

RENATO RIBEIRO PASSOS

RESPOSTAS DO BRAQUIARÃO E DO ANDROPOGON A
FONTES DE FÓSFORO, CALCÁRIO E GESSO EM LATOS-
SOLO DA REGIÃO DOS CAMPOS DAS VERTENTES(MG)

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura de Lavras, como parte das exigências do
Curso de Mestrado em Agronomia, área de concen-
tração em Solos e Nutrição de Plantas, para
obtenção do título de "MESTRE".

Orientador

Prof. VALDEMAR FAQUIN

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

1994

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da ESAL

Passos, Renato Ribeiro.

Respostas do braquiário e do andropogon a fontes
de fósforo, calcário e gesso em Latossolo da região
dos Campos das Vertentes (MG) / Renato Ribeiro Pas-
sos. -- Lavras : ESAL, 1994.

90p. : il.

Orientador: Valdemar Faquin.

Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agri-
cultura de Lavras.

Bibliografia.

1. Gramíneas forrageiras - Adubação fosfatada.
2. Gramíneas forrageiras - Correção do solo - Efeito.
3. Corretivos - Solos. I Escola Superior de Agri-
cultura de Lavras. II. Título.

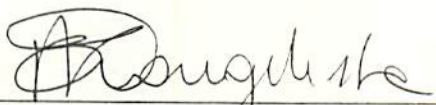
CDD-633.208891

RENATO RIBEIRO PASSOS

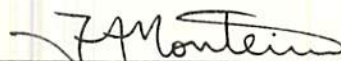
**RESPOSTAS DO BRAQUIARÃO E DO ANDROPOGON A FONTES DE
FÓSFORO, CALCÁRIO E GESSO EM LATOSSOLO DA REGIÃO DOS
CAMPOS DAS VERTENTES (MG)**

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura de Lavras, como parte das exigências
do Curso de Mestrado em Agronomia, área de
concentração em Solos e Nutrição de Plantas,
para obtenção do título de "MESTRE"

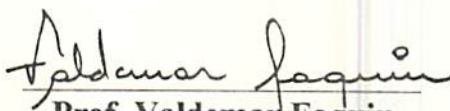
APROVADA em 19 de agosto de 1994



Prof. Antônio Ricardo Evangelista



Prof. Francisco Antonio Monteiro



Prof. Valdemar Faquin
(Orientador)

A Deus,

A minha família,

pela confiança em mim depositada

OFEREÇO

Aos meus pais Otacílio e Ruth,

e à Rosimare,

pelo amor, dedicação e compreensão

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), em especial ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade de realizar o curso

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida

Ao Professor Valdemar Faquin pela orientação, dedicação, compreensão e amizade.

Aos Professores Antônio Ricardo Evangelista (ESAL) e Francisco Antonio Monteiro (ESALQ/USP) pela colaboração e valiosas sugestões.

Ao Professor Mozart Ferreira Martins, pela atenção dispensada no envio de documentos relativos ao curso e amizade

Aos Professores do Departamento de Ciência do Solo pelos ensinamentos no decorrer do curso

Ao Professor Hugo Alberto Ruiz, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela orientação na iniciação científica, apoio e amizade.

A todos os colegas da pós-graduação, em especial aos amigos Djail Santos, Héber Ferreira dos Reis, Carlos Alberto Silva, Cláudio Kendi Morikawa, Renato Lara de Assis, Eduardo Sampaio Marques, Tadeo Carniel, César da Silva Chagas e Heron Salazar Costa pela amizade e prazerosa convivência.

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo, especialmente a João Batista Corrêa, Delane Ribeiro e João Gualberto Penha pelo auxílio na realização das análises químicas, e a José Roberto Fernandes pela ajuda prestada na coleta do solo e amizade.

A Cláudio Augusto Bortolini, Sérgio Menegatti, Mauro Brasil D. Tofanelli e Marcelo Ronaldo Villa, bolsistas de iniciação científica, pela prestimosa ajuda, e a todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para a concretização deste trabalho.

SUMÁRIO

| | Página |
|--|--------|
| LISTA DE TABELAS | vi |
| LISTA DE FIGURAS | vii |
| RESUMO | viii |
| SUMMARY | x |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 3 |
| 2.1 Fósforo no solo | 3 |
| 2.2 Efeitos das fontes de fósforo no crescimento de plantas | 5 |
| 2.3 Influência do calcário e do gesso agrícola sobre a disponibilidade de fósforo | 11 |
| 2.4 Nutrição das plantas com fósforo, enxofre, cálcio e magnésio | 13 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 16 |
| 3.1 Solo e clima | 16 |
| 3.2 Vasos, delineamento experimental e tratamentos | 18 |
| 3.3 Condução do experimento | 20 |
| 3.4 Parâmetros avaliados | 22 |
| 3.5 Análise estatística | 23 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 24 |
| 4.1 Análises químicas do solo após aplicação dos tratamentos e incubação | 24 |
| 4.2 Produção de matéria seca e perfilhamento | 28 |
| 4.3 Teor e acumulação na parte aérea das plantas dos nutrientes envolvidos nos tratamentos | 40 |
| 4.3.1 Fósforo | 40 |
| 4.3.2 Enxofre | 46 |
| 4.3.3 Cálcio | 51 |
| 4.3.4 Magnésio | 55 |
| 4.4 Índices de Eficiência Agronômica (IEA) das fontes de P utilizadas | 59 |
| 5 CONCLUSÕES | 63 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 64 |
| APÊNDICES | 73 |

LISTA DE TABELAS

| Tabela | | Página |
|--------|--|--------|
| 1 | Caracterização química e física do LU, coletado nas camadas de 0-15 e 15-30 cm de profundidade, na região dos Campos das Vertentes (MG)..... | 17 |
| 2 | Características das fontes de fósforo, calcário e gesso utilizados | 19 |
| 3 | Caracterização química do LU na camada de 0-15 cm (segmento superior), após aplicação dos tratamentos e incubação, antes do plantio..... | 25 |
| 4 | Produção de matéria seca da parte aérea (g/vaso) do braquiário e do andropogon nos seis cortes realizados e total dos cortes | 29 |
| 5 | Número de perfilhos por vaso (1º e 6º cortes) do braquiário e do andropogon. | 33 |
| 6 | Produção de matéria seca das raízes do braquiário e do andropogon, no segmento superior (0-15 cm), inferior (15-30 cm) e vaso (total) | 36 |
| 7 | Teor e acumulação de fósforo na parte aérea do braquiário | 41 |
| 8 | Teor e acumulação de fósforo na parte aérea do andropogon | 42 |
| 9 | Teor e acumulação de enxofre na parte aérea do braquiário | 47 |
| 10 | Teor e acumulação de enxofre na parte aérea do andropogon | 48 |
| 11 | Teor e acumulação de cálcio na parte aérea do braquiário | 52 |
| 12 | Teor e acumulação de cálcio na parte aérea do andropogon | 53 |
| 13 | Teor e acumulação de magnésio na parte aérea do braquiário | 56 |
| 14 | Teor e acumulação de magnésio na parte aérea do andropogon | 57 |
| 15 | Índice de eficiência agrônômica (IEA) ⁽¹⁾ para fontes de fósforo, na dose de 200 mg P/kg de solo, na ausência (-cal) e presença (+cal) de calagem e calagem/gessagem (+cal/ges), para o braquiário e o andropogon, baseado na produção total de matéria seca da parte aérea | 60 |
| 16 | Índice de eficiência agrônômica (IEA) ⁽¹⁾ para fontes de fósforo, na dose de 200 mg P/kg de solo, na ausência (-cal) e presença (+cal) de calagem e calagem/gessagem (+cal/ges), para o braquiário e o andropogon, baseado no acúmulo total de fósforo | 60 |

LISTA DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|--------|--|--------|
| 1 | Produção total de matéria seca da parte aérea do braquiário (soma de seis cortes). Em cada tipo de correção, colunas com as mesmas letras não diferem entre si (Tukey 5%) | 30 |
| 2 | Produção total de matéria seca da parte aérea do andropogon (soma de seis cortes). Em cada tipo de correção, colunas com as mesmas letras não diferem entre si (Tukey 5%) | 30 |
| 3 | Produção total de matéria seca da parte aérea e da raiz (0-15 e 15-30 cm) do braquiário. ⁽¹⁾ Os valores numéricos acima das colunas, representam para cada fonte de P, a relação parte aérea/raiz | 38 |
| 4 | Produção total de matéria seca da parte aérea e da raiz (0-15 e 15-30 cm) do andropogon. ⁽¹⁾ Os valores numéricos acima das colunas, representam para cada fonte de P, a relação parte aérea/raiz | 38 |

RESUMO

PASSOS, Renato Ribeiro. Respostas do braquiário e do andropogon a fontes de fósforo, calcário e gesso em Latossolo da região dos Campos das Vertentes (MG). Lavras: ESAL, 1994. 90p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)*

Baseado em trabalho anterior que determinou que a omissão de P na adubação reduziu em 98% a produção de matéria seca do braquiário (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu), e do andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth var. *bisquamulatus* cv. Planaltina), foram realizados dois experimentos simultaneamente, em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo/ESAL, um para cada espécie acima citada, com o objetivo de se avaliar as respostas destas forrageiras a fontes de fósforo, calcário e gesso em Latossolo variação Una, proveniente da região dos Campos das Vertentes (MG). Utilizaram-se como vasos, colunas formadas pela sobreposição de dois segmentos de tubo de PVC de 20 cm de diâmetro, sendo o inferior de 15 cm e o superior de 18 cm de altura, conectados por fita isolante, sendo que o segmento inferior recebeu o solo natural correspondente à camada de 15-30 cm e o superior, o da camada 0-15 cm, onde os tratamentos foram aplicados. Os dois experimentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, distribuídos em esquema fatorial 5 × 3 com 3 repetições,

* Orientador: Valdemar Faquin. Membros da banca: Antônio Ricardo Evangelista e Francisco Antonio Monteiro.

sendo 5 tratamentos relacionados ao fósforo (designados como fontes de P): Superfosfato Triplo(ST); Termofosfato Magnésiano Yoorin (TMg); Fosfato de Araxá Parcialmente Solubilizado (FAPS); Fosfato de Araxá (FAR) e Testemunha - sem aplicação de fósforo (-P), e 3 tipos de correção do solo: ausência de calagem (-cal); presença de calagem (+cal) e presença de calagem/gessagem (+cal/ges). A dose de P aplicada de cada fonte foi 200 mg P/kg de solo, baseado no conteúdo total de P_2O_5 da fonte. A calagem foi para $V = 50\%$ com calcário dolomítico comercial calcinado e a gessagem na dose de 1,0 t/ha. Os resultados obtidos mostraram que o solo estudado apresenta limitações severas de P e em menor grau de S, e a adubação com estes nutrientes é imprescindível para o estabelecimento e produção das forrageiras. A calagem mostrou-se importante como fonte de Mg, aumentou a mineralização do S orgânico e não influenciou a eficiência das fontes de P. As fontes de P atuaram também como fontes de Ca, não sendo esperado este efeito sob condições de campo onde as doses aplicadas são menores, podendo-se dizer o mesmo para o ST com relação ao S; neste caso, a calagem torna-se importante também como fonte de Ca. Na ausência da aplicação do gesso nos tratamentos de correção (-cal e + cal), o FAR e o TMg proporcionaram produções de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular menores que o FAPS e o ST, que apresentaram S em suas composições. A presença do gesso no tratamento de correção (+cal/ges) elevou os níveis de S no solo, corrigindo a deficiência deste nutriente das plantas, e nestas condições, as fontes de P apresentaram a seguinte ordem de eficiência agrônômica: $TMg > ST > FAR \cong FAPS$. O TMg mostrou-se uma excelente fonte de P e de Mg, beneficiando-se da presença de silicato em sua composição.

SUMMARY

RESPONSES OF *Brachiaria brizantha* (Hochst) cv. Marandu AND *Andropogon gayanus* Kunth var. *bisquamulatus* cv. Planaltina TO PHOSPHORUS SOURCES, LIMESTONE AND GYPSUM IN AN OXISOL FROM CAMPOS DAS VERTENTES REGION (MINAS GERAIS STATE, BRAZIL).

Based on previous work which established that without P fertilization the dry matter production of *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu and *Andropogon gayanus* Kunth var. *bisquamulatus* cv. Planaltina was lowered by 98%, two experiments were carried out simultaneously, in a greenhouse at the Soil Science Department/ESAL. The purpose was to evaluate the responses of these forages to phosphorus sources, limestone and gypsum in an Oxisol (Latosol) from Campos das Vertentes region, State of Minas Gerais. Columns constituted by the overlapping of two PVC tube with 15 cm and of 18 cm, attached by insulation tape. The lower segment received the soil corresponding to the 15-30 cm layer and, the upper one, where the treatments were applied, soil from the 0-15 cm layer. The two experiments were arranged in a completely randomized design, set in a 3 × 5 factorial, with 3 replications. The factorial had 5 treatments related to phosphorus (designated as phosphorus sources): Triple Superphosphate (TS); Yoorin Magnesian Thermophosphate (MgT); Partially Solubilized Araxá Phosphate (PSAP); Araxá rock Phosphate (ArP) and control - no phosphorus application (-P) and 3 soil amendments. no liming (- lim); liming (+ lim) and liming/gypsum application (+ lim/gyp). The amount of P applied from each source was 200 mg P/kg soil, based upon the total P₂O₅ content of the source.

Liming was for V = 50% with calcinated commercial dolomitic limestone and gypsum application at the rate of 1.0 t/ha. The results showed that the soil studied presents severe constraints of P and to a lesser extent of S. Fertilization with these two nutrients is indispensable for forage establishment and production in such soil. Liming proved to be important as a magnesium source, improved mineralization of organic S and did not influence efficiency of phosphorus sources. Phosphorus sources also acted as calcium sources and this effect are not expected under field conditions, where the rates applied usually are lower than that applied in this study, being possible the same as to TS with regard to S; in this instance, liming become important as a calcium source, too. In the absence of gypsum application (- lim and + lim), ArP and MgT resulted lower dry matter yields of the shoot and roots than PSAP and TS, which presented S in their composition. The presence of gypsum (+ lim/gyp) increased the sulfur levels in soil and corrected S deficiency of the plants. In + lim/gyp, the phosphorus sources presented the following rank of agronomic efficiency: MgT > TS > ArP \cong PSAP. MgT proved to be an excellent source of P and of Mg, benefit from the presence of silicate in its composition.

1 INTRODUÇÃO

A pecuária leiteira representa a principal atividade agropecuária da região dos Campos das Vertentes (MG). No entanto, a produtividade do rebanho é baixa em função da má condição das pastagens desta região, as quais são constituídas em grande parte por espécies nativas.

Latossolos e Cambissolos são os solos que predominam nesta região, sendo que os Latossolos por situarem-se comumente em relevos mais planos, além de apresentarem boas condições físicas, são mais indicados para formação de pastagens cultivadas. Um dos fatores que mais limitam o desenvolvimento e produção de forrageiras nesses solos é a baixa fertilidade dos mesmos. Assim, práticas como correção da acidez do solo, adubação, bem como a utilização de forrageiras mais produtivas, constituem-se em medidas de grande importância visando elevar a produtividade das pastagens.

Dentre os nutrientes que mais limitam a produção de forrageiras, o fósforo merece destaque, dada a pobreza dos solos neste elemento e ao importante papel que desempenha nas plantas. Além da adubação fosfatada, a calagem adquire grande importância, seja na correção da acidez dos solos, aumentando o aproveitamento de fósforo pelas plantas, como também pelo fornecimento de cálcio e magnésio como nutrientes. Respostas de forrageiras ao enxofre também têm sido comuns, sendo a aplicação de gesso, como fonte de S, uma alternativa neste sentido.

Dessa forma, a aplicação desses nutrientes, principalmente o fósforo, é essencial para obtenção de rendimentos elevados das forrageiras.

Diante disto, objetivou-se neste trabalho, através de experimentos em colunas, em condições de casa de vegetação, utilizando um Latossolo variação Una representativo da região, avaliar as respostas do braquiarião e do andropogon a fontes de fósforo, calcário e gesso.

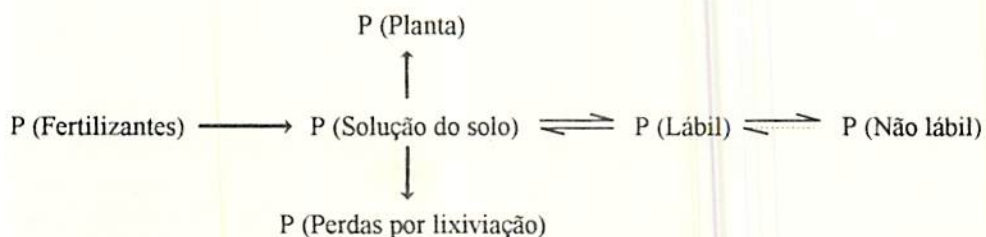
2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fósforo no solo

A disponibilidade de fósforo no solo para as plantas depende fundamentalmente do equilíbrio e da dinâmica deste no solo.

Os fatores que definem tal disponibilidade, de acordo com Raij (1991), são: fator intensidade, representado pela concentração de fósforo na solução do solo; fator quantidade, representado pelo fósforo que pode ir para a solução do solo, ou fósforo lábil; fator capacidade ou poder tampão do solo, representado pela condição do solo de poder manter ou restabelecer o fósforo em solução em níveis adequados através da dissolução do elemento da fase sólida; fator difusão, representado pelas características que permitem aos íons fosfato migrarem da superfície da fase sólida do solo, onde se dissolvem, até a superfície das raízes.

A dinâmica do fósforo no solo pode ser esquematizada através do modelo apresentado por Raij (1991).



