostram altas, enquanto nas doses abaixo de 100 kg ha<sup>-1</sup> o P foliar já pode ser considerado deficiente (<0,9 g kg<sup>-1</sup>). É importante considerar o período de rebrota relativamente longo das plantas amostradas, que certamente afetou negativamente o conteúdo de P foliar, conforme verificado por Santos Junior et al. (2005), em trabalho com capim-Tanzânia variando a idade das plantas amostradas e amostrando em diferentes épocas do ano, em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico de Cerrado, em Campo Grande, MS. Esses autores verificaram decréscimo linear de P nas folhas diagnósticas do capim em amostragens aos 12, 19, 26, 34 e 40 dias em ciclo de pastejo de verão. Essa diminuição da concentração de P foliar em função da idade da planta, na estação de crescimento ocorre, provavelmente, pelo efeito diluição (Gomide, 1976).

Conforme pode ser observado na Figura 6, as concentrações de Ca nas folhas diagnósticas do capim-Massai não sugerem limitação deste nutriente ao desenvolvimento da planta, mesmo no menor nível de V. O resultado verificado parece concordar com as considerações de Monteiro (2005) para quem dificilmente o Ca, isoladamente, mostra-se limitante ao desenvolvimento das gramíneas forrageiras. Parece confirmar, também, as considerações anteriores de que os resultados positivos da calagem na produção de MSV não se deveram expressivamente ao fornecimento de Ca. O NC de Ca foliar varia conforme os autores mas, no geral, parece situar-se em torno de 4,0 g kg<sup>-1</sup> (Monteiro, 2005).



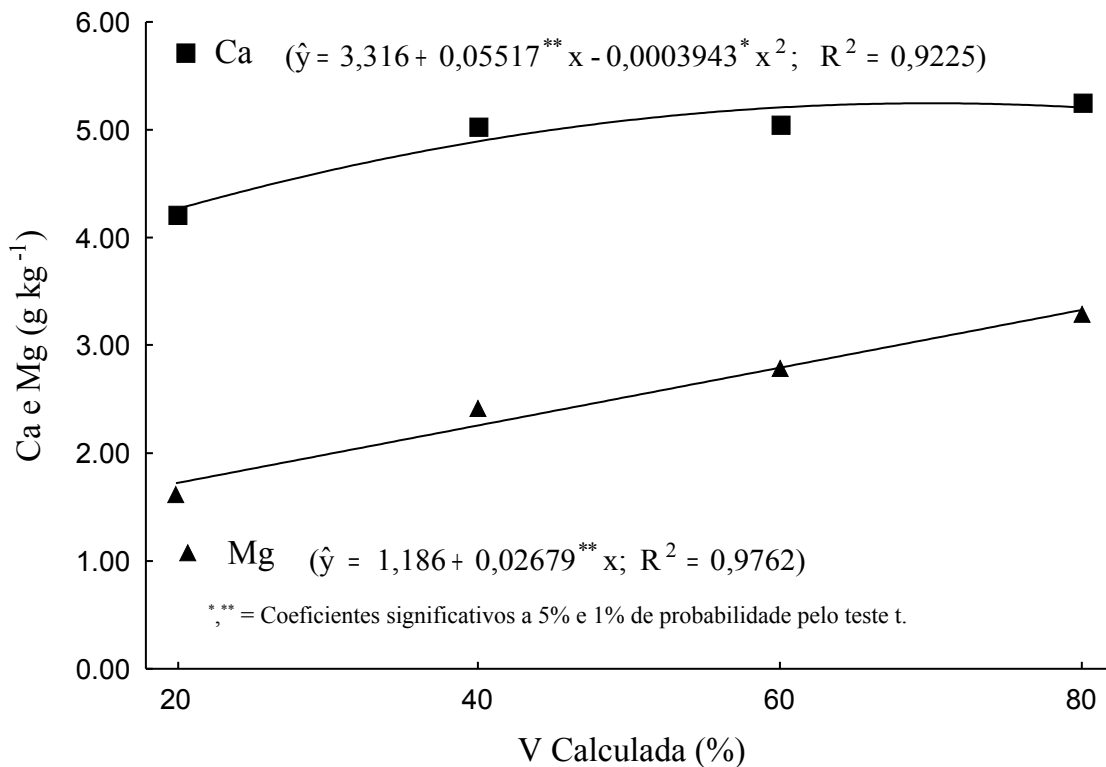


Figura 6 – Concentração de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas diagnósticas de capim-Massai em função de quatro níveis de saturação por bases (V calculada).

Quanto à concentração de Mg (Figura 6), o fato de ser crítica, ou não, nos menores níveis de V calculada, depende da interpretação de informações discordantes na literatura. Os valores considerados críticos nas folhas variam entre os autores, sendo que Werner et al. (1996) consideram a faixa de concentração de Mg foliar entre 1,5 e 5,0 g kg<sup>-1</sup> como satisfatória para *P. maximum*. Contudo, Pereira (2001) relatou NC para o Mg de 4,2 g kg<sup>-1</sup> na folhas diagnósticas, trabalhando com o capim-Mombaça em solução nutritiva. Ressalte-se que concentração dessa magnitude não ocorreu nem mesmo no maior nível de V nas folhas diagnósticas do capim-Massai, onde foi estimada 3,33 g kg<sup>-1</sup> de Mg. A Figura 2 permite estimar que o teor de Mg no solo mostrou-se pouco abaixo do limite entre o médio e baixo (4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) para a menor V calculada, enquanto a Figura 6 permite estimar que a concentração mínima de Mg ficou um pouco acima do limite inferior da concentração crítica nas folhas diagnósticas pelo critério de Werner et al. (1996).