O esquema mostra que com a solubilização do fertilizante fosfatado, o fósforo passa para a solução do solo, ficando prontamente disponível para a absorção pelas plantas. Entretanto, devido à grande tendência de retenção de fosfato pela maioria dos solos, a maior parte do fósforo adicionado ao solo passa para a fase sólida, constituindo-se o P-lábil. Este é representado pelo P-adsorvido (ligado a sítios de trocas dos colóides minerais e orgânicos do solo) ou precipitado, mas em equilíbrio relativamente rápido com o P-solução, podendo ser assim considerado como disponível para as plantas. Já o P-não lábil é representado pelo P-precipitado em compostos insolúveis (comumente Ca, Fe e Al) ou adsorvido especificamente por sítios de troca de elevada energia, praticamente não trocáveis, ficando assim com aproveitamento incerto pelas plantas. As relações existentes entre o P-não lábil e outras formas são complexas, variáveis de solo para solo e, por isso, pouco conhecidas (Goedert e Souza, 1984). Com relação às perdas por lixiviação, devido às baixas concentrações de P na solução, do ponto de vista agrícola, estas são insignificantes, exceto em solos extremamente arenosos e fortemente adubados (Volkweiss e Raij, 1977).

A solubilidade do fertilizante também se constitui um fator importante, sendo definida pela constante de dissociação dos compostos que o constituem e influenciada pela acidez do solo (Fassbender, 1982). Assim, quando uma fonte solúvel de fósforo é aplicada ao solo, ocorrerá solubilização de P, transferindo-o à fração lábil, e esta, com o tempo, para a fração não lábil. Já no caso das fontes menos solúveis, a dissolução de P pode vir a colaborar na manutenção do P-solução, talvez em maior grau o que a passagem do P-lábil para P-não lábil (Raij e Diest, 1980).

Em solos ácidos, o fosfato encontra-se principalmente ligado a Fe e Al, ao passo que em solos com pH superior a 7,0, considerável porção encontra-se ligada também ao Ca (Volkweiss e Raij, 1977). Quanto maior for o conteúdo de óxidos de ferro e de alumínio, maior será a

capacidade de adsorção de fosfato. Por conseguinte, solos mais ácidos e intemperizados apresentam alta capacidade de fixação de P, enquanto que solos menos ácidos, com mineralogia de silicatos laminares, têm capacidade de adsorção muito mais baixa (Sanchez, 1981). Além do P adsorvido que está em contato direto com a solução do solo, existem também em solos ácidos quantidades apreciáveis de P ligado a Fe e Al, disperso ao acaso no interior da estrutura cristalina de sesquióxidos de Fe e Al, denominado P ocluso (Chang e Jackson, 1957). Dentre os fatores que afetam a fixação de P destacam-se: a quantidade e grau de cristalinidade dos óxidos hidratados de Fe e Al e o conteúdo de alumínio trocável no solo (Kamprath, 1977).

Desta forma, a utilização das fontes de P disponíveis no mercado, requer um esforço interdisciplinar, cuja estratégia deve incluir simultaneamente algumas alternativas, citadas por Goedert e Souza (1984), como

- a) minimização do poder de “fixação” de P pelo solo, antes da aplicação de fósforo;
- b) determinação da melhor fase e do mais adequado modo de aplicação e incorporação;
- c) desenvolvimento de tecnologia que permita aproveitar melhor as fontes de P;
- d) maximização das interações positivas existentes entre adubação fosfatada e outras práticas agrícolas;
- e) combinação dos fatores, visando obter a máxima produção por unidade de fósforo aplicada ao solo.

2.2 Efeitos das fontes de fósforo no crescimento de plantas

A recomendação de um ou outro fertilizante fosfatado está relacionada aos aspectos agronômicos e econômicos, que possibilitem indicar aquele mais adequado a cada solo e cultura

Esses fertilizantes vão desde os mais solúveis, dentre os quais se encontram os superfosfatos e os termofosfatos, até os fosfatos naturais de baixa solubilidade, tal como o fosfato de Araxá, tendo como fontes intermediárias, os fosfatos parcialmente acidulados, os quais se constituem em alternativas visando obter-se colheitas mais econômicas.

O fosfato de Araxá, bem como a maioria dos fosfatos naturais brasileiros, apresenta baixa reatividade no solo e conseqüentemente, baixa eficiência agronômica, quando comparado ao superfosfato triplo (Goedert e Lobato, 1980; Kaminski e Mello, 1984). Além da baixa eficiência agronômica dos fosfatos naturais apatíticos, ocorre também uma grande variabilidade desses fosfatos como fonte de P para as plantas (Feitosa et al., 1978 e Braga et al., 1980). O aproveitamento do fósforo dessas fontes varia consideravelmente em função do tempo decorrido após a aplicação, condições de acidez do solo e espécie de planta, dentre outros fatores (Leite et al., 1985). Assim, o emprego desses fosfatos, principalmente para adubação de pastagens em determinadas regiões, tem sido cogitado, em função do seu efeito residual, principalmente quando aplicados em quantidades mais elevadas que as usualmente utilizadas.

Em experimento realizado visando avaliar o efeito residual da calagem e de fontes de fósforo numa pastagem estabelecida em solo de cerrado, Sanzonowicz, Lobato e Goedert (1987) verificaram que a eficiência do fosfato natural de Araxá foi baixa no primeiro ano de cultivo de braquiária mas aumentou a partir do segundo ano. Contudo a produção acumulada foi superior para as fontes mais solúveis, mostrando que a maior produção inicial obtida com estas fontes não foi compensada pela melhoria da eficiência dos fosfatos naturais com o decorrer do tempo.

Dentre as propriedades do solo que interferem na dissolução dos fosfatos naturais, o pH e a capacidade de sorção de fósforo merecem atenção especial. Trabalhando com onze fontes de fósforo, Goedert e Lobato (1980) verificaram que a eficiência dos fosfatos naturais é maior com o

aumento da acidez do solo e que o melhor crescimento vegetal exige um equilíbrio entre os fatores acidez, disponibilidade de fósforo e adaptação de plantas. Resultados semelhantes foram obtidos por Blanco, Venturini e Gargantini (1965) e Cantarutti (1980), que também constataram maior eficiência dos fosfatos naturais em condições de acidez do solo.

Em solos com baixa capacidade de retenção de fósforo, a disponibilidade depende das características do fosfato natural, enquanto que em solos de alta retenção, as diferenças de solubilidade das rochas não explicam as variações encontradas, indicando que diversos fatores devem ser considerados para estimar a disponibilidade de fósforo de fosfatos naturais, pois parece que apenas solubilidade do fósforo, pH e capacidade de retenção de fósforo pelo solo não são suficientes (Reinhorn, Harin e Axelrod, 1978).

Outro fator a ser levado em consideração é o tempo de contato do fosfato natural com o solo. Novelino (1984) observou efeito positivo do tempo de contato sobre a solubilização do fosfato, evidenciado pelo decréscimo nas quantidades de fósforo ligado a cálcio e pelos acréscimos nas quantidades de fósforo ligado a ferro e alumínio. Entretanto, conforme observado por Bragança (1979), embora a solubilização do fosfato de Araxá seja maior com o aumento do tempo de incubação, os produtos formados apresentam menor disponibilidade de fósforo para as plantas. Resultados semelhantes foram obtidos por Novais, Braga e Martins (1980).

Existem diferenças entre espécies no que se refere à capacidade de absorção de fósforo dos fosfatos naturais. Em estudo feito com gramíneas e leguminosas, Drake e Steckel (1955) verificaram que a absorção de fósforo de um fosfato natural aumentou com a capacidade de troca das raízes, sugerindo dois mecanismos responsáveis: plantas que utilizam melhor o fósforo do solo ou do fertilizante têm maior afinidade pelo cálcio do solo; ânions orgânicos, produzidos durante a decomposição das raízes, complexam ferro e alumínio, solubilizando os fosfatos desses últimos

minerais. De acordo com Rajj e Diest (1979), o grau de utilização de fosfatos pouco solúveis pelas plantas é determinado em grande parte pelas características nutricionais da espécie. Assim, plantas que têm maior afinidade por cátions, tendem a exsudar íons H^+ , exercendo efeito ácido sobre sua rizosfera, apresentando maior capacidade de aproveitamento desses fosfatos.

Os fosfatos naturais, principalmente os brasileiros que em geral, são de baixa solubilidade, apresentam razoável eficiência agronômica para pastagens tolerantes à acidez e certas culturas perenes. Sendo assim, para se atingir maior eficiência destas fontes, quando da formação de pastagens, segundo Lopes e Guilherme (1992), é necessário considerar: distribuição do fosfato natural finamente moído; a dose de calcário, quando necessária, deve levar em consideração apenas as correções das deficiências de cálcio e magnésio; incorporação o mais uniforme possível, através de aração e/ou gradagem.

A produção de fosfato parcialmente acidulado, a partir de rocha fosfática natural, tem sido considerada como uma alternativa relativamente simples para possibilitar a utilização de matérias primas com elevado teor de impurezas, as quais não são indicadas para a produção de fosfatos solúveis convencionais, tais como os superfosfatos (Guardani e Valarelli, 1984). A eficiência agronômica do fosfato parcialmente acidulado está relacionada a diversos fatores, tais como: solo, planta, reatividade da rocha fosfática (Stephen e Condron, 1986) e taxa de acidulação (Goedert, Rein e Souza, 1990).

Em experimentos realizados com solos de variável capacidade de sorção de fósforo e pH entre 5,6 e 6,5, utilizando seis culturas, McLean e Logan (1970) verificaram ser o fosfato acidulado a 20%, equivalente ao fosfato totalmente acidulado (100%) na maioria dos solos estudados, revelando a importância da capacidade de retenção de fósforo dos solos nestes estudos. Mais recentemente, entretanto, Dias Filho e Simão Neto (1992) ao estudarem as

eficiências agrônômica e econômica de um fosfato parcialmente acidulado em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, concluíram ser este inferior ao superfosfato simples, não melhorando com o tempo

Devido às variáveis envolvidas nos estudos, tais como: diferença nos ácidos usados na acidulação; forma de incorporação da fonte no solo (granulada ou em pó); quantidade de fósforo aplicada; tipo de fosfato tomado como referência para quantificar o tratamento (solúvel em água, ácido cítrico ou total); espécie de planta usada; tratamentos complementares utilizados, não existe concordância com relação aos resultados obtidos com fosfatos parcialmente acidulados, havendo assim necessidade de novos estudos envolvendo tais variáveis e que possam influir na eficiência agrônômica destes produtos (Kaminski, 1983).

Outro método que tem recebido atenção objetivando aumentar o teor de fósforo solúvel dos fosfatos naturais é o tratamento térmico (fusão) dessas fontes e enriquecimento com silicato de magnésio, obtendo-se os termofosfatos ou fosfatos de cálcio e magnésio. Resultados experimentais têm evidenciado a eficiência agrônômica dos mesmos, quando da utilização na agricultura.

Trabalhando com a cultura da soja, Goedert e Lobato (1984) verificaram a superioridade do termofosfato quando comparado a outras fontes de fósforo, na produção de grãos e de matéria seca. Korndorfer (1978) e Goedert, Rein e Souza (1990) constataram ser a eficiência dos termofosfatos semelhante a dos superfosfatos.

Dentre as vantagens do termofosfato, cita-se o elevado teor de MgO e SiO₂ na forma de CaSiO₃, tendo o silicato papel importante na eficiência dos fosfatos através da diminuição na fixação do fósforo em solos tropicais; além da elevação do teor de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico de 5% para 19% pela fusão do material apatítico (Lopes, Vasconcelos e Novais, 1982);

apresentando também características de corretivo de acidez do solo (EMBRAPA, 1976). Entretanto, cabe ressaltar que é necessário informações de pesquisa dando subsídio sobre quantidades, métodos e formas de aplicação, além do conhecimento de espécies de plantas cujos padrões de absorção melhor se adaptem a este tipo de fertilizante (Fenster e Leon, 1978).

Quanto aos superfosfatos, diversos experimentos envolvendo fontes de fósforo realizados sob as mais variadas condições, têm mostrado a superioridade destes em relação a outras fontes de P. Ao estudarem o efeito da adubação fosfatada na implantação de pastagens perenes de inverno formadas por gramíneas e leguminosas, Berardo e Darwich; Ridruejo et al., citados por Macedo (1985), constataram que o superfosfato triplo foi a fonte que melhores resultados apresentou. Resultados semelhantes foram obtidos por Kaminski e Ferreira (1978), Feitosa et al. (1978) e Zago e Kaminski (1979).

Ao compararem diversos fosfatos (superfosfato simples, superfosfato triplo; escória de Thomas; fosfatos de Olinda, Araxá e Alvorada) na adubação de capim pangola, Werner et al. (1968) verificaram que a curto prazo as melhores produções foram devidas ao superfosfato triplo e a médio prazo (três anos), aos fosfatos de rocha. Leite et al. (1985) observaram no primeiro ano de experimento, a maior eficiência dos fosfatos solúveis, quando comparados aos naturais, como fornecedores de fósforo para a produção de capim colômbio. Entretanto, no segundo ano, esses fosfatos tiveram seus efeitos reduzidos, igualando-se aos naturais. Costa et al. (1992) ao estudarem o efeito de fontes e doses de fósforo sobre a produção de forragem de *Andropogon gayanus* cv. Planaltina, verificaram que o superfosfato triplo e o termofosfato Yoorin foram as fontes mais eficientes, seguidas dos fosfatos naturais de Olinda e Araxá, ficando o fosfato de Patos de Minas com a menor eficiência agrônômica.

2.3 Influência do calcário e do gesso agrícola sobre a disponibilidade de fósforo

A calagem, ao elevar o pH do solo, tende a diminuir a capacidade de “fixação” de fosfato, possibilitando que parte do fosfato adsorvido especificamente ou precipitado com Fe e Al, passe à solução e se torne assim disponível às plantas (Kamprath,1977). Contudo, a magnitude desse efeito não depende exclusivamente do solo, mas também das características genéticas da planta e do tipo de fertilizante, sendo que, de modo geral, o efeito é máximo para plantas mais sensíveis à acidez e para fertilizantes solúveis (Goedert e Souza, 1984). Em estudo feito por Le Mare e Goedert, citados por Goedert e Souza (1984), a adição de calcário visando atingir um pH em torno de 5,5 diminuiu em cerca de 30% a quantidade de P adsorvido na forma isotopicamente não-trocável em um Latossolo Vermelho Escuro, fase cerrado.

Com relação à época de aplicação ,tanto para os fosfatos naturais quanto para os solúveis, ainda existem dúvidas a esse respeito. Cantarutti et al. (1981) verificaram maior eficiência dos fosfatos de Araxá e Patos de Minas quando aplicados trinta dias antes do material corretivo. Assim, a calagem antecipada à aplicação de fosfatos naturais poderá prejudicar a solubilização da rocha (Khasawneh e Doll, 1978). Entretanto, com o aumento da acidez do solo haverá uma tendência de diminuição da disponibilidade de fósforo para as plantas, devido à passagem do P-lábil para não lábil, fato este comprovado por Novelino (1984) que observou maior crescimento e maior absorção de fósforo do fosfato de Araxá pelo sorgo, com a elevação do pH.

O tipo de solo também exerce influência com relação à escolha da melhor época da adubação fosfatada aliada à aplicação do corretivo. Kaminski (1983) verificou que em solos argilosos, a melhor época foi aquela referente à aplicação concomitante do fosfato e do corretivo, enquanto que em solo arenoso o fosfato pode ser aplicado precedendo, junto ou sucedendo o

calcário De acordo com Haynes (1983), as considerações relativas ao efeito da calagem na disponibilidade de fósforo em solos altamente intemperizados e ácidos são conflitantes Contudo, Goedert e Souza (1984) relatam que um determinado nível de produção pode ser obtido com diferentes combinações de níveis de calagem e de adição de P, evidenciando o importante papel da calagem na eficiência e economia da adubação fosfatada

Quanto ao gesso agrícola, a ação deste, principalmente na presença de calcário, e comprovada através da diminuição da saturação por alumínio e aumento do Ca trocável em profundidade (Raij e Quaggio, 1984), o que indiretamente afeta a eficiência de absorção de P pelas plantas. No entanto, segundo Quaggio, Dechen e Raij (1982), a aplicação de gesso visando melhorar as condições de acidez subsuperficial deve ser feita sempre associada a doses elevadas de calcário para prevenir o desequilíbrio de bases.

O gesso constitui uma importante fonte de S para as plantas. De acordo com Malavolta (1992), o uso do gesso como fonte de S é recomendado sempre que o solo apresentar teores muito baixos (≤ 5 ppm) ou baixos (6-10 ppm) de S disponível e não forem empregadas outras fontes do elemento, como sulfato de amônio e superfosfato simples.

A aplicação de gesso, como fonte de S, tem proporcionado respostas às gramíneas forrageiras. Woodhouse Jr (1969) e Matocha (1971), verificaram aumentos de produção de matéria seca de *Cynodon dactylon* L. com aplicação de S na forma de gesso Resultados semelhantes foram obtidos por Monteiro e Carriel (1987), cultivando capim-colônião em solos arenosos.

2.4 Nutrição das plantas com fósforo, enxofre, cálcio e magnésio

A falta de adequada nutrição das plantas constitui-se num fator limitante à obtenção de elevadas produções, bem como de alimentos de alto valor nutritivo. Neste sentido, o suprimento com fósforo, enxofre, cálcio e magnésio às plantas se faz necessário, visando atingir tais objetivos.