O Ca alcançou 5,25 kg ha<sup>-1</sup>, no ponto de máximo, para uma V calculada de 70%. Na menor V calculada a concentração de Mg estimada foi 1,72 g kg<sup>-1</sup>, enquanto o Ca foliar foi estimado em 4,26 g kg<sup>-1</sup>. O valor para a concentração mínima de Mg mostra que esse nutriente pode ter sido deficiente, dependendo da concentração adotada como NC.

A equação ajustada para o enxofre (S) foliar em função dos tratamentos foi:

$$\hat{y} = 1,25 + 0,003433^{**} x - 0,001016^{**} z + 0,0006177^{*} w + 0,0000044^{*} zw$$

(x = V calculada; z = P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; w = N; R<sup>2</sup> = 0,8132; \*, \*\* = Coeficientes significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t.)

O S foliar estimado variou de 1,08 a 1,79 g kg<sup>-1</sup> na folhas diagnósticas da forrageira. Estas concentrações estão acima do nível crítico que varia entre 0,7 a 1,1 g kg<sup>-1</sup> para *P. maximum* cv Colonião (Monteiro & Carriel, 1987). A relação N:S que é considerada mais estável e melhor indicadora do “status” de S na planta, no ponto máximo situou-se em 11,80. O valor crítico desta relação é acima de 14, quando passa a faltar enxofre (Vitti & Novaes, 1986). Nas menores concentrações de ambos os nutrientes esta relação foi de 8,33, ou seja, estava sobrando S, ou melhor, faltando N.

### **Composição morfológica e valor nutritivo**

No presente estudo a composição morfológica do capim-Massai foi de 73,5% de lâminas foliares, 19% de colmos + bainhas e 7,5% de material senescente, na média dos três cortes. Desta forma a MSV correspondeu a 92,5% do total de massa seca produzida, sendo que as folhas representaram em torno de 80% desta MSV. Essa composição do capim-Massai foi bastante satisfatória, especialmente tendo em vista que o primeiro e terceiro períodos de crescimento apresentaram-se bastante dilatados. Esta é uma importante característica desta forrageira e foi verificada em outros trabalhos relatados na literatura (Embrapa, 2001; Valentim et al., 2001; Nascimento et al., 2002).

Os teores de PB encontrados na fração folhas, nas médias dos três cortes da forrageira, diferiram significativamente em função dos tratamentos (Figura 7) variando de 11,23% até 5,95%, ou seja, de um valor satisfatório até um valor bastante baixo tendo em vista a necessidade mínima dos animais, que é de 6 a 7% (Minson, 1990).

$$\hat{y} = 8,193 - 0,00933^{**} x + 0,001138^{**} z + 0,00002998^* xz \quad (R^2 = 0,9712)$$

x = P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; z = N; \*\*, \* = Coeficientes significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t.

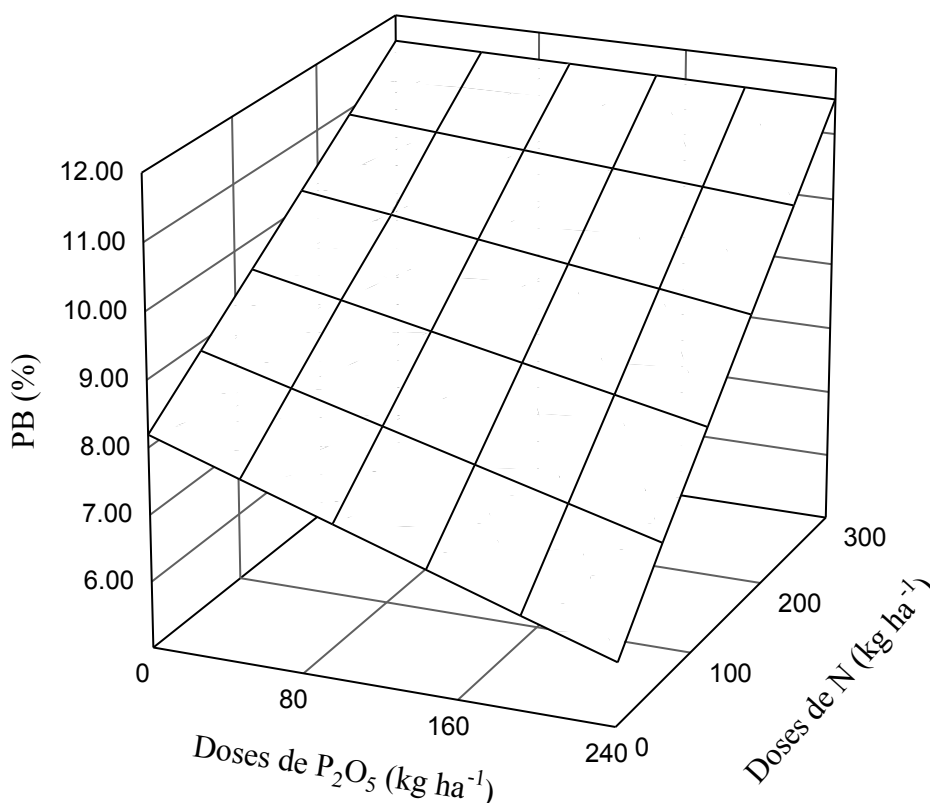


Figura 7 – Teor de proteína bruta (PB) nas folhas de capim-Massai em função da doses utilizadas de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e nitrogênio (N).