Diversos trabalhos têm demonstrado a importância do fósforo para as gramíneas forrageiras. Morikawa (1993), utilizando a técnica do elemento faltante, verificou que a omissão de P na adubação, reduziu em 98% a produção média de matéria seca da parte aérea de *Brachiaria brizantha* e *Andropogon gayanus*, cultivadas em um Latossolo variação Una, coletado na região dos Campos das Vertentes (MG), enquanto que as omissões de N, S, K e calagem na adubação, reduziram, respectivamente, em 72, 40, 24 e 17% a produção destas espécies forrageiras.

O fósforo desempenha importante papel na respiração vegetal e no armazenamento, transporte e utilização de energia no processo fotossintético, agindo também na síntese das proteínas e no metabolismo de enzimas (Paulino, Anton e Colozza, 1987). No entanto, embora seja classificado como um macronutriente primário e de grande importância na adubação, os seus teores nas plantas são bem mais baixos do que os de nitrogênio e potássio, aproximando-se mais dos teores dos macronutrientes tidos como secundários (Raij, 1991), sendo um elemento essencial para o metabolismo das plantas, principalmente na fase reprodutiva. Para as forrageiras, a sua deficiência acarreta redução no crescimento e desenvolvimento do sistema radicular, diminuindo o perfilhamento e, conseqüentemente, a capacidade produtiva das espécies (Lobato, Kornelius e Sanzonowicz, 1986).

O enxofre na planta encontra-se em sua maior parte nas proteínas, como componente dos aminoácidos cistina, cisteína e metionina, desempenhando funções vitais no metabolismo proteico e nas reações enzimáticas, sendo também componente do acetil-CoA, composto que representa o "centro nervoso" do metabolismo, influenciando portanto todo o metabolismo energético de gorduras e de carboidratos. É ainda componente da ferredoxina, molécula transferidora de elétrons, envolvida na fotossíntese, na fixação de N_2 atmosférico e na redução de compostos oxidados, tais como o nitrato (Vitti e Novaes, 1986; Paulino, Anton e Colozza, 1987). Para gramíneas forrageiras, resultados têm demonstrado que as maiores respostas à adubação com enxofre têm ocorrido em solos arenosos com baixos teores de matéria orgânica, bem como quando o suprimento com nitrogênio e fósforo for adequado (Werner e Monteiro, 1988).

Com relação ao cálcio e ao magnésio, apesar destes serem considerados como macronutrientes secundários, sob o aspecto de adubação, por serem componentes de fertilizantes e corretivos - assim como o enxofre - sendo comercializados pelo conteúdo em NPK ou pela ação corretiva, na nutrição mineral vegetal, entretanto, nenhum nutriente pode ser considerado secundário, dado a importância que estes representam para as plantas (Faquin, 1994). Dentre as funções do cálcio nas plantas, destacam-se: absorção iônica; manutenção da integridade da membrana plasmática; formação de parede celular; alongação e divisão celular, com reflexo no crescimento radicular (Pavan, 1986; Mengel e Kirkby, 1987).

O magnésio, por ser componente das moléculas de clorofila, participa ativamente na fotossíntese; funciona também como transportador de fósforo a nível de membrana na planta; atua como ativador enzimático, sendo um cofator na maioria das enzimas que ativam as reações de fosforilação (Malavolta, 1980; Neptune, 1986).

A calagem ao elevar os níveis de cálcio e magnésio no solo aumenta a disponibilidade destes nutrientes às plantas. Para gramíneas forrageiras, este comportamento tem sido verificado, evidenciando a importância da calagem como fonte de cálcio e magnésio (Morikawa, 1993).

Assim, de acordo com a revisão de literatura, o Latossolo variação Una dos Campos das Vertentes (MG) apresenta deficiências severas de P e S e respostas de gramíneas forrageiras à calagem; a eficiência agrônômica de fontes de P é variável em função do pH e existem diferenças entre espécies na capacidade de absorção de fósforo do solo. Portanto, estudos sobre o efeito de fontes de P de diferentes solubilidades, na ausência e presença de calagem e calagem/gessagem neste solo, tornam-se importantes para a criação de uma base sustentada de informações para futuro manejo da adubação das pastagens, sob condições de campo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos simultaneamente, sendo um com braquiarião (*Brachiaria brizantha* Hochst Stapf cv. Marandu) e outro com andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth var. *bisquamulatus* cv. Planaltina), ambas espécies forrageiras sugeridas por Curi (1991) para a região. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras (MG), durante o período de novembro/92 a janeiro/94.

3.1 Solo e clima

O solo utilizado no presente estudo foi um Latossolo variação Una (LU) (Curi, 1991), coletado em fazenda particular no município de São João Del Rei - MG (microrregião Campos da Mantiqueira). De acordo com Oliveira, Jacomine e Camargo (1992), essa classe de solo foi criada para abrigar os latossolos com médios a altos teores de ferro e cores amareladas a alaranjadas, os quais não se enquadram na conceituação das demais classes de latossolos de reconhecimento firmado.

O município de São João Del Rei (MG) situa-se a uma latitude de 21°08' Sul, longitude 44°15'40" Oeste e a uma altitude de 910 metros acima do nível do mar. O clima, segundo

classificação de Köppen, é o tipo Cwa, com precipitação pluviométrica anual de 1436,7 mm (média de 32 anos), sendo o período de maior ocorrência de chuvas de novembro a abril, e temperatura média anual de 19,2°C, com máxima de 21,6°C e mínima de 13,7°C (Brasil, 1969).

O material de solo foi coletado separadamente nas camadas de 0-15 e 15-30 cm de profundidade, sendo posteriormente seco ao ar, destorroado e passado em peneira com malha de 5 mm, tomando-se em seguida amostras das camadas coletadas para as análises químicas e físicas. Os resultados dessas análises encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1 Caracterização química e física do LU, coletado nas camadas de 0-15 e 15-30 cm de profundidade, na região dos Campos das Vertentes (MG).

| Parâmetros | Profundidade (cm) | |
|--|-------------------|-------|
| | 0-15 | 15-30 |
| pH (H ₂ O) | 4,9 | 4,9 |
| P (mg/kg) | 0,7 | 0,7 |
| K (meq/100 cm ³) | 0,24 | 0,11 |
| Ca (meq/100 cm ³) | 0,7 | 0,4 |
| Mg (meq/100 cm ³) | 0,2 | 0,1 |
| S-SO ₄ ⁻ (mg/kg) | 1,2 | 2,5 |
| Al (meq/100 cm ³) | 0,1 | 0,1 |
| H + Al (meq/100 cm ³) | 4,0 | 2,6 |
| S (meq/100 cm ³) | 1,1 | 0,6 |
| t (meq/100 cm ³) | 1,2 | 0,7 |
| T (meq/100 cm ³) | 5,1 | 3,2 |
| Matéria orgânica (%) | 3,7 | 2,9 |
| V (%) | 22 | 18 |
| m (%) | 8 | 15 |
| B (mg/kg) | 0,30 | 0,20 |
| Cu (mg/kg) | 1,40 | 1,20 |
| Fe (mg/kg) | 59,1 | 44,2 |
| Mn (mg/kg) | 13,9 | 8,3 |
| Zn (mg/kg) | 1,0 | 0,5 |
| Areia (%) | 29 | 26 |
| Silte (%) | 29 | 24 |
| Argila (%) | 42 | 50 |
| dp (g/cm ³) ⁽¹⁾ | 2,58 | - |
| ds (g/cm ³) ⁽²⁾ | 1,05 | - |

⁽¹⁾Densidade de partículas

⁽²⁾Densidade do solo (amostra deformada).

As análises químicas realizadas foram: pH em H₂O (1:2,5); matéria orgânica; Ca, Mg e Al (extraídos pelo KCl 1 N); K, Zn, Cu, Fe, Mn (extraídos pelo HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N), H + Al determinado através da solução tampão SMP, conforme Vettori (1969) com modificações da EMBRAPA (1979). O fósforo foi extraído pela resina trocadora de ions, de acordo com Raij et al. (1987). O enxofre (S-SO₄⁻) foi extraído por Ca (H₂PO₄)₂ e determinado por turbidimetria (Blanchar, Rehm e Caldwell, 1965). O boro foi extraído com água quente e determinado no extrato de acordo com o método da curcumina de Dible et al., descrito por Jackson (1970). As análises físicas realizadas foram: granulometria, densidade de partículas e densidade do solo.

3.2 Vasos, delineamento experimental e tratamentos

Os vasos constituíram-se de colunas, formadas pela sobreposição de dois segmentos de tubos de PVC de 20 cm de diâmetro, sendo o inferior de 15 cm e o superior de 18 cm de altura, conectados por fita isolante. O segmento inferior recebeu o solo correspondente à camada de 15-30 cm e o superior, o da camada superficial (0-15 cm), restando assim 3 cm livres na superfície de cada coluna.

Os dois experimentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado, distribuídos em esquema fatorial 5 × 3 com três repetições, sendo 5 tratamentos relacionados ao fósforo (designados neste trabalho como fontes de P): Superfosfato Triplo (ST); Termofosfato Magnésiano Yoorin (TMg); Fosfato de Araxá Parcialmente Solubilizado (FAPS); Fosfato de Araxá (FAR); e Testemunha - sem aplicação de fósforo (-P), e 3 tipos de correção do solo: ausência de calagem (-cal); presença de calagem (+cal); e presença de calagem e gessagem (+cal/ges).

A dose de fósforo aplicada de cada fonte foi de 200 mg P/kg de solo, baseando-se no conteúdo total de P_2O_5 da fonte. A necessidade de calagem foi calculada pelo método de saturação por bases, para elevar V a 50% da T (CTC a pH 7,0), utilizando-se calcário dolomítico comercial calcinado. A dose de calcário empregada foi de 814 mg/kg de solo, correspondente a 1,71 t/ha. A gessagem foi realizada baseando-se nos resultados obtidos por Rodrigues (1992) com forrageiras no mesmo solo, na dose de 477 mg de gesso/kg de solo, equivalente a 1,0 t/ha. Os resultados das análises químicas das fontes de P, do calcário dolomítico e do gesso agrícola constam na Tabela 2.

TABELA 2. Características das fontes de fósforo, calcário e gesso utilizados.⁽¹⁾

| Fonte | P_2O_5 total | CaO | MgO | S | PN | RE | PRNT |
|------------------------------------|----------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | % | | | | | | |
| FAPS | 26,19 | 38,15 | — | 6,67 | — | — | — |
| FAr | 23,90 | 33,95 | — | — | — | — | — |
| ST | 44,12 | 19,64 | — | 2,40 | — | — | — |
| TMg | 15,65 | 29,46 | 14,80 | — | — | — | — |
| Gesso | 1,30 | 30,80 | — | 17,37 | — | — | — |
| Calcário Dolomítico ⁽²⁾ | — | 40,38 | 14,72 | — | 100,79 | 83,08 | 83,74 |

⁽¹⁾ Análises realizadas no Laboratório de Análise de Fertilizantes do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ - USP, Piracicaba (SP).

⁽²⁾ Análise realizada no Laboratório de Fertilizantes e Corretivos do Departamento de Química da ESAL, Lavras (MG).

Uma adubação básica de plantio foi aplicada para os nutrientes não envolvidos nos tratamentos, que correspondeu a 65 mg N e 50 mg K/kg de solo, na forma de NH_4NO_3 e KNO_3 . A adubação de cobertura com N e K foi diferenciada em função do crescimento das plantas em resposta aos tratamentos, visando atender as exigências das mesmas, como consta no Apêndice 1.

O Ca, Mg e S foram os nutrientes envolvidos nos tratamentos de fontes de P e calagem/gessagem. Os micronutrientes não foram aplicados, visto não ter ocorrido respostas do braquiário e do andropogon às suas aplicações no mesmo solo (Morikawa, 1993).

As fontes de fósforo e o gesso foram passados em peneira de 0,5 mm, aplicados na forma de pó e cuidadosamente homogeneizados ao solo da camada do anel superior da coluna (0-15 cm). As fontes de N e K, tanto no plantio quanto na cobertura, foram aplicadas na forma de solução.

3.3 Condução do experimento

Foram tomadas amostras de 5 kg da camada superficial do material de solo (0-15 cm), em número correspondente ao de parcelas do experimento e colocadas em sacos plásticos. Inicialmente, as amostras foram incubadas em sacos plásticos com o tratamento de correção do solo (-cal, +cal e +cal/ges), como descrito em 3.2, após uma homogeneização manual cuidadosa permaneceram em umidade a 60% do VTP (Volume Total de Poros), de acordo com Freire et al. (1980), por um período de 60 dias. Após isto, as amostras do material de solo foram secas ao ar e aplicados os tratamentos com fontes de fósforo (ST, TMg, FAPS, FAr e -P), e incubadas novamente durante 60 dias (Barbosa Filho, Kinjo e Muraoka, 1987), mantendo a mesma umidade da primeira incubação. Findo este período de incubação, secaram-se as amostras ao ar, retirando-se sub-amostras para análises químicas para pH (H₂O), P, S-SO₄⁻, K, Ca, Mg, Al e H⁺ Al de acordo com a metodologia descrita em 3.1. Em seguida, aplicou-se a adubação básica de plantio com N e K nas amostras, colocando-as nos segmentos superiores das colunas sobre os segmentos

inferiores que receberam o material de solo da camada de 15-30 cm (5 kg), sem nenhum tratamento

Foram semeadas cerca de 40 sementes por vaso para cada espécie forrageira no dia 28/03/93 e após a emergência das plântulas foi feito o desbaste deixando-se 7 plantas por vaso. A umidade dos vasos após a germinação foi a mesma utilizada no período de incubação, sendo aferida através de pesagens dos vasos, completando-se o peso com água desmineralizada.

Realizaram-se seis cortes na parte aérea das forrageiras, totalizando um período experimental de 258 dias após a germinação, sendo os cinco primeiros a 5 cm do solo, e o último rente ao solo. O primeiro corte ocorreu, respectivamente, aos 70 e 90 dias, para o braquiarião e o andropogon. O intervalo entre os demais cortes variou de 30 a 40 dias, devido à influência climática sobre o crescimento das plantas, principalmente sobre o andropogon que se mostrou sensível às temperaturas mais baixas, apresentando florescimento precoce e afetando assim seu crescimento. As datas de corte para o braquiarião foram: 11/06/93, 10/08/93, 09/09/93, 08/10/93, 22/11/93 e 20/12/93, e para o andropogon: 05/08/93, 23/09/93, 25/10/93, 22/11/93, 20/12/93 e 30/01/94.

Devido a problemas na germinação do andropogon, retardou-se o primeiro corte desta espécie em relação ao braquiarião. No entanto, esta diferença foi compensada no último corte, igualando-se assim o período em que ambas forrageiras foram cultivadas.

Após o último corte, a terra dos vasos foi seca, revolvida por segmento da coluna e o sistema radicular retirado separadamente e lavado cuidadosamente em água corrente e posteriormente em água desmineralizada.

3.4 Parâmetros avaliados

Produção de matéria seca e perfilhamento: O material vegetal (parte aérea de cada corte e raízes após o último corte) foi seco em estufa com circulação de ar a 70°C até peso constante, realizando-se em seguida a pesagem da matéria seca. Esse material foi separadamente triturado em moinho Wiley, provido de peneira de aço inoxidável com 20 malhas por polegada (0,42 mm) e acondicionado em frascos de vidro devidamente identificados para posteriores análises químicas. O número de perfilhos foi determinado após o 1º e 6º cortes, considerando-se apenas os perfilhos basais e laterais.

Teor e acumulação de nutrientes: Os teores dos nutrientes na matéria seca da parte aérea das plantas, de cada corte, foram determinados como a seguir: P, S, Ca, Mg através de digestão nitroperclórica (Malavolta et al., 1989), e a concentração no extrato como se segue: P - colorimetria; S - turbidimetria; Ca e Mg - espectrofotometria de absorção atômica. Não foram executadas análises de N, K e micronutrientes, por estes nutrientes não fazerem parte dos tratamentos

A quantidade dos nutrientes acumulada nos tecidos da parte aérea das forrageiras foi calculada com base no teor destes no tecido e a produção de matéria seca. A quantidade dos nutrientes total acumulada pela parte aérea das plantas foi obtida pela soma dos acúmulos destes na parte aérea, nos seis cortes realizados.

Índices de Eficiência Agronômica (IEA): A eficiência agronômica das fontes foi calculada através de duas fórmulas, de acordo com Sanzonowicz e Goedert (1986), apresentadas a seguir

a) IEA baseado na produção de matéria seca total (IEA-MS)

$$\text{IEA} = \frac{\text{Produção de MS total no tratamento} - \text{Produção de MS na testemunha}}{\text{Produção de MS no ST} - \text{Produção de MS na testemunha}} \times 100$$

b) IEA baseado na acumulação de P (acumulação total de P nos seis cortes) (IEA-AP)

$$\text{IEA} = \frac{\text{P acumulado no tratamento} - \text{P acumulado na testemunha}}{\text{P acumulado no ST} - \text{P acumulado na testemunha}} \times 100$$

3.5 Análise estatística

Foram realizadas análises de variância dos seguintes parâmetros: produção de matéria seca da parte aérea em cada corte e total; perfilhamento no 1º e 6º cortes; produção de matéria seca das raízes por segmento das colunas e total (coluna); teores dos nutrientes P, S, Ca e Mg na parte aérea em cada corte; acumulação dos nutrientes P, S, Ca e Mg na parte aérea em cada corte e total, comparando-se as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, de acordo com Gomes (1985).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises químicas do solo após aplicação dos tratamentos e incubação

Os resultados das análises químicas das amostras do solo, após aplicação dos tratamentos e incubação, antes do plantio das espécies forrageiras são apresentados na Tabela 3.

Os valores de pH, como já era esperado, sofreram um aumento nos tratamentos que receberam calagem, acompanhado de incremento nas bases trocáveis (Ca, Mg) e saturação por bases (V%), a qual inclusive suplantou o valor que "a priori" se desejava ($V = 50\%$), sugerindo que o período de incubação a que as amostras de solo foram submetidas, 60 dias para o tratamento de correção e mais 60 dias para os tratamentos com fontes de P, possibilitou que parte do poder de neutralização (PN) da fração mais grosseira do calcário reagisse neste período, já que a reatividade (RE) do mesmo era de 83,08% (Tabela 2). De acordo com Alcarde (1992), a diferença $100 - RE$ é o percentual do PN do calcário de ação mais lenta que será exercida após os 90 dias.

A presença do gesso nos tratamentos não influenciou nos valores de pH. Resultados semelhantes foram obtidos por Ernani (1986) em Cambissolo argiloso, após aplicação de gesso agrícola sobre a superfície de campos nativos. De acordo com Malavolta (1992), quando se aplica gesso não há praticamente mudança no pH do solo, sendo assim o gesso não substitui o calcário: em solos com acidez na superfície e na subsuperfície, ambos se complementam.

TABELA 3 Caracterização química do LU na camada de 0-15 cm (segmento superior), após aplicação dos tratamentos e incubação, antes do plantio.

| Fontes de P | Correção | pH (H ₂ O) | P | S-SO ₄ ⁼ | K | Ca | Mg | Al | H+Al | V |
|-------------|-----------|-----------------------|-----------|--------------------------------|------|-----------------------------|-----|-----|------|----|
| | | | — mg/kg — | | | — meq/100 cm ³ — | | | | % |
| -P | - cal | 4,6 | 0,7 | 3,2 | 0,22 | 0,7 | 0,4 | 0,2 | 3,6 | 26 |
| | + cal | 5,2 | 1,1 | 5,4 | 0,22 | 1,8 | 0,9 | 0,1 | 2,6 | 54 |
| | + cal/ges | 5,3 | 0,8 | 41,7 | 0,22 | 2,2 | 0,9 | 0,1 | 2,7 | 55 |
| FAPS | - cal | 4,9 | 10,8 | 43,9 | 0,22 | 1,8 | 0,3 | 0,1 | 3,6 | 39 |
| | + cal | 5,5 | 11,7 | 91,1 | 0,22 | 2,6 | 0,8 | 0,1 | 2,6 | 58 |
| | + cal/ges | 5,4 | 10,9 | 134,4 | 0,22 | 3,3 | 0,7 | 0,1 | 3,2 | 57 |
| FAr | - cal | 5,2 | 19,9 | 4,8 | 0,22 | 1,8 | 0,4 | 0,1 | 3,7 | 39 |
| | + cal | 5,6 | 20,1 | 6,5 | 0,21 | 2,2 | 0,9 | 0,1 | 2,8 | 54 |
| | + cal/ges | 5,6 | 28,0 | 43,9 | 0,21 | 2,6 | 0,9 | 0,1 | 2,8 | 57 |
| ST | - cal | 4,8 | 31,7 | 12,0 | 0,23 | 1,4 | 0,6 | 0,1 | 4,5 | 33 |
| | + cal | 5,5 | 34,5 | 22,0 | 0,23 | 2,3 | 0,9 | 0,1 | 3,1 | 52 |
| | + cal/ges | 5,5 | 32,3 | 62,5 | 0,23 | 2,9 | 0,9 | 0,1 | 3,0 | 57 |
| TMg | - cal | 6,1 | 52,6 | 8,6 | 0,21 | 3,0 | 1,7 | 0,1 | 2,2 | 69 |
| | + cal | 6,4 | 52,7 | 12,9 | 0,22 | 3,7 | 2,2 | 0,1 | 1,9 | 76 |
| | + cal/ges | 6,5 | 53,5 | 55,4 | 0,20 | 3,8 | 2,3 | 0,1 | 1,7 | 79 |

Média de três repetições.

Os teores de Ca, como já era esperado, aumentaram nos tratamentos que receberam gesso, já que este apresenta em sua composição 31,97% de CaO. Os teores de Al não sofreram alteração, já que os mesmos já se apresentavam baixos no solo antes da aplicação dos tratamentos, tanto na profundidade de 0-15 cm quanto de 15-30 cm (Tabela 1).

A aplicação do TMg promoveu a elevação do pH, dos teores de Ca e Mg e da saturação por bases (V%) tanto na ausência (-cal) quanto na presença (+cal e +cal/ges) da calagem (Tabela 3), superando as demais fontes de P. Isto pode ser atribuído à composição química do TMg (Tabela 2), aliado ao fato deste apresentar silicato de magnésio e atuar como corretivo da acidez

do solo. Trabalho realizado pela EMBRAPA (1976) utilizando fontes e níveis de fósforo, sem calagem, após três meses de incorporação e plantio com *Brachiaria decumbens* Stapf em Latossolo Vermelho-Escuro, indicou o termofosfato como uma fonte de P com ação neutralizante da acidez, elevando significativamente o pH do solo, além de reduzir o teor de Al^{+3} e aumentar os de Ca e Mg trocáveis. Resultados semelhantes foram obtidos por Sanzonowicz, Lobato e Goedert (1987).

Os teores de P no solo variaram de acordo com os tratamentos (Tabela 3). Na ausência de P, a calagem ou calagem associada à gessagem não favoreceram ao incremento dos teores de P no solo, indicando a pobreza do solo neste nutriente.

Para o FAR, os maiores valores de P foram encontrados na presença da calagem associada à gessagem, o que provavelmente ocorreu devido a uma competição entre os ânions sulfato (do gesso) e fosfato pelos sítios de adsorção do solo, favorecendo assim a um incremento de P no solo; apesar do íon fosfato ter maior afinidade pelos colóides do solo do que o íon sulfato (Bissani e Tedesco, 1988). Os valores de P para o FAPS não variaram em função do tratamento de correção utilizado, sendo menores do que aqueles encontrados para o FAR.

Para o ST, houve um ligeiro aumento dos teores de P no solo quando se fez calagem, a qual promoveu o aumento do pH do solo, diminuindo assim a capacidade de "fixação" do fosfato, tornando-o mais disponível às plantas (Leal e Veloso, 1973). Sugere-se que essa elevação nos teores de P com a calagem não foi maior pelo fato da calagem ter sido feita para elevar a saturação por bases (V%) a 50%. Há de se ressaltar também que os grânulos do ST foram triturados, passados em peneira de 0,5 mm e homogeneizados ao solo, propiciando um maior contato com as partículas do solo, influenciando no aproveitamento de P desta fonte, em relação aos fosfatos de menor solubilidade em água que têm sua eficiência aumentada quando aplicados na

forma de pó e misturados ao solo. De acordo com Rajj (1991), com a redução do tamanho dos grânulos de adubos solúveis em água, aumenta-se o contato com o solo e as reações de "fixação".

Os maiores valores de P no solo foram encontrados quando o TMg foi aplicado, independente do tratamento de correção utilizado, o que pode ser explicado pela ação corretiva de acidez do solo, bem como à presença de silicato de magnésio nesta fonte, que age na diminuição da "fixação" de P. Roy et al., citados por Sanches (1981), verificaram que a aplicação de 500 mg de Si/kg de solo, como silicato de cálcio, diminuiu drasticamente o fósforo fixado por solos oxidicos, pois o íon silicato compete com o fosfato pelos pontos de fixação no solo, tornando este último mais disponível às plantas (Volkweiss e Rajj, 1977).

Como já era esperado, os teores de $S-SO_4^-$ no solo aumentaram quando se aplicou gesso e o FAPS, devido à presença de enxofre nestes materiais (Tabela 2), o que também foi verificado em menor grau para o ST, dado à presença de 2,4% de S neste. A calagem também promoveu um aumento nos teores de $S-SO_4^-$ para todas as fontes de P utilizadas. De acordo com Bissani e Tedesco (1988), o aumento dos valores de pH através da calagem, favorece a atividade microbiológica e a mineralização do S orgânico. Considerando que o solo apresenta alto teor de matéria orgânica (Tabela 1) e que a maior parte do S do solo encontra-se em formas orgânicas, admite-se que o aumento nos teores do elemento na presença de calagem seja, pelo menos em parte, devido a este fato. Outra explicação seria a influência que o pH exerce nas cargas do solo. A calagem, segundo Harward e Reisenauer, citados por Dias (1992), promove um aumento do teor de sulfato na solução do solo através do deslocamento do sulfato adsorvido junto aos colóides do solo, o que também é corroborado por Elkins e Ensminger (1971) que verificaram diminuição da retenção do enxofre em razão do aumento do carbonato de cálcio no solo.

4.2 Produção de matéria seca e perfilhamento

Na Tabela 4 encontram-se os valores referentes à produção de matéria seca da parte aérea do braquiário e do andropogon nos seis cortes realizados e total dos cortes, cujas análises de variância são apresentadas nos Apêndices 2 e 3. Nas Figuras 1 e 2, tem-se a produção total de matéria seca da parte aérea, relativa à soma dos seis cortes realizados no braquiário e no andropogon.

Apesar destas gramíneas forrageiras comumente serem consideradas espécies pouco exigentes em P (Paulino, 1979; Paulino, Anton e Colozza, 1987), observa-se que na ausência de P (-P), independente do tratamento de correção utilizado, a produção de matéria seca da parte aérea foi muito baixa, tanto para o braquiário quanto para o andropogon (Tabela 4 e Figuras 1 e 2), confirmando os resultados obtidos por Morikawa (1993), trabalhando com as mesmas espécies forrageiras e solo, onde a omissão de P reduziu em 98% a produção total de matéria seca da parte aérea em relação ao tratamento completo. Estes resultados mostram limitação severa de P neste solo e que a adubação com este nutriente é condição necessária para o estabelecimento e produção destas forrageiras. Resultados semelhantes evidenciando a importância do P para gramíneas forrageiras também foram encontrados por Werner, Quagliato e Martinelli (1967), Novaes (1983), Costa et al. (1992); Carvalho, Botrel e Cruz Filho (1992).

Tanto na ausência (-cal) quanto na presença (+cal) de calagem, as maiores produções totais de matéria seca da parte aérea foram obtidas com o FAPS e o ST, diferindo do FAr e do TMg que somente foram superiores à testemunha (-P), para ambas espécies forrageiras (Tabela 4 Figuras 1 e 2). Atribui-se essa menor produção de matéria seca total pelas forrageiras com o FAr e o TMg, à deficiência de enxofre que as espécies apresentaram nestes tratamentos, após o 1º corte

TABELA 4. Produção de matéria seca da parte aérea (g/vaso) do braquiarião e do andropogon nos seis cortes realizados e total dos cortes.

| Corte | Correção | Braquiarião | | | | | Andropogon | | | | |
|-------|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| | | Fontes de P | | | | | Fontes de P | | | | |
| | | -P | FAPS | FAR | ST | TMg | -P | FAPS | FAR | ST | TMg |
| 1º | - cal | 0,09 aC | 3,68 aC | 4,79 aBC | 5,56 aB | 12,41 aA | 0,09 aC | 1,41 aC | 7,11 aA | 3,26 bB | 5,44 aA |
| | + cal | 0,15 aC | 1,31 bC | 1,39 bC | 4,03 bB | 7,42 bA | 0,12 aC | 2,17 aB | 0,47 bBC | 5,29 aA | 5,29 aA |
| | + cal/ges. | 0,13 aD | 3,20 aC | 1,99 bC | 6,50 aB | 8,74 bA | 0,08 aC | 1,62 aBC | 1,72 bBC | 4,42 abA | 2,13 bB |
| 2º | - cal | 0,13 aD | 11,84 abAB | 9,73 bB | 14,38 aA | 6,62 bC | 0,06 aD | 1,91 bC | 4,29 aA | 2,83 bBC | 3,25 aAB |
| | + cal | 0,26 aC | 9,69 bB | 10,80 abAB | 12,63 aA | 8,16 bB | 0,09 aC | 3,31 aA | 1,64 bB | 4,36 aA | 3,84 aA |
| | + cal/ges. | 0,22 aC | 13,25 aAB | 12,75 aB | 12,36 aB | 15,78 aA | 0,05 aB | 3,04 aA | 2,36 bA | 3,59 abA | 3,29 aA |
| 3º | - cal | 0,11 aD | 11,04 bB | 6,05 cC | 13,27 aA | 4,35 cC | 0,29 aB | 7,79 aA | 7,37 aA | 7,05 bA | 5,67 bA |
| | + cal | 0,22 aD | 11,60 abA | 9,44 bB | 13,12 aA | 6,51 bC | 0,27 aC | 7,68 abAB | 6,91 aB | 9,40 aA | 5,84 bB |
| | + cal/ges. | 0,22 aC | 13,09 aB | 13,11 aB | 14,00 aAB | 15,76 aA | 0,18 aC | 5,87 bB | 6,85 aB | 7,83 abAB | 9,28 aA |
| 4º | - cal | 0,16 aC | 12,56 bA | 5,22 bB | 13,17 bA | 3,68 bB | 0,50 aC | 14,09 aA | 8,45 aB | 13,18 aA | 6,65 bB |
| | + cal | 0,29 aD | 15,57 aA | 6,91 bB | 14,42 abA | 4,53 bC | 0,32 aC | 13,04 aA | 11,23 aAB | 12,44 aA | 7,72 bB |
| | + cal/ges. | 0,40 aC | 14,33 abB | 14,65 aB | 15,20 aB | 18,62 aA | 0,42 aB | 11,71 aA | 11,64 aA | 12,53 aA | 15,35 aA |
| 5º | - cal | 0,68 aD | 23,22 bA | 9,35 bC | 18,94 bB | 6,98 bC | 0,65 aC | 17,58 aA | 6,83 bB | 14,45 aA | 6,02 bB |
| | + cal | 1,01 aC | 27,32 aA | 11,19 bB | 26,76 aA | 9,17 bB | 0,80 aC | 15,94 abA | 9,10 bB | 14,95 aA | 5,62 bC |
| | + cal/ges. | 1,60 aC | 22,78 bB | 23,75 aB | 28,21 aA | 28,20 aA | 0,74 aC | 13,88 bB | 16,08 aB | 15,26 aB | 20,11 aA |
| 6º | - cal | 0,95 aC | 24,19 aA | 11,37 bB | 21,44 bA | 9,69 bB | 2,98 aC | 37,13 aA | 19,75 bB | 35,02 bA | 15,19 bB |
| | + cal | 1,71 aC | 25,93 aA | 13,59 bB | 22,63 abA | 11,47 bB | 3,02 aD | 40,35 aA | 20,52 bB | 34,74 bA | 14,68 bC |
| | + cal/ges. | 2,53 aC | 25,29 aB | 27,60 aB | 26,55 aB | 34,39 aA | 2,53 aB | 37,24 aA | 40,15 aA | 41,09 aA | 40,88 aA |
| Total | - cal | 2,12 aC | 86,53 aA | 46,51 cB | 86,76 cA | 43,73 bB | 4,57 aC | 79,91 aA | 53,80 bB | 75,79 aA | 42,22 bB |
| | + cal | 3,64 aC | 91,42 aA | 53,32 bB | 93,59 bA | 47,26 bB | 4,62 aC | 82,49 aA | 49,87 bB | 81,18 aA | 42,99 bB |
| | + cal/ges. | 5,10 aD | 91,94 aC | 93,85 aC | 102,82 aB | 121,49 aA | 4,00 aC | 73,36 aB | 78,80 aB | 84,72 aAB | 91,04 aA |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada coluna, dentro de cada corte, maiúscula em cada linha, para cada forrageira, não diferem entre si (Tukey 5%)

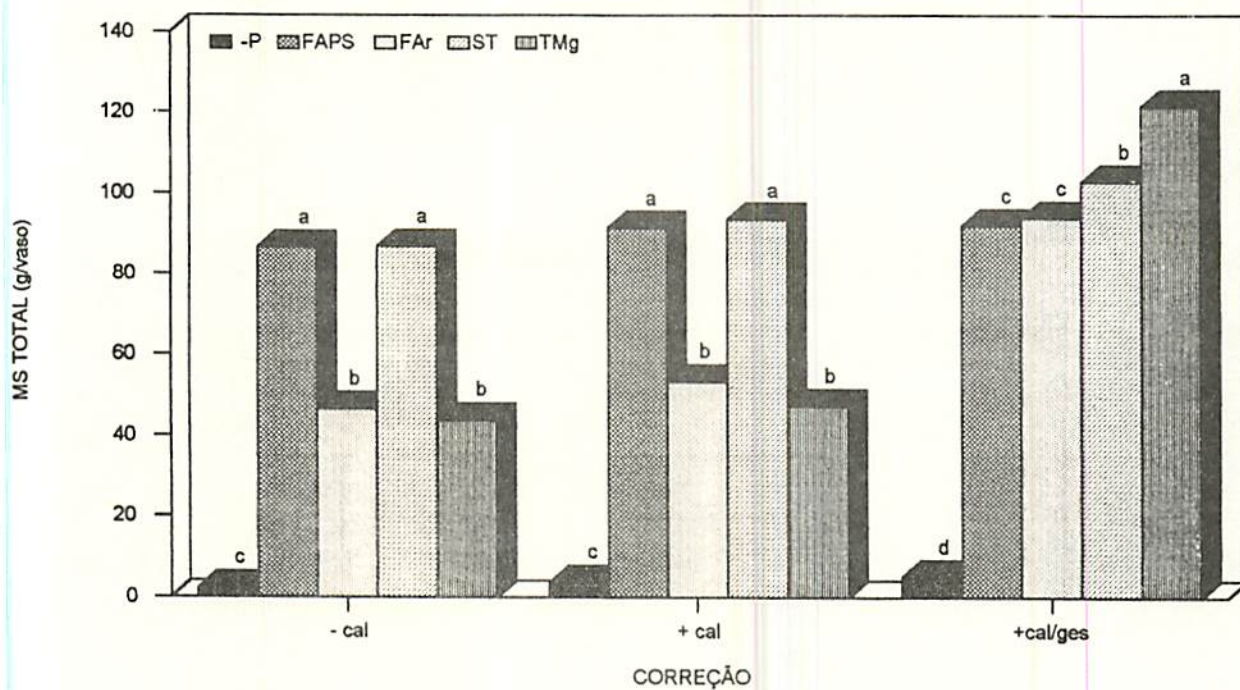


FIGURA 1. Produção total de matéria seca da parte aérea do braquiarião (soma de seis cortes). Em cada tipo de correção, colunas com as mesmas letras não diferem entre si (Tukey 5%).