Alguns trabalhos sobre a qualidade nutritiva do capim-Massai têm indicado que seu teor de proteína é geralmente menor que aqueles apresentados por outros cultivares de *Panicum* (Embrapa, 2001, Brâncio et al., 2002; Euclides & Medeiros, 2003). Cavali et al. (2005) em experimento de corte comparativo da composição química de três cultivares de *P. maximum* (Massai, Mombaça e Tanzânia), verificaram que o Massai apresentou menor teor de PB que os outros dois cultivares após o primeiro ano de condução do experimento.

Esses autores atribuíram as diferenças encontradas ao fato de o cultivar Massai possuir maior eficiência na utilização de N e P, diluindo-o em seus tecidos. Essa é uma hipótese que parece razoável para a explicação da composição química (N e P) desta forrageira. Se por um lado esta característica pode ser vantajosa, possibilitando maior acúmulo de biomassa com menor quantidade destes nutrientes, por outro lado diminui o VN da forragem.

Embora sejam encontrados relatos na literatura que nem sempre a adubação nitrogenada aumenta o teor de PB da forragem (Euclides, 1995; Alvim et al., 2003), neste caso (Figura 7) o teor de PB foi altamente responsivo às doses de N, e apresentou diminuição em função da adubação com P nas menores doses de N. Esta diminuição em função do P provavelmente possa ser atribuída, em parte, ao papel do P em acelerar a maturidade das plantas. Outro aspecto importante a ser considerado é que as maiores doses de P provavelmente causaram um esgotamento do N no solo por promover a mineralização da matéria orgânica e absorção de N mais acentuada na fase do estabelecimento da pastagem, conforme aparentam os dados mostrados na Tabela 7. Na literatura têm sido relatados aumentos no teor de proteína em função da adubação fosfatada. Costa et al. (2004), em trabalho em casa de vegetação, com intervalos de 35 dias entre cortes, verificaram efeito positivo do P no teor de PB de capim-Massai.

Também é bastante evidente na Figura 8 o papel do N e do P na variação da DIVMO da fração folhas do capim-Massai. O papel do P na DIVMO foi muito semelhante àquele verificado para PB, provavelmente por razões idênticas. Os valores da DIVMO variaram de 62% a 50% nas maiores doses de  $P_2O_5$  e na maior e menor dose de N, respectivamente.

O efeito do N foi bastante acentuado na elevação da DIVMO (Figura 8), possivelmente por causar impactos positivos nas características morfogênicas do capim-Massai (Martuscello et al., 2006) e, do ponto de vista fisiológico, por favorecer, em condições de ampla energia, o equilíbrio no balanço do metabolismo carbono:nitrogênio na

planta, com o conseqüente enriquecimento em compostos nitrogenados ricos em carbono que participam na síntese de novos compostos nos vegetais (Taiz & Zeiger, 2004). Esse equilíbrio metabólico evita que carboidratos excedentes sejam estocados ou utilizados para outras atividades como, por exemplo, síntese de lignina (Santos, 2004, citando Larcher). Desta forma, o equilíbrio entre carbono, assimilado via fotossíntese, e nitrogênio, que deve ser provido pelo solo, interfere na digestibilidade da forragem.

$$\hat{y} = 54,67 - 0,01828^{**} x + 0,02190^{**} z + 0,00006836^{*} xz \quad (R^2 = 0,9614)$$

x = P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; z = N; \*,\*\* = Coeficientes significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t.

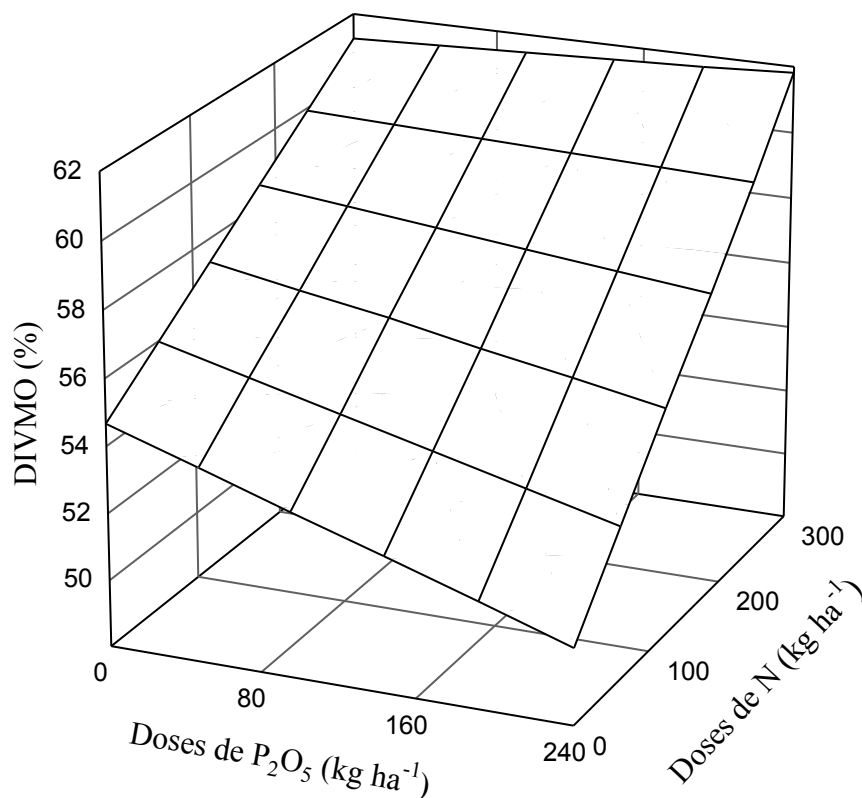


Figura 8 – Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) das folhas de capim-Massai em função das doses utilizadas de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e nitrogênio (N).