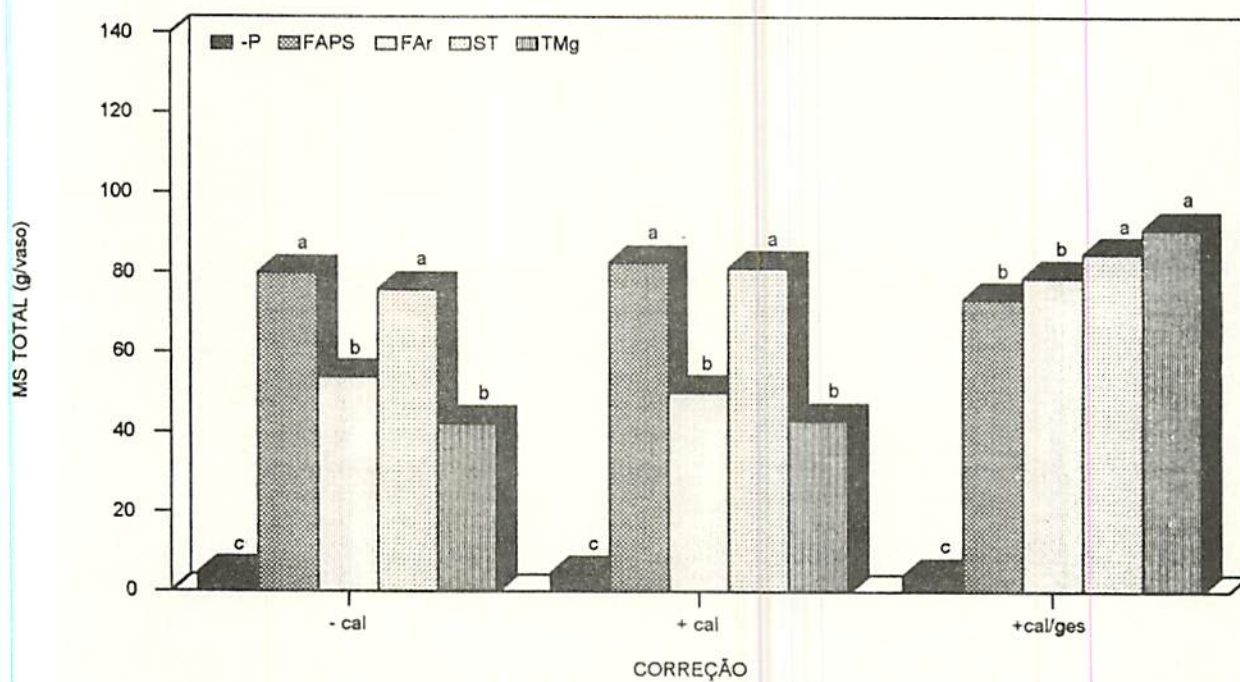


FIGURA 2. Produção total de matéria seca da parte aérea do andropogon (soma de seis cortes). Em cada tipo de correção, colunas com as mesmas letras não diferem entre si (Tukey 5%).

cujos sintomas visuais foram bastante característicos, mostrando que os teores de $S-SO_4^{=}$ do solo nestes tratamentos (Tabela 3) foram insuficientes para suprir as necessidades das plantas, em regime de cortes. O FAPS e o ST que apresentam S em suas composições (Tabela 2), promoveram incrementos nos teores do elemento no solo (Tabela 3) e na produção de matéria seca das gramíneas com a sucessão dos cortes (Tabela 4). Morikawa (1993) já havia determinado carência de S neste solo, cuja omissão na adubação reduziu em 40% a produção de matéria seca no total de três cortes destas forrageiras.

Outro ponto a se destacar é que o FAr, no 1º corte para o braquiário, e 1º e 2º cortes para o andropogon, alcançou maiores valores de produção de matéria seca da parte aérea, quando da ausência (-cal) em relação a presença de calagem (+cal), sendo que este efeito desapareceu nos cortes posteriores (Tabela 4). Trabalhos têm demonstrado que o FAr tem o desempenho inicial prejudicado pela calagem, mas que este efeito tende a desaparecer com o passar do tempo. Sanzonowicz, Lobato e Goedert (1987) verificaram efeitos benéficos da calagem, mesmo na presença do fosfato natural de Araxá, a partir do segundo ano de experimento. Provavelmente estes efeitos se devem à deficiência de magnésio nos tratamentos que não receberam aplicação de calcário.

As altas produções obtidas com o FAPS são atribuídas à presença de S (Tabela 2), além de possuir 50% do P_2O_5 total, prontamente solúvel e portanto disponível para as plantas. Quanto ao ST, apesar de não ser considerado uma fonte de S, a análise química revelou presença de S neste adubo (Tabela 2), apresentando também elevado teor de P_2O_5 solúvel em citrato de amônio em água. Ressalta-se que o comportamento do ST como fonte de S, foi devido à alta dose de P aplicada aos vasos, o que não se espera sob condições de campo. Malavolta et al (1981) comparando a eficiência do fosfato de Araxá parcialmente acidulado com ácido sulfúrico (FAPS),

com a do superfosfato simples (SS) e do fosfato de Araxá (FAR), em solos pouco ácidos e com baixo P disponível verificaram que o aproveitamento do FAPS e do SS pelas culturas de arroz de sequeiro, milho e soja não diferiram estatisticamente em termos de produção, sendo no entanto maiores do que as conseguidas com o FAR

A aplicação de gesso associado ao calcário foi essencial para as fontes de P que não apresentam S em sua composição, como o FAR e o TMg, sendo que a associação do TMg com o calcário e gesso foi aquela que proporcionou maior produção total de matéria seca da parte aérea do braquiário e do andropogon (Tabela 4, Figuras 1 e 2) evidenciando a importância que teve a utilização do gesso, principalmente como fonte de S para as plantas. Rodrigues (1992) verificou interação significativa entre calcário e gesso agrícola na produção de matéria seca da parte aérea do andropogon, em Latossolo variação Una, atribuindo o aumento de produção de matéria seca ao S adicionado ao solo pelo gesso.

No entanto, o efeito do gesso como fonte de S para as plantas só se manifestou com a aplicação de fontes de P sem enxofre em sua composição, como o FAR e o TMg. No tratamento - P, não se verificou resposta ao gesso na produção de matéria seca das forrageiras (Tabela 4, Figuras 1 e 2), indicando que a deficiência de P foi mais limitante que a de S, e que a aplicação de ambos os nutrientes e em doses equilibradas são condições necessárias para garantir e manter boas produtividades destas gramíneas neste solo. Embora, de maneira geral, as gramíneas forrageiras sejam consideradas pouco responsivas a enxofre, a aplicação de elevados níveis de macronutrientes primários, principalmente o N, faz com que esse elemento seja exigido em maior quantidade, devido exercer uma função fundamental no metabolismo do N e na síntese de proteínas (Werner, 1984), esperando-se nestas situações maiores respostas à adubação sulfatada (Wilkinson e Langdale, 1974; Werner e Monteiro, 1988).

Embora não seja o objetivo do trabalho comparar as espécies forrageiras, observou-se, de modo geral, que o braquiarião apresentou maior produção total de matéria seca da parte aérea em relação ao andropogon (Tabela 4). Provavelmente, o andropogon foi mais prejudicado pelas condições climáticas durante o período experimental, visto que no inverno, as temperaturas mais baixas reduziram o crescimento nos primeiros cortes; no último corte, já com temperaturas mais elevadas, a produção de matéria seca foi superior àquela obtida pelo braquiarião, para todos os tratamentos (Tabela 4). Além disso, o andropogon tem um estabelecimento inicial mais lento do que o braquiarião. Morikawa (1993) também verificou maior potencial produtivo de matéria seca do braquiarião em relação ao andropogon.

Os valores referentes ao número de perfilhos, no 1^o e 6^o cortes, para o braquiarião e o andropogon encontram-se na Tabela 5, cujas análises de variância constam no Apêndice 4.

TABELA 5. Número de perfilhos por vaso (1^o e 6^o cortes) do braquiarião e do andropogon.

| Fontes de P | Perfilhos/vaso (1 ^o corte) | | | Perfilhos/vaso (6 ^o corte) | | |
|-------------------|---------------------------------------|--------|------------|---------------------------------------|---------|------------|
| | Correção | | | Correção | | |
| | - cal | + cal | + cal/ges. | - cal | + cal | + cal/ges. |
| | Braquiarião | | | | | |
| -P | 0 bA | 0 bA | 0 bA | 4 bA | 6 cA | 11 bA |
| FAPS | 15 aAB | 10 aB | 17 aA | 66 aB | 74 aAB | 83 aA |
| FAR | 19 aA | 10 aB | 13 aB | 52 aA | 60 abA | 67 aA |
| ST | 17 aA | 12 aA | 13 aA | 51 aB | 62 abAB | 73 aA |
| TMg | 18 aA | 13 aA | 19 aA | 48 aB | 51 bB | 77 aA |
| | Andropogon | | | | | |
| -P | 0 cA | 0 cA | 0 cA | 20 cA | 32 cA | 27 bA |
| FAPS | 34 bA | 55 abA | 42 bA | 84 abA | 108 aA | 105 aA |
| FAR | 99 aA | 46 bB | 44 abB | 78 bA | 82 abA | 91 aA |
| ST | 56 bA | 76 aA | 69 aA | 111 aA | 83 abB | 106 aAB |
| TMg | 90 aA | 75 aAB | 53 abB | 79 bAB | 58 bcB | 106 aA |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada coluna para cada forrageira, e maiúscula em cada linha para o 1^o e 6^o cortes, não diferem entre si (Tukey 5%).

Observa-se pela Tabela 5 que na ausência de P, no 1^o corte, tanto o braquiarião quanto o andropogon não perfilharam. Morikawa (1993) verificou que os nutrientes cuja omissão mais limitaram o perfilhamento do andropogon e do braquiarião foram em ordem decrescente o P, N e S. De acordo com Carvalho (1985), um adequado suprimento de P no solo é essencial para o rápido e eficiente estabelecimento das pastagens, devido ao importante papel que este nutriente desempenha no desenvolvimento do sistema radicular e no perfilhamento das gramíneas.

Para o braquiarião, à exceção da testemunha (-P), os demais tratamentos que receberam P, independente do tratamento de correção utilizado, não diferiram quanto ao perfilhamento, no 1^o corte. Já para o andropogon, ocorreram maiores diferenças quanto ao perfilhamento, sendo que o FAr e o TMg, na ausência de calagem, foram as combinações que resultaram em maior número de perfilhos.

No 6^o corte, o número de perfilhos tendeu a aumentar em relação ao registrado no 1^o corte, em ambas espécies forrageiras, à exceção daqueles tratamentos que perfilharam mais no andropogon, no 1^o corte, acompanhados do TMg na presença de calagem, os quais apresentaram redução no número de perfilhos. Esta redução no perfilhamento pode ser explicada pela deficiência de S nestes tratamentos após o 1^o corte, já que o TMg e o FAr não apresentam S em sua composição, o que provavelmente acarretou a morte de perfilhos. A limitação ao perfilhamento destas espécies forrageiras, pela ausência de S, também foi constatada por Morikawa (1993).

De modo geral, o andropogon apresentou maior capacidade de perfilhamento do que o braquiarião, nos dois cortes avaliados, diferenças estas explicadas por características intrínsecas de cada espécie. No entanto, este maior perfilhamento do andropogon (Tabela 5) não resultou em

maiores produções de matéria seca total da parte aérea, comparativamente ao braquiário (Tabela 4), fato já discutido.

Na Tabela 6 são apresentados os valores da produção de matéria seca das raízes, relativa ao segmento superior (0-15 cm), segmento inferior (15-30 cm) e total por vaso (segmento superior + segmento inferior) do braquiário e do andropogon, cujas análises de variância são apresentadas no Apêndice 5.

Verifica-se que, de maneira geral, a produção de matéria seca pelo sistema radicular (Tabela 6) apresentou comportamento semelhante àquele observado para a parte aérea (Tabela 4), para ambas forrageiras.

Na ausência de P (-P), o crescimento do sistema radicular foi severamente afetado, independente do tratamento de correção utilizado, em ambas espécies forrageiras. Resultados semelhantes foram obtidos por Carvalho, Botrel e Cruz Filho (1992) trabalhando com capim gordura em Latossolo Vermelho-Amarelo. Werner e Haag (1972) também relataram a importância do fósforo no desenvolvimento do sistema radicular, com reflexo na capacidade produtiva das espécies forrageiras.

A deficiência de enxofre nos tratamentos como FAr e TMg, tal como discutido para a produção de matéria seca da parte aérea, foi o fator responsável pela menor produção de matéria seca pelas raízes de ambas espécies. Como o FAr, o TMg, o calcário e o gesso apresentam Ca em suas composições (Tabela 2), as suas aplicações elevaram os teores do elemento no solo (Tabela 3). Portanto, a igualdade dos valores de matéria seca das raízes para os tratamentos -cal e +cal, tanto para FAr quanto para o TMg, e a superioridade do +cal/ges em relação ao +cal para estas mesmas fontes de P (Tabela 6), comprovam que o enxofre, e não o cálcio, foi o elemento limitante ao crescimento das raízes. Lembra-se, também, que embora o cálcio seja considerado um

TABELA 6. Produção de matéria seca das raízes do braquiarião e do andropogon, no segmento superior (0-15 cm), inferior (15-30 cm) e vaso (total).

| Fontes de P | Matéria Seca das Raízes | | | | | | | | |
|-------------|-------------------------|----------|------------|----------|-----------|------------|----------|----------|------------|
| | 0-15 cm | | | 15-30 cm | | | Total | | |
| | Correção | | | Correção | | | Correção | | |
| | - cal | + cal | + cal/ges. | - cal | + cal | + cal/ges. | - cal | + cal | + cal/ges. |
| g/segmento | | | g/segmento | | | g/vaso | | | |
| | Braquiarião | | | | | | | | |
| -P | 0,65 dA | 0,79 eA | 1,34 cA | 0,12 cA | 0,18 cA | 0,26 dA | 0,77 dA | 0,97 dA | 1,60 cA |
| FAPS | 51,07 aA | 50,21 bA | 53,64 bA | 14,72 aA | 13,24 aA | 14,22 bcA | 65,79 aA | 63,45 aA | 67,86 bA |
| FAR | 26,08 bB | 30,09 cB | 55,26 bA | 6,38 bB | 8,13 bAB | 11,84 cA | 32,46 bB | 38,22 bB | 67,10 bA |
| ST | 50,23 aB | 56,25 aA | 56,61 bA | 11,69 aB | 15,48 aAB | 17,19 bA | 61,92 aB | 71,73 aA | 73,80 bA |
| TMg | 18,35 cB | 17,90 dB | 63,93 aA | 3,96 bcB | 4,58 bcB | 22,32 aA | 22,31 cB | 22,48 cB | 86,25 aA |
| | Andropogon | | | | | | | | |
| -P | 1,44 cA | 2,0 cA | 1,67 cA | 0,36 cA | 0,73 cA | 1,32 cA | 1,80 cA | 2,73 cA | 3,00 dA |
| FAPS | 22,35 aA | 26,14 aA | 23,25 aA | 16,61 aA | 16,63 aA | 15,59 bA | 38,96 aA | 42,77 aA | 38,84 bcA |
| FAR | 11,32 bB | 11,19 bB | 17,72 bA | 8,98 bB | 9,23 bB | 17,23 bA | 20,30 bB | 20,42 bB | 34,95 cA |
| ST | 23,75 aA | 26,81 aA | 25,53 aA | 16,44 aA | 18,56 aA | 18,99 abA | 40,19 aA | 44,70 aA | 44,52 abA |
| TMg | 7,86 bB | 8,57 bB | 26,22 aA | 8,83 bB | 8,83 bB | 22,73 aA | 16,69 bB | 17,40 bB | 48,95 aA |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada coluna para cada forrageira, e maiúscula em cada linha para cada segmento e total, não diferem entre si (Tukey 5%).

elemento fundamental no crescimento das raízes (Mengel e Kirkby, 1987), de maneira geral, as gramíneas forrageiras são pouco exigentes neste elemento (CIAT, 1978). Werner et al. (1967) não obtiveram resposta do colômbio ao Ca e Mg em solo com teor de Ca + Mg de 1,2 meq/100 cm³. No mesmo solo usado no presente trabalho, Morikawa (1993) mostrou que a omissão da calagem ou do cálcio reduziu o crescimento do sistema radicular do braquiário e do andropogon, concluindo que a aplicação de calcário neste solo é necessária, principalmente como fonte de Ca e de Mg. Portanto, a aplicação das fontes de P elevou os teores de cálcio no solo (Tabela 3) a níveis suficientes para atender as exigências das forrageiras, mesmo no tratamento -cal.

De acordo com Ritchey, Silva e Souza (1983), além da deficiência de cálcio, a toxidez de alumínio é apontada como um dos principais fatores causadores da diminuição do crescimento do sistema radicular das plantas, fato este descartado neste estudo, visto os baixos teores de Al observados em todos os tratamentos (Tabela 3).

É bem conhecido o efeito do gesso na correção dos efeitos da acidez subsuperficial do solo, favorecendo o crescimento do sistema radicular em profundidade e trazendo uma série de benefícios ao desenvolvimento das plantas (Raij, 1988 e Souza et al., 1992). Não se objetivou neste experimento estudar este efeito do gesso, mas sim, o produto como fonte de S para as plantas, visto sua deficiência neste solo (Morikawa, 1993); mesmo porque a metodologia utilizada, não permitiria esta avaliação, pois o sistema foi fechado, não existindo, portanto, percolação de água suficiente para o carregamento do sulfato e das bases para a camada inferior do vaso.

As Figuras 3 e 4 ilustram a relação parte aérea/raiz, bem como a distribuição do sistema radicular nos segmentos superior (0-15 cm) e inferior (15-30 cm) do vaso, para o braquiário e o andropogon, respectivamente. Embora o desenvolvimento do sistema radicular do braquiário, expresso pela produção de matéria seca total, tenha sido bem superior ao do andropogon nos

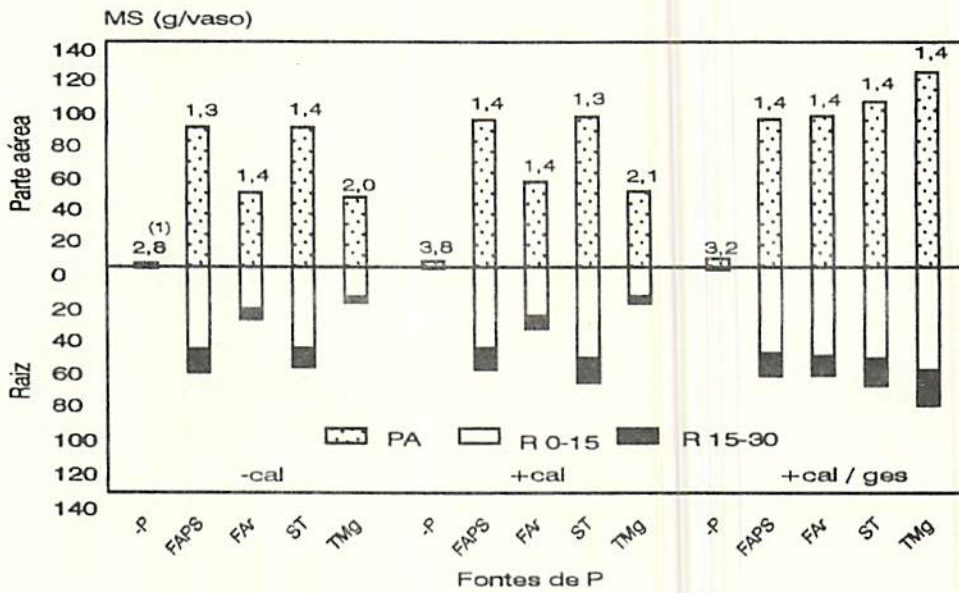


FIGURA 3 Produção total de matéria seca da parte aérea e da raiz (0-15 e 15-30 cm) do braquiarião. ⁽¹⁾ Os valores numéricos acima das colunas representam para cada fonte de P, a relação parte aérea/raiz.

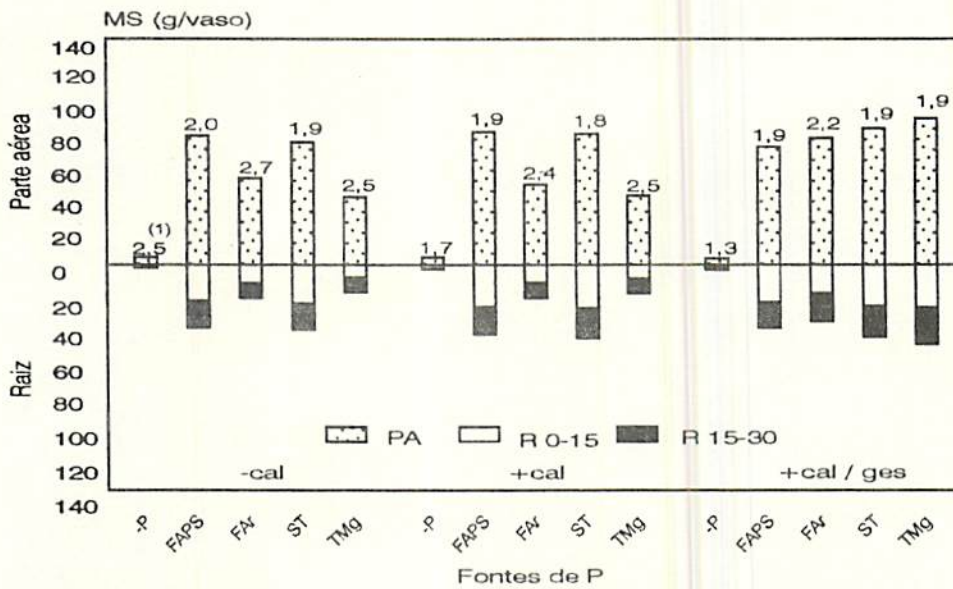


FIGURA 4. Produção total de matéria seca da parte aérea e da raiz (0-15 e 15-30 cm) do andropogon. ⁽¹⁾ Os valores numéricos acima das colunas representam para cada fonte de P, a relação parte aérea/raiz.

tratamentos que receberam aplicação de P (Tabela 6), este concentrou-se mais no anel superior do vaso (Figura 3), enquanto que o andropogon apresentou melhor distribuição das raízes no perfil, com maior exploração do anel inferior (Figura 4). Segundo Goedert, Ritchey e Sanzonowicz (1985), o andropogon tem capacidade de desenvolver um sistema radicular denso e profundo, mesmo em condições adversas no solo; o que no entanto não ocorreu no presente estudo, principalmente quando o P não foi aplicado.

Esta melhor distribuição das raízes ao longo do perfil do solo é muito importante, pois promove um melhor aproveitamento de água e nutrientes nas camadas subsuperficiais do solo, e conseqüentemente, maior resistência à seca pela forrageira. Este fato foi estudado pelo CIAT, citado por Thomas et al. (1981), que em estudo visando avaliar a capacidade de extração de água por várias gramíneas forrageiras, em diversas profundidades, verificou que o andropogon extraiu toda água disponível no perfil até 90 cm de profundidade, sendo esta extração significativa até 120 cm, enquanto que o capim-colonião foi ineficiente na extração de água nessas duas profundidades.

Embora o braquiarião, de maneira geral, tenha apresentado, para os tratamentos com aplicação de P, maiores produções de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular (Tabelas 4 e 6, respectivamente), as relações parte aérea/raiz foram menores para esta espécie, variando de 1,3 a 2,1, enquanto que para o andropogon, variaram de 1,9 a 2,7, como pode ser observado pelos valores numéricos das Figuras 3 e 4, respectivamente. Estes valores mostram que o andropogon produziu mais matéria seca da parte aérea por unidade de matéria seca da raiz. Um outro fato interessante a se destacar nas Figuras 3 e 4 é que nos tratamentos onde ocorreram limitações nutricionais nas forrageiras (-P; FAr e TMg em -cal e +cal), observa-se uma tendência dos valores

da relação parte aérea/raiz serem mais elevados, mostrando que proporcionalmente, as deficiências nutricionais ocorridas afetaram mais o crescimento do sistema radicular do que da parte aérea.

Portanto, a adubação dessas forrageiras com fósforo e enxofre, bem como a utilização de calagem, são práticas de grande importância, visando elevar a fertilidade do solo, promovendo uma melhor cobertura vegetal, em virtude do maior crescimento e perfilhamento das plantas, reduzindo assim o processo erosivo do solo, com melhor aproveitamento de água e de nutrientes, aumentando-se a produtividade das pastagens e, conseqüentemente, a produção animal.

4.3 Teor e acumulação na parte aérea das plantas dos nutrientes envolvidos nos tratamentos

Os macronutrientes P, S, Ca e Mg, por serem participantes da composição química de um ou mais dos materiais estudados (FAPS, FAr, ST, TMg, calcário e gesso), os seus teores e acumulações serão apresentados e discutidos a seguir.

4.3.1 Fósforo

Nas Tabelas 7 e 8 são mostrados os teores e a acumulação de P na parte aérea do braquiarião e do andropogon, respectivamente, nos seis cortes realizados e total dos cortes, cujas análises de variância são apresentados nos Apêndices 6, 7 e 8.

Na ausência de P (-P), independente do fator correção, os teores desse nutriente foram reduzidos, tanto para o braquiarião quanto para o andropogon (Tabelas 7 e 8), indicando uma baixa capacidade do solo em suprir P às plantas, acarretando reduções na produção de matéria seca destas forrageiras. A limitação do crescimento pelo P foi tão drástica que só foi possível a

TABELA 7. Teor e acumulação de fósforo na parte aérea do braquiarião.

| Corte | Correção | Teor (%) | | | | | Acúmulo (mg/vaso) | | | | |
|-------|------------|------------------|---------|----------|----------|---------|-------------------|--------|--------|--------|---------|
| | | Fontes de P | | | | | Fontes de P | | | | |
| | | -P | FAPS | FAR | ST | TMg | -P | FAPS | FAR | ST | TMg |
| 1º | - cal | — ⁽¹⁾ | 0,26 aA | 0,22 aAB | 0,17 aB | 0,07 aC | — ⁽¹⁾ | 9 aA | 10 aA | 10 aA | 8 aA |
| | + cal | — | 0,26 aA | 0,26 aA | 0,14 abB | 0,06 aC | — | 4 bA | 3 bA | 6 abA | 4 aA |
| | + cal/ges. | — | 0,27 aA | 0,28 aA | 0,08 bB | 0,07 aC | — | 9 aA | 6 bA | 5 bA | 6 aA |
| 2º | - cal | — | 0,13 aC | 0,25 aB | 0,17 aC | 0,43 aA | — | 15 aB | 24 aA | 25 aA | 28 abA |
| | + cal | — | 0,15 aB | 0,20 abB | 0,15 aB | 0,30 bA | — | 15 aB | 21 aAB | 19 aAB | 24 bA |
| | + cal/ges. | — | 0,13 aB | 0,14 bAB | 0,17 aAB | 0,20 cA | — | 18 aB | 18 aB | 21 aB | 32 aA |
| 3º | - cal | — | 0,16 aC | 0,34 aB | 0,20 aC | 0,52 aA | — | 18 aB | 21 aAB | 26 aA | 23 bAB |
| | + cal | — | 0,17 aB | 0,22 bB | 0,19 aB | 0,41 bA | — | 19 aA | 20 aA | 25 aA | 25 abA |
| | + cal/ges. | — | 0,16 aA | 0,15 bA | 0,18 aA | 0,20 cA | — | 21 aB | 20 aB | 25 aAB | 32 aA |
| 4º | - cal | — | 0,12 aC | 0,30 aB | 0,14 aC | 0,51 aA | — | 16 aA | 16 aA | 18 aA | 19 bA |
| | + cal | — | 0,12 aC | 0,23 aB | 0,16 aBC | 0,43 aA | — | 18 aAB | 16 aB | 23 aA | 20 abAB |
| | + cal/ges. | — | 0,12 aA | 0,12 bA | 0,12 aA | 0,13 bA | — | 17 aB | 17 aB | 18 aAB | 25 aA |
| 5º | - cal | 0,06 aC | 0,07 aC | 0,18 aB | 0,08 aC | 0,38 aA | 0,4 aC | 16 aB | 17 aB | 16 bB | 27 bA |
| | + cal | 0,05 aC | 0,06 aC | 0,15 aB | 0,08 aC | 0,42 aA | 0,5 aC | 19 aB | 17 aB | 22 aB | 38 aA |
| | + cal/ges. | 0,06 aA | 0,07 aA | 0,07 bA | 0,07 aA | 0,07 bA | 1,0 aB | 15 aA | 16 aA | 20 abA | 20 cA |
| 6º | - cal | 0,07 aC | 0,08 aC | 0,23 aB | 0,09 aC | 0,39 aA | 0,7 aC | 19 aB | 26 aB | 20 aB | 38 aA |
| | + cal | 0,06 aC | 0,07 aC | 0,17 bB | 0,07 aC | 0,38 aA | 1,0 aC | 18 aB | 24 aB | 17 aB | 42 aA |
| | + cal/ges. | 0,06 aA | 0,08 aA | 0,08 cA | 0,06 aA | 0,06 bA | 1,5 aC | 20 aAB | 23 aA | 15 aB | 21 bAB |
| Total | - cal | | | | | | 1,1 aC | 93 aB | 114 aB | 115 aB | 143 aA |
| | + cal | | | | | | 1,5 aC | 93 aB | 101 aB | 112 aB | 153 aA |
| | + cal/ges. | | | | | | 2,5 aC | 100 aB | 100 aB | 104 aB | 136 aA |

⁽¹⁾ Não determinado por falta de material vegetal para análise.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada coluna, dentro de cada corte e maiúscula em cada linha, para cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey 5%).

TABELA 8. Teor e acumulação de fósforo na parte aérea do andropogon.

| Corte | Correção | Teor (%) | | | | | Acúmulo (mg/vaso) | | | | |
|-------|------------|------------------|----------|-----------|----------|-----------|-------------------|--------|--------|--------|---------|
| | | Fontes de P | | | | | Fontes de P | | | | |
| | | -P | FAPS | FAR | ST | TMg | -P | FAPS | FAR | ST | TMg |
| 1º | - cal | — ⁽¹⁾ | 0,24 aAB | 0,28 aA | 0,23 aB | 0,27 abAB | — ⁽¹⁾ | 3 aC | 20 aA | 7 b C | 15 aB |
| | + cal | — | 0,20 bB | 0,20 bB | 0,23 aB | 0,28 aA | — | 4 aB | 1 bB | 12 aA | 15 aA |
| | + cal/ges. | — | 0,21 abA | 0,22 bA | 0,23 aA | 0,24 bA | — | 3 aB | 4 bB | 10 abA | 5 bB |
| 2º | - cal | — | 0,20 aB | 0,27 aA | 0,21 aB | 0,23 aAB | — | 4 aB | 12 aA | 6 aB | 7 aB |
| | + cal | — | 0,17 aA | 0,20 bA | 0,19 aA | 0,20 aA | — | 5 aAB | 3 bB | 8 aA | 8 aA |
| | + cal/ges. | — | 0,16 aB | 0,18 bB | 0,20 aAB | 0,23 aA | — | 5 aA | 4 bA | 7 aA | 8 aA |
| 3º | - cal | — | 0,12 aB | 0,17 aA | 0,11 aB | 0,19 aA | — | 9 aAB | 12 aA | 8 aB | 11 abAB |
| | + cal | — | 0,08 bC | 0,14 abAB | 0,11 aBC | 0,16 abA | — | 6 bB | 10 abA | 11 aA | 9 bAB |
| | + cal/ges. | — | 0,09 abC | 0,13 bAB | 0,10 aBC | 0,14 bA | — | 5 bC | 9 bB | 8 aC | 13 aA |
| 4º | - cal | — | 0,10 aC | 0,15 aB | 0,11 aC | 0,25 aA | — | 14 aA | 13 aA | 14 aA | 17 aA |
| | + cal | — | 0,08 aB | 0,11 bB | 0,08 aB | 0,21 bA | — | 11 aA | 12 aA | 10 aA | 16 aA |
| | + cal/ges. | — | 0,09 aAB | 0,09 bAB | 0,08 aB | 0,12 cA | — | 10 aB | 10 aB | 10 aB | 19 aA |
| 5º | - cal | 0,07 aC | 0,11 aC | 0,17 aB | 0,11 aC | 0,30 aA | 0,5 aC | 18 aA | 11 bB | 16 aAB | 18 bA |
| | + cal | 0,08 aC | 0,10 aBC | 0,14 aB | 0,08 aC | 0,30 aA | 0,6 aB | 16 abA | 13 abA | 12 aA | 17 bA |
| | + cal/ges. | 0,08 aB | 0,10 aAB | 0,10 bAB | 0,09 aAB | 0,12 bA | 0,6 aC | 13 bB | 16 aB | 14 aB | 25 aA |
| 6º | - cal | 0,05 aC | 0,05 aC | 0,18 aB | 0,07 aC | 0,32 aA | 1,5 aD | 19 aC | 35 aB | 26 aC | 49 aA |
| | + cal | 0,05 aC | 0,05 aC | 0,13 bB | 0,06 aC | 0,34 aA | 1,5 aC | 19 aB | 26 bB | 21 aB | 50 aA |
| | + cal/ges. | 0,05 aB | 0,07 aAB | 0,05 cB | 0,06 aB | 0,09 bA | 1,3 aC | 24 aB | 19 cB | 23 aB | 39 bA |
| Total | - cal | — | — | — | — | — | 2,0 aD | 67 aC | 103 aB | 77 aC | 117 aA |
| | + cal | — | — | — | — | — | 2,1 aC | 61 aB | 65 bB | 74 aB | 115 aA |
| | + cal/ges. | — | — | — | — | — | 1,9 aC | 60 aB | 62 bB | 72 aB | 109 aA |

⁽¹⁾ Não determinado por falta de material vegetal para análise.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada coluna, dentro de cada corte e maiúscula em cada linha, para cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey 5%).

obtenção de material vegetal suficiente para análise química, no 5^a e 6^a cortes. A acumulação de P também foi reduzida, visto ser esta dependente do teor deste no tecido e da produção de matéria seca. Resultados semelhantes foram obtidos por Morikawa (1993) trabalhando com a técnica do elemento faltante, com as mesmas espécies forrageiras e solo deste estudo, quando o P foi omitido na adubação.