Em capim-Massai, Brâncio et al. (2002) verificaram DIVMO variando entre 40-60% em três períodos de avaliação, sob pastejo rotacionado em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico de Cerrado. Euclides & Medeiros (2003) encontraram variações de 60,8% a 52,2% para a DIVMO em quatro épocas do ano, na média de quatro anos, no mesmo local

do trabalho anterior.

Primavesi et al. (2000), trabalhando com a gramínea Coastcross em LATOSSOLO VERMELHO ESCURO de textura média em São Carlos, SP, utilizando cinco doses de N variando de 0 a 200 kg ha<sup>-1</sup>, com cortes a intervalos médios de 24 dias, verificaram aumento significativo de valores da DIVMS (digestibilidade da massa seca) e do teor de PB com o aumento das doses de N, enquanto Alvim et al. (2003), trabalhando em campo, com gramíneas do gênero *Cynodon*, em Coronel Pacheco, MG, variando doses de N:K de 250:200 para 500:440 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, em intervalos médios de amostragem de 25 dias no período chuvoso e 45 dias no período seco, não verificaram variação significativa na DIVMS e no teor de PB da forragem. Correa et al. (2005), em ensaio de campo com capim-Marandu, em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico de textura média, sob clima tropical de altitude, testando cinco doses de N (0 a 200 kg ha<sup>-1</sup>), verificaram que o incremento das doses aumentou significativamente o teor de PB (7,95 a 15%) e a DIVMO (60,1 a 70,2%), em intervalos de corte de aproximadamente 43 dias.

Os valores médios de DIVMO (57%) encontrados no presente trabalho situam-se na média das gramíneas forrageiras tropicais (Minson & Wilson, 1980). É necessário ressaltar que há restrições anatômicas mais acentuadas ao VN do capim-Massai em relação a outras forrageiras que as análises químicas podem não detectar em função da moagem das amostras destruírem as estruturas anatômicas responsáveis pelas restrições (Lempp et al., 2000; Lempp et al., 2004). Por outro lado os resultados encontrados estão concordantes com Lempp et al. (2004), para quem a adubação nitrogenada pode melhorar o VN do capim-Massai. Dentre os cultivares de *Panicum*, o cultivar Massai não se destaca pelo VN, mas por outras características agronômicas relevantes, como produtividade, resistência à seca, tolerância à acidez e baixos teores de P no solo e resistência à cigarrinha das pastagens (Euclides et al., 2000; Valério et al., 2002).

Algumas destas características agronômicas, ligadas aos atributos químicos do solo,

foram verificadas neste trabalho. Também se verificou que o capim-Massai é responsivo à adubação e calagem. Parece oportuno ressaltar que algumas de suas características agrônômicas mais relevantes são similares às aquelas que conferem destaque, dentre as forrageiras, para as gramíneas tropicais do tipo C<sub>4</sub> (Correa, 2000), potencializando alta produtividade de forragem e, conseqüentemente, alta taxa de lotação.

O acúmulo médio de MSV estimado em aproximadamente dez meses neste trabalho foi de 12.749 kg ha<sup>-1</sup>. Este acúmulo de MSV sob condições de pastejo, no período considerado, teoricamente poderia suportar a lotação média de 2,5 unidades animais por hectare, considerando um aproveitamento de MSV da forragem de 60%. No acúmulo máximo econômico de MSV estimado (16.950 kg ha<sup>-1</sup>) seria possível, teoricamente, a lotação média de 3,5 unidades animais. São valores bastante satisfatórios para a fase de manutenção de uma pastagem.

## CONCLUSÕES

1. A saturação por bases aumenta o efeito residual da adubação fosfastada, especialmente no nível de 60% de saturação por bases.
2. A eficiência da calagem depende das doses de nitrogênio utilizadas.
3. O efeito residual da adubação fosfatada é altamente dependente da utilização de nitrogênio.
4. A dose de máxima eficiência econômica para N é de 209 kg ha<sup>-1</sup>, com 60% de saturação por bases no solo e dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicada no estabelecimento da pastagem.
5. A saturação por bases de 60% corrige todas as características químicas do solo que são dependentes da correção da acidez (pH, Ca, Mg, Al e m).
6. A concentração de nitrogênio foliar apresenta-se adequada nas maiores doses de nitrogênio e maiores doses de fósforo e, ou, maiores níveis de saturação por bases.
7. A concentração foliar de P aumenta com doses crescentes de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e com o aumento dos níveis de saturação por bases, diminuindo com o aumento das doses de N.
8. A calagem para atingir nível de saturação por bases de 40% corrige os teores de Ca e Mg no solo e aumenta significativamente suas concentrações foliares.
9. A adubação nitrogenada aumenta significativamente os valores da digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica e da proteína bruta no capim-Massai.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, J.B.R.; MONTEIRO, F.A. Produção e nutrição do capim-Marandu em função da adubação nitrogenada e estádios de crescimento. **Boletim de Indústria Animal**, v.56, p.137-146, 1999.

ALVAREZ V., V.H. **Avaliação da fertilidade do solo. Superfícies de resposta – modelos aproximativos para expressar a relação fator – resposta**. Viçosa: Imprensa Universitária, UFV, 1985, 75 p.

ALVIM, M.J.; BOTREL, M.deA.; MARTINS, C.E. ; VILELA, D.; CÓSER, A.C.; Produção de leite de vacas da raça holandês com pastagem de coast-cross-1, adubada com três doses de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. CD-ROM.

ALVIM, M.J.; BOTREL, M.deA.; REZENDE, H.; XAVIER, D.F. Avaliação sob pastejo do potencial forrageiro de gramínea do Gênero *Cynodon*, sob dois níveis de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n.1, p. 47-54, 2003.

ANDRADE, D.F. de; NOLETO, A.Q. Exemplos de fatoriais fracionados  $(1/2)^4$  e  $(1/4)^4$  para o ajuste de modelos polinômios quadráticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, n.6, p. 677-680, 1986.

BARBOSA, R.A.; EUCLIDES, V.P.B. Valores nutritivos de três ecótipos de *Panicum maximum*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.53-55.

BONO, J.A.; MACEDO, M.C.M.; EUCLIDES, V.P.B. Biomassa e área do sistema radicular e resistência do solo à penetração em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo rotacionado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. CD-ROM.

BRÂNCIO, P.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V.P.B.; FONSECA, D.M.; ALMEIDA, R.G.; MACEDO, M.C.M.; BARBOSA, R.A. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sobv pastejo: composição química e disponibilidade da forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 1605-16-13, 2002.

BRÂNCIO, P.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V.P.B.; FONSECA, D.M.; ALMEIDA, R.G.; MACEDO, M.C.M.; BARBOSA, R.A. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sobv pastejo: Composição da dieta, consumo de matéria seca e ganho de peso animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n. 5.,p. 1037-1044, 2003.

CANTARELLA, H.; CORREA, L. de A.; PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C.; Fertilidade do solo em sistemas intensivos de manejo de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS. Inovações tecnológicas no manejo de pastagens, 19, 2002. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2002, p.99-132.

CANTARUTTI, R.B.; MARTINS, C.E.; CARVALHO, M.M., FONSECA, D.M.; ARRUDA, M.L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F.T.T. de. Pastagens. In RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.,V.H. (Eds). Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais: **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa, MG, 1999, p. 332-341.

CANTARUTTI, R.B.; FONSECA, D.M.; SANTOS, H.Q.; ANDRADE, C.M.S. Adubação de pastagens – uma análise crítica. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2002. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002, p. 42-84.

CANTARUTTI, R.B.; NOVAIS, R.F.de. Quantificação da necessidade de uso de corretivo e fertilizante em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: Teoria e prática da produção animal em pastagens, 22, 2005. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 2005, p. 181-194.

CARVALHO, M.M.; FREITAS, V.P.; CRUZ FILHO, A.B. Requerimento de fósforo para o estabelecimento de duas gramíneas tropicais em um solo ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p. 199-209, 1994.

CAVALI, J.; SALES, M.F.L.; VALENTIM, J.F.; ANDREADE, C.M.S.de; PORTO, M.O. Composição química de cultivares de **Panicum maximum** em Rio Branco, Acre. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42 , 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. CD-ROM.

COLWELL, J. Estudo dos efeitos de solo e clima sobre as respostas de culturas a fertilizantes. In: CONTINI, E.; ARAUJO, J.D.de; OLIVEIRA, A.J.; GARRIDO, W.E. (Eds). **Planejamento da propriedade agrícola. Modelos de decisão**. Brasília: Embrapa DDT, 1984. p.67-100.

CORREA, L.A. **Produção de carne em pastagens adubadas**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2000. 25p. (Circular Técnica/Embrapa Pecuária Sudeste, 25).

CORREA, L.de A.; HAAG, H.P. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, Álico: I. Ensaio em casa de vegetação. **Scientia Agrícola**, v. 50, n. 1, p. 99-108, 1993a.

CORREA, L.A.; HAAG, H.P. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em Latossolo Vermelho amarelo, álico: II. Experimento de campo. **Scientia Agrícola**, v. 50, n. 1, p. 109-116, 1993b.

CORREA, L.A.; FREITAS, A.R.; de; EUCLIDES, V.P.B. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de quatro cultivares de *Panicum maximum* em Latosso Vermelho Amarelo, álico, In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996, v.2, Forragicultura, p.169.

CORREA, L.A.; FREITAS, A.R. Adubação fosfatada na produção e teor de fósforo em quatro cultivares de panicum maximum. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997, v.2, Forragicultura, p.157-159.

CORREA, L.de A.; PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; FREITAS, A. R.de; SILVA, A. G.da. Valor nutritivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. **Anais...**Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. CD-ROM.

COSTA, N.L.; PAULINO, V.T.; RODRIGUES, A.N.A.; Efeito da adubação fosfatada sobre o rendimento e composição química da forragem de *Panicum maximum* cv Centenário. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 40, Santa Maria 1998. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. CD-ROM.

COSTA, N.L.; TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A.; PAULINO, V.T.; RODRIGUES, A.N.A. Resposta de *Panicum maximum* cv. Massai à fertilização fosfatada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 41, 2004. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. CD-ROM.

COUTO, W.; LEITE, C.G.; KORNELIUS, E. The residual effect of P and lime on the performance of four tropical grasses in a high P-fixing Oxisol. *Agronomy Journal*, v.77, p.539-542, 1985.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de solos, 2. ed. Rio de Janeiro, 1997, 212p. (EMBRAPA/ CNPS, documentos,1).