De modo geral, nos tratamentos que receberam as fontes de P, os maiores teores de P estão associados às menores produções de matéria seca pelas forrageiras, caracterizando um efeito de concentração de P (Jarrel e Beverly, 1981). Para o braquiário, isto foi constatado principalmente quando se aplicou o TMg e o FAr, na ausência (-cal) e presença (+cal) de calagem, a partir do 2^a e 3^a cortes, respectivamente (Tabela 7). Lembra-se que a causa do pequeno crescimento das plantas nestes tratamentos (Tabela 4) foi devido à deficiência de enxofre. Quanto ao andropogon (Tabela 8), os maiores teores de P foram observados no 1^a e 2^a cortes, para todos os tratamentos, devido ao menor crescimento das plantas e também no TMg na ausência (-cal) e presença (+cal) de calagem no 5^a e 6^a cortes, onde a produção de matéria seca foi reduzida pela deficiência de enxofre.

De modo inverso, os menores teores de P foram encontrados nos tecidos das espécies forrageiras cujos tratamentos propiciaram maior crescimento, havendo portanto um efeito de diluição de P (Jarrel e Beverly, 1981). Este fato ficou bem evidenciado para o TMg e o FAr, na presença de calagem/gessagem (+cal/ges), a partir do 2^a corte para o braquiário e do 3^a corte para o andropogon. De maneira geral, o ST e o FAPS que promoveram as maiores produções de matéria seca (Tabela 4), independente do tratamento de correção utilizado, comparativamente às outras fontes de P, para ambas forrageiras, apresentaram teores mais baixos de P, os quais tenderam a diminuir do 1^a para o 6^a corte. Isto pode ser explicado pelo efeito de diluição e pela

diminuição da disponibilidade de P do solo pelas sucessivas extrações pelos cortes. Leite et al. (1986) estudando os efeitos de níveis de gesso combinado a fontes de fósforo em capim-colonião cultivado em solo de cerrado, também detectaram diminuição nos teores de P do primeiro para o segundo ano de experimento, atribuindo este efeito a um aumento na produção de matéria seca com diluição do elemento na planta.

Assim, houve uma grande variação dos teores de P em função dos tratamentos e dos cortes realizados. Para o braquiário, de modo geral, observa-se que grande parte dos valores de P encontrados foram superiores ou se aproximaram do nível crítico de 0,16% de P, observado por Corrêa (1991), necessário para obtenção de 90% da produção máxima do braquiário, aos 80 dias após a emergência das plantas, em Latossolo Vermelho-Amarelo, à exceção da testemunha (-P), ST e FAPS nos últimos cortes realizados (5^o e 6^o), e nos tratamentos que foram aplicados calagem/gessagem.

Os teores de P encontrados para o andropogon nos 5 primeiros cortes situaram-se dentro da faixa crítica observada por Fonseca (1987) de 0,07 a 0,21%, para atingir 90% da máxima produção desta forrageira. A exemplo do ocorrido para o braquiário, a testemunha (-P), o ST e o FAPS, e os tratamentos que receberam calagem/gessagem (+cal/ges), apresentaram valores de P abaixo da faixa crítica, no 6^o corte. O mesmo autor verificou acentuada redução nas concentrações críticas de P, do 1^o para o 2^o corte, para o andropogon, o que atribuiu ao efeito de diluição em virtude das maiores produções no 2^o corte. De acordo com Bates (1971), vários fatores podem afetar os níveis críticos dos nutrientes nas plantas, como: condições ambientais (temperatura, umidade e luz), espécie e/ou variedade, órgão analisado e sua idade, interação entre nutrientes, dentre outros.

Considerando que a exigência para a alimentação de bovinos em pastejo é de 0,18% de P (National Research Council, 1976) e que os tratamentos que alcançaram maior produção de matéria seca apresentaram, em geral, valores abaixo do citado, torna-se necessário a suplementação mineral com este elemento, a fim de que as exigências do animal sejam atendidas. Segundo CIAT (1982), ainda que as gramíneas tropicais recebam elevadas doses de P, dificilmente estas apresentarão teores dentro destes limites.

O melhor método de avaliar a eficiência de uma fonte em suprir um determinado nutriente para as plantas, é determinar a quantidade do mesmo absorvida por cultivos ou cortes sucessivos, sob condições de disponibilidade adequada dos demais nutrientes; metodologia esta utilizada neste trabalho.

Considerando o acúmulo total de P pela parte aérea, observa-se que os maiores valores foram encontrados quando o TMg foi aplicado, independente do fator correção, para ambas forrageiras (Tabelas 7 e 8), sendo que as demais fontes (FAPS, FAr e ST) se equivaleram, à exceção do FAPS e do ST no tratamento -cal, que foram inferiores ao FAr, para o andropogon (Tabelas 7 e 8). A maior absorção e acumulação de P da fonte TMg pode ser atribuído à presença de silicato e de Mg na composição química desta fonte; segundo Volkweiss e Rajj (1977), o silicato pode ocupar os pontos de fixação de P no solo, tornando-o mais disponível às plantas, e Malavolta (1980), que cita que o Mg apresenta um efeito sinérgico no processo de absorção radicular do fosfato.

De maneira geral, a acumulação de um nutriente é mais dependente da quantidade de matéria seca produzida do que do seu teor no material vegetal. No caso do TMg, nos tratamentos -cal e +cal, onde o crescimento foi limitado pelo S (Tabela 4), a acumulação de P foi mais dependente dos seus teores nos tecidos, que se apresentaram elevados (Tabelas 7 e 8), devido ao

efeito de concentração; já no +cal/ges, a acumulação foi mais dependente da matéria seca produzida (Tabela 4), que foi maior neste tratamento.

Comparativamente, o braquiário tendeu a acumular mais P do que o andropogon, o que ocorreu em função da maior produção de matéria seca total da parte aérea do braquiário em relação ao andropogon.

4.3.2 Enxofre

Os teores e a acumulação de S na parte aérea do braquiário e do andropogon referentes aos seis cortes realizados e total dos cortes, encontram-se respectivamente, nas Tabelas 9 e 10, cujas análises de variância são apresentadas nos Apêndices 9, 10 e 11.

Nos tratamentos com ausência (-cal) e presença (+cal) de calagem, os maiores teores de S na parte aérea de ambas forrageiras foram obtidos com a aplicação do FAPS (Tabelas 9 e 10), devido à presença de S na composição desta fonte (Tabela 2); enquanto que os menores teores deste nutriente foram observados para o FAr e o TMg, justificando assim a ocorrência de deficiências do elemento nestes tratamentos, após o 1^o corte, com conseqüente redução na produção de matéria seca (Tabela 4). Morikawa (1993) também observou deficiência de S e redução na produção de matéria seca do braquiário e do andropogon cultivados em solo similar ao usado neste experimento, quando este nutriente foi omitido da adubação, concluindo que a sua aplicação é essencial para a nutrição e crescimento adequados destas espécies.

Ao contrário do que ocorreu para o P, os teores de S quando não se procedeu a adubação fosfatada (-P), foram mais elevados, mesmo na ausência (-cal) e presença (+cal) de calagem, para

TABELA 9. Teor e acumulação de enxofre na parte aérea do braquiário.

| Corte | Correção | Teor (%) | | | | | Acúmulo (mg/vaso) | | | | |
|-------|------------|------------------|----------|----------|-----------|----------|-------------------|--------|--------|--------|---------|
| | | Fontes de P | | | | | Fontes de P | | | | |
| | | -P | FAPS | FAR | ST | TMg | -P | FAPS | FAR | ST | TMg |
| 1º | - cal | — ⁽¹⁾ | 0,20 aA | 0,15 bB | 0,20 aA | 0,09 cC | — ⁽¹⁾ | 7 aB | 7 aB | 12 aA | 11 bAB |
| | + cal | — | 0,22 aA | 0,16 bBC | 0,18 aB | 0,13 bC | — | 3 bB | 2 bB | 7 bA | 9 bA |
| | + cal/ges. | — | 0,20 aAB | 0,21 aA | 0,18 aAB | 0,17 aB | — | 6 aB | 4 abB | 12 aA | 14 aA |
| 2º | - cal | — | 0,15 aA | 0,09 bB | 0,14 bA | 0,08 cB | — | 18 abA | 9 cB | 20 aA | 5 cB |
| | + cal | — | 0,16 aA | 0,13 aB | 0,15 abAB | 0,12 bB | — | 16 bAB | 14 bBC | 19 aA | 10 bC |
| | + cal/ges. | — | 0,16 aA | 0,15 aA | 0,17 aA | 0,16 aA | — | 22 aAB | 19 aB | 21 aAB | 25 aA |
| 3º | - cal | — | 0,21 aA | 0,11 bBC | 0,15 bB | 0,10 bC | — | 23 bA | 6 bB | 20 bA | 4 bB |
| | + cal | — | 0,23 aA | 0,11 bC | 0,18 abB | 0,09 bC | — | 27 abA | 10 bB | 24 abA | 6 bB |
| | + cal/ges. | — | 0,23 aA | 0,21 aA | 0,21 aA | 0,16 aB | — | 30 aA | 27 aA | 29 aA | 26 aA |
| 4º | - cal | — | 0,31 aA | 0,14 bC | 0,25 abB | 0,15 bC | — | 39 bA | 7 bB | 32 bA | 5 bB |
| | + cal | — | 0,32 aA | 0,17 bC | 0,22 bB | 0,14 bC | — | 49 aA | 12 bC | 33 bB | 6 bC |
| | + cal/ges. | — | 0,31 aA | 0,28 aA | 0,29 aA | 0,22 aB | — | 44 abA | 41 aA | 43 aA | 42 aA |
| 5º | - cal | 0,18 bA | 0,15 bB | 0,09 bCD | 0,08 bD | 0,11 aC | 1 aC | 36 aA | 9 bBC | 16 cB | 8 bC |
| | + cal | 0,22 aA | 0,13 cB | 0,07 cD | 0,10 bC | 0,12 aBC | 2 aD | 36 aA | 8 bCD | 27 bB | 11 bC |
| | + cal/ges. | 0,24 aA | 0,18 aB | 0,14 aCD | 0,16 aBC | 0,13 aD | 4 aC | 40 aAB | 34 aB | 46 aA | 36 aB |
| 6º | - cal | 0,15 bA | 0,15 bA | 0,09 bB | 0,06 bB | 0,07 bB | 2 aC | 37 bA | 10 bBC | 13 bB | 7 bBC |
| | + cal | 0,17 bA | 0,13 bB | 0,09 bC | 0,05 bD | 0,08 bCD | 3 aC | 34 bA | 11 bBC | 12 bB | 9 bBC |
| | + cal/ges. | 0,21 aA | 0,22 aA | 0,14 aB | 0,13 aB | 0,11 aB | 5 aC | 55 aA | 37 aB | 33 aB | 37 aB |
| Total | - cal | — | — | — | — | — | 3 aD | 160 bA | 48 bC | 133 bB | 40 bC |
| | + cal | — | — | — | — | — | 5 aD | 165 bA | 57 bC | 122 bB | 51 bC |
| | + cal/ges. | — | — | — | — | — | 9 aC | 197 aA | 162 aB | 184 aA | 180 aAB |

⁽¹⁾ Não determinado por falta de material vegetal para análise.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada coluna, dentro de cada corte e maiúscula em cada linha, para cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey 5%).

TABELA 10. Teor e acumulação de enxofre na parte aérea do andropogon.

| Corte | Correção | Teor (%) | | | | | Acúmulo (mg/vaso) | | | | |
|-------|------------|------------------|-----------|----------|----------|----------|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| | | Fontes de P | | | | | Fontes de P | | | | |
| | | -P | FAPS | FAR | ST | TMg | -P | FAPS | FAR | ST | TMg |
| 1º | - cal | — ⁽¹⁾ | 0,27 aA | 0,14 bC | 0,18 aB | 0,18 bB | — ⁽¹⁾ | 4 aC | 10 aA | 6 bBC | 9 aAB |
| | + cal | — | 0,28 aA | 0,16 bC | 0,19 aBC | 0,20 bB | — | 6 aB | 1 cC | 10 aA | 11 aA |
| | + cal/ges. | — | 0,30 aA | 0,25 aB | 0,20 aC | 0,24 aB | — | 5 aB | 4 bB | 9 bA | 5 bB |
| 2º | - cal | — | 0,24 aA | 0,21 aAB | 0,22 aAB | 0,19 bB | — | 5 aB | 9 aA | 6 bAB | 6 bAB |
| | + cal | — | 0,21 aA | 0,22 aA | 0,24 aA | 0,21 bA | — | 7 aAB | 4 bB | 11 aA | 8 abA |
| | + cal/ges. | — | 0,22 aB | 0,23 aB | 0,27 aAB | 0,31 aA | — | 7 aAB | 6 bB | 10 abA | 10 aA |
| 3º | - cal | — | 0,19 aA | 0,11 cB | 0,12 aB | 0,09 bB | — | 15 aA | 8 bB | 8 bB | 5 bB |
| | + cal | — | 0,11 bB | 0,18 bA | 0,15 aAB | 0,10 bB | — | 9 bBC | 12 aAB | 14 aA | 6 bC |
| | + cal/ges. | — | 0,15 abB | 0,23 aA | 0,16 aB | 0,17 aB | — | 8 bB | 16 aA | 12 aAB | 16 aA |
| 4º | - cal | — | 0,16 aA | 0,08 bC | 0,13 aB | 0,10 bC | — | 22 aA | 7 bB | 16 aA | 6 bB |
| | + cal | — | 0,14 aA | 0,10 bB | 0,14 aA | 0,10 bB | — | 18 aA | 11 bB | 18 aA | 7 bB |
| | + cal/ges. | — | 0,15 aAB | 0,14 aB | 0,15 aAB | 0,17 aA | — | 18 aB | 17 aB | 19 aB | 27 aA |
| 5º | - cal | 0,19 aA | 0,15 bB | 0,08 bC | 0,09 cC | 0,09 bC | 1 aD | 25 abA | 6 bC | 12 cB | 5 bCD |
| | + cal | 0,19 aA | 0,18 aA | 0,08 bC | 0,12 bB | 0,08 bC | 2 aD | 28 aA | 7 bC | 17 bB | 5 bCD |
| | + cal/ges. | 0,18 aA | 0,16 abAB | 0,17 aAB | 0,16 aAB | 0,14 aB | 1 aC | 23 bB | 27 aAB | 24 aAB | 28 aA |
| 6º | - cal | 0,10 bA | 0,08 bAB | 0,06 aBC | 0,06 bBC | 0,05 bC | 3 aC | 30 bA | 12 bBC | 22 bAB | 9 bC |
| | + cal | 0,10 bA | 0,08 bAB | 0,07 aB | 0,07 bB | 0,06 bB | 3 aC | 32 abA | 14 bB | 24 bA | 9 bBC |
| | + cal/ges. | 0,13 aA | 0,10 aB | 0,08 aC | 0,11 aAB | 0,11 aAB | 3 aC | 40 aAB | 32 aB | 47 aA | 45 aA |
| Total | - cal | — | — | — | — | — | 4 aD | 101 aA | 52 bC | 70 cB | 40 bC |
| | + cal | — | — | — | — | — | 5 aC | 100 aA | 49 bB | 94 bA | 46 bB |
| | + cal/ges. | — | — | — | — | — | 4 aC | 101 aB | 102 aB | 121 aA | 131 aA |

⁽¹⁾ Não determinado por falta de material vegetal para análise.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada coluna, dentro de cada corte e maiúscula em cada linha, para cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey 5%).

ambas forrageiras (Tabelas 9 e 10), devido ao menor crescimento das plantas dada a deficiência de P, promovendo um efeito de concentração de S (Jarrel e Beverly, 1981).

Quando o gesso foi aplicado juntamente ao calcário (+cal/ges), houve um aumento nos teores de S na parte aérea das forrageiras, principalmente para aquelas fontes de P que não apresentam S em sua composição (FAR e TMg), corrigindo assim a deficiência do elemento nas plantas e proporcionando aumentos nas produções de matéria seca (Tabela 4). Monteiro e Carriel (1987), em experimento em casa de vegetação, verificaram que a aplicação de gesso em uma Areia Quartzosa resultou em incrementos na porcentagem de enxofre na parte aérea do capim-colonião. Comportamento semelhante foi observado por Rodrigues (1992), que também constatou aumento nos teores de enxofre na parte aérea do andropogon com a aplicação de doses de gesso, em um Latossolo variação Una.

Tal como ocorreu para o P, de maneira geral, os teores de S tenderam a diminuir com a sucessão dos cortes das forrageiras, principalmente a partir do 5º corte, provavelmente devido ao efeito de diluição, provocado pela maior produção de matéria seca e pela diminuição da disponibilidade de S do solo, pelas sucessivas exportações pelos cortes. Leite et al. (1986) também registraram diminuição dos teores de S na parte aérea do capim-colonião, do primeiro para o terceiro ano de experimento.

Considerando-se 0,23% de S como nível crítico na parte aérea do braquiário, para 90% da produção máxima aos 71 dias (Bortolini et al., 1994) e em torno de 0,15% de S na parte aérea, como concentração crítica para o andropogon (CIAT, 1981), observa-se que de modo geral, os valores encontrados para o braquiário estão abaixo daquele citado como crítico, com ressalva para os tratamentos que receberam calagem/gessagem (+cal/ges) e FAPS, os quais apresentaram valores próximos ou até mesmo superiores do limite citado, em alguns cortes (Tabela 9). Já no

caso do andropogon, verifica-se que nos dois primeiros cortes, os teores de S foram superiores àquele considerado como crítico (Tabela 10), o que pode ser explicado pelo reduzido crescimento das plantas nestes cortes, provocando um efeito de concentração de S na parte aérea desta forrageira. Nos demais cortes, houve uma tendência de diminuição nos teores de S, inclusive para valores abaixo do nível crítico, principalmente naquelas fontes que não apresentam S em sua composição, na ausência (-cal) e presença (+cal) de calagem.