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. **Capim-Massai (*Panicum maximum* cv Massai): alternativa para diversificação de pastagens**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001, 8 p. (Comunicado Técnico/ Embrapa Gado de Corte, 69).

EUCLIDES, V.P.B.; Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: O capim-Colônia, 12, 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995, p.245-276.

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; VALÉRIO, J.R.; BONO, J.A.M. Cultivar Massai (*Panicum maximum*) uma nova opção forrageira: características de adaptação e produtividade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. CD-ROM.

EUCLIDES, V.P.B.; MEDEIROS, S.R.de. **Valor nutritivo das principais gramíneas cultivadas no Brasil**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2003, 43 p. (Documentos/ Embrapa gado de Corte, 139).

FERREIRA, R.S. **Matemática aplicada às ciências agrárias: análise de dados e modelos**. Viçosa:Universidade Federal de Viçosa, 1999. 333p.

FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A.; ALVAREZ V., V.H.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F. Absorção, utilização e níveis críticos de fósforo em *Andropogon gayanus*, *Brachiara decumbens* e *Hyparrhenia rufa*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, p.730-843, 1992.

FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A.; ALVAREZ V.,V.H.; NOVAES, R.F. Fatores que influenciam os níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras. II. Em campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p.35-40, 1997.

FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A.; ALVAREZ V., V.H.; SILVA, A.P.R.A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.N. Absorção, utilização e níveis críticos internos de fósforo e perfilhamento em *Andropogon gayanus* e *Panicum maximum*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1918-1929, 2000.

GOMIDE, J.A. Composição mineral de gramíneas e leguminosas forrageiras. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES EM PASTAGENS, Belo Horizonte, 1976. **Anais...** Belo Horizonte, UFMG, 1976. p.20-33.

KERRIDGE, P.C.; GILBERT, M.A.; COATES, D.B. Phosphorus and beef production in Northern Austrália.8. The status and management of soil phosphorus in relation to beef production. **Tropical Grasslands**. v.24, p.221-230, 1990.

LEMPP, B.; EUCLIDES, V.P.B.; MORAIS, M.da G.; VICTOR, D.M. Avaliação do resíduo da digestão de três cultivares de *Panicum maximum*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. CD-ROM.

LEMPP, B.; KICHEL, A.G.; GOMES, R.; SILVA, E.B. de A. Proporção e arranjo de tecidos em lâminas foliares de *Panicum maximum* cv Massai. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. **Anais...**Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. CD-ROM.

LUGÃO, S.M.B.; RODRIGUES, L.R.A. MALHEIROS, E.B.; ABRAHÃO, J.J.S.; MORAES, A.de. Avaliação econômica da adubação nitrogenada em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. (Acesso BRA-006998). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. CD-ROM.

LUZ, P.H.C.; HERLING, V.R.; BRAGA, G.J.; VITTI, G.C.; LIMA, C.G. Efeitos de tipos, doses e incorporação de calcário sobre características agronômicas e fisiologias do capim-tobiatã (*Panicum maximum* Jacq.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n.4, p. 964-970, 2000.

LUZ, P.H.C.; HERLING, V.R.; BRAGA, G.J.; OLIVEIRA, P.P. Uso da calagem na recuperação e manutenção da produtividade das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: FERTILIDADE DO SOLO PARA PASTAGENS PRODUTIVAS, 21, 2004, **Anais....** Piracicaba: FEALQ, 2004 p.63-100.

MACEDO, M.C.M. Análise comparativa de recomendações de adubação em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: Fertilidade do solo para pastagens produtivas, 21, 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004a, p317-355.

MACEDO, M.C.M. Adubação fosfatada em pastagens cultivadas com ênfase na região do cerrado. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. (Eds) SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, São Pedro, 2003. **Anais...** Piracicaba: Potafós, 2004b, p. 359-400.

MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema Cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIOS - A PRODUÇÃO ANIMAL E O FOCO NO AGRONEGÓCIO, 2005, Goiânia. Anais da 42a Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. p.56-84.

MACEDO, M.C.M., EUCLIDES, V.P.B. Changes in soil fertility and plant nutrient contents in degraded tropical pasture after renovation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18. 1997, Winnipeg, Saskatoon. **Proceedings...**v.1, Session 10, Soil, Fertility and Plant Nutrition. Winnipeg. Saskatoon:ICG, 1997, p.115-116.

MANARIM, C.A.; MONTEIRO, F.A.; Nitrogênio na produção e diagnose foliar do capim – mombaça. **Boletim da Indústria Animal**, v. 59, p. 115-123, 2002.

MANNETJE, L.t. Relations between pastures attributes and liveweight gains on a subtropical pasture. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 12. Moscow, 1974. **Proceedings...** Moscow, 1974, p.386-390.

MARTEN, G.C.; SHENK, J.S.; BARTON II, F.E. **Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS), analysis quality**. Washington:USDA, 1985. 110p. (Agriculture Handbook, 643).

MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; BARIONI, L.G.; SOUSA, D.M.G. de; BARCELLOS, A. de O. Manejo e adubação nitrogenada em pastagens In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: Fertilidade do solo para pastagens produtivas, 21, 2004a, **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004a, p. 155-216.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P.C.O.; Nitrogen recovery and loss in a fertilized elephant grass pasture. **Grass and Forage Science**, v. 59, p. 80-90, 2004b.

MARTHA JUNIOR, G.B.; VILELA, L. Pastagens no Cerrado: Baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 32 p. (Documentos/Embrapa Cerrados, 50).

MARTINEZ, H.E.P. **Níveis críticos de fósforo em *Brachiaria decumbens* (Stapf) Prain, *Brachiaria humidicola* (Randle) Schwserkerdt, *Digitaria decumbens* Stent, *Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf, *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, *Panicum maximum* Jack. e *Pennisetum purpureum* Schum.** Piracicaba, ESALQ-USP, 1980. 90 p. Tese de Mestrado.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. New York: Academic Press, 1995.

MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P.M.; CUNHA, D.N.F; Características morfogênicas e estruturais de capim-Massai submetido a adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, 2006, <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 23/02/2006.

MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. San Diego: Academic Press, 1990. 483p.

MINSON, D.J.; WILSON, J.R. Comparative digestibility of tropical and temperate forage – a contrast between grasses and legumes. **J. Aust. Inst. Agri. Sci.**, v. 46, n. 4, p. 247-249, 1980.

MONTEIRO, F.A. Nutrição mineral e adubação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS: O capim-Colônia, 12, 1995. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995, p. 219-244.

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.

MONTEIRO, F.A.; CARRIEL, J.M. Aplicação de níveis de enxofre na forma de gesso para cultivo do capim-colônia em dois solos arenosos do Estado de São Paulo. **Boletim de Indústria Animal**. v.44, p.335-347, 1987.

MYERS, R.J.K.; ROBBINS, G.B. Sustaining productive pastures in the tropics 5. Maintaining productive sown grass pastures. **Tropical Grasslands**. v.25, p.104-110, 1991.

NASCIMENTO, M.S.P.B; NASCIMENTO, H.T.S. do; ARAÚJO NETO, R.B.; LEAL, J.A. **O capim-Massai no meio norte**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2002, 3 p. (Comunicado Técnico/ Embrapa Meio Norte, 142).

NORONHA, J.F. Teoria da produção aplicada à análise econômica de experimentos. In: CONTINI, E.; ARAÚJO, J.D.de; OLIVEIRA, A.J.; GARRIDO, W.E. (Eds). **Planejamento da propriedade agrícola. Modelos de decisão**. Brasília: Embrapa DDT, 1984. p.23-65.

OLIVEIRA, O.C.; OLIVEIRA, I.P.; FERREIRA, E.; ALVES, B.J.R.; MIRANDA, C.H.B.; VILELA, L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Response of degrade pastures in the Brazilian Cerrado to chemical fertilization. **Pasturas Tropicales**. v.23, p.14-18, 2001.

PACIULLO, D.S.; GOMIDE, J.A.; RIBEIRO, K.G. Adubação nitrogenada do capim-elefante cv. Mott. 1. Rendimento forrageiro e características morfofisiológicas ao atingir 80 a 120 cm de altura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p. 1069-1075, 1998.



PAULINO, V.T.; COSTA, N.de L.; Efeito de calagem , adubação fosfatada e micronutrientes no desenvolvimento de *Panicum maximum* Jacq. cv. IZ-1 1. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. CD-ROM.

PAULINO, V.T.; COSTA, N.deL.; RODRIGUES, A.N.A.; LIMA, J.A.de. Resposta de *Panicum maximum* cv Massai à níveis de calagem. PAULINO, V.T.; COSTA, N.deL.; In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. CD-ROM.

PEREIRA, W.L.M. **Doses de potássio e magnésio em solução nutritiva para o capim-mombaça.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2001.128 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2001.

PIMENTEL-GOMES, F.; CONAGIN, A. Experimentos de adubação: Planejamento e Análise estatística. In: Embrapa-SEA. **Métodos de pesquisa em fertilidade de solos.** Brasília: EMBRAPA – SEA, 1991, p.103-188.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais:** Exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba:Fealq, 2002.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; GODOY, R.; VIVALDI, L.J . Adubação de aveia em dois sistemas de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 12, p. 1773-1778, 2002.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; GODOY, R. Resposta da aveia branca à adubação em Latossolo Vermelho-amarelo em dois sistemas de plantio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33,n. 1 , 2004, < <http://www.scielo.br> >. Acesso em 03/08/2006.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C.; CAMARGO, A.C. Conhecimento e controle no uso de corretivos e fertilizantes para manejo sustentável de sistemas intensivos de produção de leite de bovinos a pasto. **Revista de Agricultura**, v.74, n.2. p.249-265, 1999.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C.; CORREA, L.A.; SILVA, A.G.; CANTARELLA, H. Composição bromatológica de Coastcross submetido a diferentes fontes e doses de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. CD-ROM.

PRIMAVESI, O.; CORREA, L.A.; PRIMAVESI, A.C.; CANTARELLA, H., ARMELIN, M.J. A.; SILVA, A.G.da; FREITAS, A.R.de **Adubação com uréia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross sob manejo rotacionado: Eficiência e perdas.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. 42p. (Circular Técnica/Embrapa Pecuária Sudeste, 30).

PRIMAVESI, O; PRIMAVEI, A.C.; CORREA, L.A. ARMELIN, M.J. Calagem m pastagem degradada de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) intensamente adubada com nitrogênio em Latosso Vermelho Amarelo distrófico. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. **Anais...**Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. CD-ROM.

QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais.** Campinas: Instituto Agronômico, 2000, 111p.

RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A., FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1996, 285p. (Boletim Técnico/ Instituto Agronômico de Campinas, 100).

RAO, I.M.; KERRIDGE, P.C.; MACEDO, M.C.M. Nutritional requeriments of *Brachiaria* and adaptation to acid soils. In: MILES, J.W.; MAAS, B.L.; VALLE, C.B. (eds) ***Brachiaria: biology, agronomy, and improvement.*** Colômbia: CIAT/EMBRAPA-CNPGC, 1996. p 53-71.

SANTOS, H.Q.; FONSECA, D.M. ; CANTARUTTI, R.B.; ALVAREZ V., V.H.. Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 173-182, 2002.

SANTOS, P.M. Aspectos fisiológicos e metabólicos da nutrição nitrogenada de plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: Fertilidade do solo para pastagens produtivas, 21, 2004, **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004, p. 139-154.

SANTOS JUNIOR, J.deD.; MACEDO, M.C.M.; MONTEIRO, F.A.; EUCLIDES, V.P. B. Concentração de macronutrientes em folhas diagnósticas de capim-Tanzânia na rebrotação de verão e outono. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. **Anais...**Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. CD-ROM.

SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56 p.

SAS INSTITUTE INC.; SAS/STAT - **Users Guide**; Vers. 6, 4 ed. Cary NC, USA, 1989. v. 2, 846 p.

SCHUNKE, R.M. **Produção, decomposição e liberação de nutrientes da liteira de quatro cultivares de Panicum maximum Jacq**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1998. 111p. Tese (Doutorado em Ciências do Solo) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1998.

SCHUNKE, R.M.; VIEIRA, J.M.; SOUSA, J.C.de; GOMES, R.F.C.; COSTA, F.P.; **Resposta à adubação fosfatada e à suplementação mineral de bovinos de corte sob pastejo em Brachiaria decumbens**. 1ª.reimp. Campo Grande: Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, 1993. 24p (Boletim de Pesquisa/Embrapa-CNPGC, 5).

SETELICH, E.A.; ALMEIDA, E.X.; MARASCHIN, G.E. Adubação nitrogenada e variáveis morfogênicas em capim elefante anão cv. Mott, sob pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...**Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998a. CD-ROM.

SETELICH, E.A.; ALMEIDA, E.X.; MARASCHIN, G.E. Resposta à adubação nitrogenada de capim-elefante anão cv. Mott, sob pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...**Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998b. CD-ROM.

SILVA, S.C.da; CORSI, M. Manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: Fertilidade do solo para pastagens produtivas, 20, 2003, **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2003, p. 155-185.

SOARES, W.V.; LOBATO, E.; SOUZA, D.M. G.; VILELA, L. **Adubação fosfatada para manutenção de pastagem de *Brachiaria decumbens* no Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 5p. (Comunicado Técnico/Embrapa Cerrados, 53).

SOUZA, D.M.G.de; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. (editores). **Cerrado correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2002, p. 81-96.

SOUZA, D.M.G.de; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. (Eds) SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, São Pedro, 2003. **Anais...** Piracicaba: Potafós, 2004, p.157-200.

SOUZA, D.M.G.de; MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L. Manejo e adubação fosfatada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: Fertilidade do solo para pastagens produtivas, 21, 2004. **Anais...** Piracicaba:FEALQ, 2004, p. 101-138.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre, Artmed, 2004. 719p.

TEITZEL, J.K.; GILBERT, M.A.; COWAN, R.T. Sustaining productive pastures in the tropics 6. Nitrogen fertilized grass pastures. **Tropical Grasslands**, v.25, p.111-118, 1991.

TISDALE, S.M.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. 4.ed. New York, Macmillan Publishing Company, 1985. 754p.

VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; MOREIRA, P.; JANK, L.; SALES, M.F.L. **Capim-Massai (*Panicum maximum* Jacq): Nova fronteira para a diversificação das pastagens do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001, 16 p. (Circular Técnica/ Embrapa Acre, 41).

VALÉRIO, J.R.; SANTOS, A.V. DOS; SOUZA, A.P. et al. *Panicum maximum* cultivar Massai: gramínea forrageira resistente à cigarrinha-das-pastagens *Notozulia entreriana* (Berg, 1879) (Homoptera: Cercopidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 19, 2002, Manaus. **Anais...**, Manaus: Sociedade Brasileira de entomologia, 2002. p.171.

VALLE, C.B.; RESENDE, R.M.S. Grass and forage plant improvement in the tropics and sub-tropics. INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 20, 2005. **Proceedings...** Dublin: University College, 2005. p. 69-80.

VILELA, L.; SOARES, W.V.; SOUSA, D.M.G. de; MACEDO, M.C.M. Calagem e adubação para pastagens. In: SOUSA, D.M.G.de; LOBATO, E. (editores). **Cerrado correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2002, p. 367-384.

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

VITTI, G.C.; NOVAES, N.J. Adubação com enxofre. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1. Nova Odessa, 1985. **Anais...** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e Fósforo, 1986. p 175-190.

YAMADA, T. Melhoria na eficiência da adubação aproveitando as interações entre os nutrientes. **Informações Agronômicas**, nº 100. Dezembro/2002, p.1-5. 2002.

WERNER, J.C.; MONTEIRO, F.A.; CARRIEL, J.M. Efeitos da calagem em capim Colômbio (*Panicum maximum* Jacq.) estabelecido. **Boletim da Indústria Animal**. Nova Odessa, , v. 36, n. 2, p. 247-254, 1979.

WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.J.A.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N.deO. Forrageiras. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M. **C. Recomendações de adubação e de calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico/ Fundação IAC, 1996, p.263-273 (Boletim Técnico/ Instituto Agronômico de Campinas, 100).

WILSON, J.R. Structural and anatomical traits of forages influencing their nutritive value for ruminants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997, p. 411-429.