Os tratamentos que receberam calagem/gessagem (+cal/ges) e FAPS, apresentaram teores de S superiores ou próximos do limite crítico, à exceção do 6^o corte, onde os teores de S, em geral, foram baixos para todos os tratamentos, em virtude da maior produção de matéria seca neste corte, causando um efeito de diluição do nutriente e também pela própria extração de S do solo pelas plantas durante o período experimental. No entanto, considerando-se 0,1% de S na matéria seca da forragem, a exigência para a alimentação de bovinos em pastejo (National Research Council, 1976), os teores de S na matéria seca da parte aérea de ambas forrageiras, de forma geral, atenderiam às necessidades do animal, principalmente nos tratamentos em que foram aplicados calagem/gessagem (+cal/ges) e FAPS.

Com relação ao acúmulo total de S, verifica-se que de maneira semelhante aos teores de S, os maiores valores foram encontrados nos tratamentos em que foi aplicado calagem/gessagem (+cal/ges), e no FAPS, independente do tratamento de correção utilizado (Tabelas 9 e 10), sendo que nestes tratamentos houve elevada produção de matéria seca total, em ambas espécies forrageiras. Os menores acúmulos de S ocorreram quando o P não foi aplicado, em função do reduzido crescimento das plantas. Assim, num sistema de cortes ou pastejo sucessivos das forrageiras, e com fornecimento adequado de nutrientes, principalmente o P, a nutrição das plantas com S assume grande importância para a obtenção de elevadas produções neste solo.

De maneira análoga ao P, os maiores acúmulos totais de S ocorreram no braquiário, devido à maior produção de matéria seca total deste em relação ao andropogon.

4.3.3 Cálcio

Nas Tabelas 11 e 12 são apresentados os teores e acumulação de Ca na parte aérea do braquiário e do andropogon, respectivamente, nos seis cortes realizados e total dos cortes, cujas análises de variância constam nos Apêndices 12, 13 e 14.

De modo geral, não houve efeito considerável da calagem (+cal) e da calagem/gessagem (+cal/ges), no aumento dos teores de Ca na parte aérea das forrageiras, em relação àqueles tratamentos que não receberam calagem (-cal). Provavelmente, este comportamento se deve às fontes de P, as quais apresentam CaO em sua composição (Tabela 2), aliado à elevada dose de P aplicada (200 mg P/kg solo), favorecendo assim ao aumento do teor de Ca no solo (Tabela 3) e, conseqüentemente, aumentando sua disponibilidade e absorção pelas plantas. Sob condições de campo, este efeito não seria esperado, onde as doses de P são menores do que aquela aplicada aos vasos. Não obstante, há de se considerar também que a calagem foi feita para elevar V a 50%, já que ambas forrageiras são consideradas espécies tolerantes à acidez do solo (Thomas et al., 1981; Paulino, Anton e Colozza, 1987). Guilherme (1986) ao estudar o efeito da aplicação de calcário calcinado, gesso e misturas de calcário dolomítico calcinado e gesso na cultura do milho, em casa de vegetação, verificou que o calcário dolomítico calcinado isoladamente e a mistura calcário dolomítico e gesso aumentaram os teores de Ca na parte aérea do milho, sendo a calagem feita para elevar o pH dos solos a 6,5. Rodrigues (1992) também observou aumento nos teores de Ca, ao aumentar as doses de gesso, em andropogon.

TABELA 11 Teor e acumulação de cálcio na parte aérea do braquiarião.

| Corte | Correção | Teor (%) | | | | | Acúmulo (mg/vaso) | | | | |
|-------|------------|------------------|----------|-----------|----------|----------|-------------------|---------|--------|--------|---------|
| | | Fontes de P | | | | | Fontes de P | | | | |
| | | -P | FAPS | FAR | ST | TMg | -P | FAPS | FAR | ST | TMg |
| 1º | - cal | — ⁽¹⁾ | 0,48 aA | 0,50 aA | 0,48 aA | 0,43 bA | — ⁽¹⁾ | 18 aB | 24 aB | 27 abB | 54 aA |
| | + cal | — | 0,56 aA | 0,52 aA | 0,56 aA | 0,48 abA | — | 7 bC | 7 bC | 23 bB | 36 bA |
| | + cal/ges. | — | 0,49 aA | 0,53 aA | 0,49 aA | 0,55 aA | — | 16 aC | 10 bC | 32 aB | 48 aA |
| 2º | - cal | — | 0,52 aA | 0,52 aA | 0,44 aAB | 0,40 aB | — | 62 abA | 51 bA | 57 aA | 29 bB |
| | + cal | — | 0,58 aA | 0,50 aAB | 0,41 aC | 0,48 aBC | — | 56 bA | 54 bAB | 51 aAB | 39 bB |
| | + cal/ges. | — | 0,55 aA | 0,54 aA | 0,47 aA | 0,52 aA | — | 73 aAB | 68 aAB | 58 aB | 82 aA |
| 3º | - cal | — | 0,45 aA | 0,38 bA | 0,25 aB | 0,17 bB | — | 51 bA | 23 cBC | 33 aB | 7 bC |
| | + cal | — | 0,48 aA | 0,41 abA | 0,21 aB | 0,20 abB | — | 56 abA | 38 bB | 26 aBC | 14 bC |
| | + cal/ges. | — | 0,51 aA | 0,50 aA | 0,26 aB | 0,28 aB | — | 66 aA | 65 aA | 36 aB | 44 aB |
| 4º | - cal | — | 0,38 bA | 0,34 bAB | 0,30 aC | 0,32 cBC | — | 48 bA | 18 bB | 39 bA | 12 bB |
| | + cal | — | 0,41 abA | 0,38 abAB | 0,33 aC | 0,36 bBC | — | 63 aA | 26 bC | 47 abB | 16 bD |
| | + cal/ges. | — | 0,45 aA | 0,40 aA | 0,33 aB | 0,41 aA | — | 64 aB | 59 aBC | 50 aC | 75 aA |
| 5º | - cal | 0,50 bB | 0,68 aA | 0,57 bB | 0,49 aB | 0,49 aB | 3 aD | 158 aA | 53 bC | 92 bB | 34 bCD |
| | + cal | 0,63 aA | 0,54 bAB | 0,61 bA | 0,51 aB | 0,55 aAB | 6 aC | 146 aA | 68 bB | 136 aA | 50 bB |
| | + cal/ges. | 0,67 aB | 0,65 aBC | 0,77 aA | 0,55 aD | 0,56 aCD | 11 aB | 148 aA | 182 aA | 156 aA | 160 aA |
| 6º | - cal | 0,43 aB | 0,59 aA | 0,42 bB | 0,45 aB | 0,36 aB | 4 aD | 143 aA | 48 bC | 95 bB | 35 bC |
| | + cal | 0,50 aAB | 0,51 bA | 0,45 bABC | 0,40 aBC | 0,38 aC | 9 aD | 130 aA | 61 bC | 90 bB | 44 bC |
| | + cal/ges. | 0,49 aBC | 0,60 aA | 0,58 aAB | 0,45 aC | 0,41 aC | 12 aC | 151 aA | 158 aA | 120 aB | 142 aAB |
| Total | - cal | — | — | — | — | — | 7 aD | 480 abA | 217 bC | 343 bB | 171 bC |
| | + cal | — | — | — | — | — | 15 aD | 458 bA | 254 bC | 373 bB | 199 bC |
| | + cal/ges. | — | — | — | — | — | 23 aC | 518 aA | 542 aA | 452 aB | 551 aA |

⁽¹⁾ Não determinado por falta de material vegetal para análise.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada coluna, dentro de cada corte e maiúscula em cada linha, para cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey 5%).

TABELA 12. Teor e acumulação de cálcio na parte aérea do andropogon.

| Corte | Correção | Teor (%) | | | | | Acúmulo (mg/vaso) | | | | |
|-------|------------|------------------|----------|----------|----------|-----------|-------------------|--------|--------|---------|--------|
| | | Fontes de P | | | | | Fontes de P | | | | |
| | | -P | FAPS | FAR | ST | TMg | -P | FAPS | FAR | ST | TMg |
| 1º | - cal | — ⁽¹⁾ | 0,53 aA | 0,42 bB | 0,56 aA | 0,45 bB | — ⁽¹⁾ | 7 aC | 30 aA | 18 aB | 24 aAB |
| | + cal | — | 0,47 bA | 0,47 aA | 0,49 bA | 0,48 bA | — | 10 aB | 2 bB | 26 aA | 25 aA |
| | + cal/ges. | — | 0,53 aAB | 0,48 aBC | 0,47 bC | 0,54 aA | — | 9 aB | 8 bB | 21 aA | 11 bB |
| 2º | - cal | — | 0,38 aAB | 0,40 aA | 0,36 aAB | 0,34 aB | — | 7 aB | 17 aA | 10 bB | 11 aB |
| | + cal | — | 0,33 aA | 0,32 bA | 0,35 aA | 0,36 aA | — | 11 aA | 5 bB | 15 aA | 14 aA |
| | + cal/ges. | — | 0,35 aA | 0,31 bA | 0,34 aA | 0,32 aA | — | 11 aAB | 7 bB | 12 abA | 10 aAB |
| 3º | - cal | — | 0,39 bB | 0,32 aC | 0,43 aAB | 0,48 aA | — | 29 aA | 23 aA | 30 bA | 27 bA |
| | + cal | — | 0,41 bB | 0,30 aC | 0,47 aAB | 0,52 aA | — | 32 aB | 21 aC | 44 aA | 31 bBC |
| | + cal/ges. | — | 0,48 aAB | 0,31 aC | 0,44 aB | 0,52 aA | — | 28 aBC | 21 aC | 35 abB | 48 aA |
| 4º | - cal | — | 0,52 aAB | 0,56 aA | 0,50 aB | 0,56 aA | — | 74 aA | 48 aBC | 65 aAB | 37 bC |
| | + cal | — | 0,52 aA | 0,54 aA | 0,54 aA | 0,57 aA | — | 67 aA | 60 aA | 67 aA | 44 bA |
| | + cal/ges. | — | 0,56 aA | 0,55 aA | 0,53 aA | 0,58 aA | — | 66 aAB | 63 aB | 66 aAB | 90 aA |
| 5º | - cal | 0,56 aB | 0,65 aA | 0,57 aB | 0,44 aC | 0,48 bC | 4 aD | 113 aA | 39 C | 64 aB | 29 bC |
| | + cal | 0,56 aA | 0,57 bA | 0,57 aA | 0,45 aB | 0,53 abAB | 4 aD | 90 bA | 52 bB | 68 aB | 30 bC |
| | + cal/ges. | 0,61 aA | 0,55 bA | 0,57 aA | 0,47 aB | 0,57 aA | 5 aC | 76 bB | 91 aB | 72 aB | 114 aA |
| 6º | - cal | 0,46 aC | 0,60 bA | 0,56 aAB | 0,50 aBC | 0,47 cC | 14 aE | 223 aA | 110 bC | 176 bB | 71 bD |
| | + cal | 0,48 aA | 0,54 bA | 0,55 aA | 0,56 aA | 0,55 bA | 15 aC | 217 aA | 112 bB | 194 bA | 79 bB |
| | + cal/ges. | 0,49 aB | 0,63 aA | 0,58 aA | 0,57 aAB | 0,64 aA | 12 aB | 233 aA | 243 aA | 235 aA | 261 aA |
| Total | - cal | — | — | — | — | — | 18 aD | 453 aA | 267 bC | 363 bB | 199 bC |
| | + cal | — | — | — | — | — | 19 aC | 427 aA | 252 bB | 414 abA | 223 bB |
| | + cal/ges. | — | — | — | — | — | 17 aC | 423 aB | 433 aB | 441 aB | 534 aA |

⁽¹⁾ Não determinado por falta de material vegetal para análise.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada coluna, dentro de cada corte e maiúscula em cada linha, para cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey 5%).

Quando o P não foi aplicado, os teores de Ca foram altos, independente do tratamento de correção utilizado (Tabelas 11 e 12), devido ao efeito de concentração de Ca, dada a diminuição do crescimento das plantas, causado pela carência de P.

Considerando 0,37 e 0,23% de Ca na matéria seca da parte aérea, como níveis críticos para a obtenção de 80% da produção máxima do braquiário e do andropogon, respectivamente (CIAT, 1982), verifica-se que os valores de Ca encontrados na parte aérea de ambas forrageiras, de forma geral, atenderiam às exigências das plantas, bem como dos bovinos em pastejo, visto ser a exigência dos mesmos de 0,18% de Ca (National Research Council, 1976).

Quanto ao acúmulo total de Ca, os maiores valores foram encontrados nos tratamentos que apresentaram maior produção de matéria seca da parte aérea, sendo a combinação TMg na presença de calagem/gessagem (+cal/ges), aquela que proporcionou maior acúmulo de Ca na parte aérea do andropogon, enquanto que para o braquiário, o FAPS e o FAr na presença de calagem/gessagem também apresentaram acúmulos de Ca elevados (Tabelas 11 e 12). Já os menores acúmulos totais de Ca foram observados naqueles tratamentos que tiveram seu crescimento reduzido, o que ocorreu principalmente quando o P não foi aplicado (-P) e naqueles que apresentaram deficiência de S (FAr e TMg nas correções -cal e +cal) (Tabelas 11 e 12). Assim, os acúmulos de Ca foram mais influenciados pela produção de matéria seca das forrageiras do que propriamente pelos teores de Ca nos tecidos das mesmas.

4.3.4 Magnésio

Os teores e acúmulos de Mg na parte aérea do braquiarião e do andropogon para os seis cortes realizados e total dos cortes são mostrados, respectivamente, nas Tabelas 13 e 14, cujas análises de variância são apresentadas nos Apêndices 15, 16 e 17.

Os maiores teores de Mg foram encontrados no TMg, independente do tratamento de correção utilizado, tanto para o braquiarião quanto para o andropogon (Tabelas 13 e 14), o que se deve à presença de MgO neste adubo fosfatado (Tabela 2), sendo que mesmo na ausência de calagem (-cal), os teores de Mg no solo tenderam a aumentar quando o TMg foi aplicado (Tabela 3), contribuindo assim para um incremento na disponibilidade e na absorção deste nutriente pelas plantas.

A utilização de calagem (+cal) e calagem/gessagem (+cal/ges) promoveram aumentos nos teores de Mg na parte aérea das forrageiras (Tabela 13 e 14), sendo mais evidente no braquiarião a partir do 3º corte. Comportamento semelhante foi verificado por Guilherme (1986), ao aplicar calcário dolomítico calcinado em milho, e também por Rodrigues (1992), combinando calcário dolomítico e gesso, para o andropogon. A ocorrência de maiores teores de Mg nesses tratamentos se deve à presença de MgO no calcário dolomítico (Tabela 2).

Quando o P não foi aplicado, os teores de Mg na parte aérea de ambas forrageiras foram relativamente altos, mesmo na ausência de calagem (Tabelas 13 e 14). Teores de Mg abaixo de 0,24 e 0,13%, respectivamente, para o braquiarião e o andropogon, os quais foram os teores encontrados nos tecidos destas forrageiras por Toledo, citado por Paulino, Anton e Colozza (1987), foram observados apenas nos últimos três cortes do braquiarião, para o FAPS e ST na ausência de calagem (-cal) (Tabelas 13 e 14). Atribui-se este fato a um possível efeito de diluição,

TABELA 13. Teor e acumulação de magnésio na parte aérea do braquiário.

| Corte | Correção | Teor (%) | | | | | Acúmulo (mg/vaso) | | | | |
|-------|------------|------------------|---------|----------|----------|---------|-------------------|---------|--------|--------|--------|
| | | Fontes de P | | | | | Fontes de P | | | | |
| | | -P | FAPS | FAr | ST | TMg | -P | FAPS | FAr | ST | TMg |
| 1º | - cal | — ⁽¹⁾ | 0,36 aB | 0,38 aB | 0,37 aB | 0,59 aA | — ⁽¹⁾ | 13 aB | 18 aB | 21 aB | 73 aA |
| | + cal | — | 0,41 aB | 0,40 aB | 0,44 aAB | 0,51 bA | — | 5 aC | 6 bC | 18 aB | 38 bA |
| | + cal/ges. | — | 0,37 aB | 0,35 aB | 0,38 aB | 0,50 bA | — | 12 aC | 7 bC | 25 aB | 44 bA |
| 2º | - cal | — | 0,35 bB | 0,43 aB | 0,36 aB | 0,74 aA | — | 41 bA | 42 aA | 52 aA | 49 bA |
| | + cal | — | 0,48 aB | 0,48 aB | 0,42 aB | 0,63 aA | — | 47 abA | 52 aA | 53 aA | 53 bA |
| | + cal/ges. | — | 0,49 aB | 0,45 aB | 0,46 aB | 0,72 aA | — | 65 aB | 57 aB | 57 aB | 114 aA |
| 3º | - cal | — | 0,35 bB | 0,41 bB | 0,38 bB | 0,58 bA | — | 39 bAB | 25 cB | 50 bA | 25 bB |
| | + cal | — | 0,57 aA | 0,55 aA | 0,54 aA | 0,63 bA | — | 67 aA | 52 bAB | 71 aA | 41 bB |
| | + cal/ges. | — | 0,55 aB | 0,56 aB | 0,51 aB | 0,77 aA | — | 73 aB | 74 aB | 71 aB | 122 aA |
| 4º | - cal | — | 0,24 bB | 0,28 bB | 0,23 bB | 0,45 bA | — | 31 bA | 15 cB | 31 bA | 16 bB |
| | + cal | — | 0,42 aB | 0,36 aC | 0,37 aBC | 0,49 bA | — | 65 aA | 25 bC | 53 aB | 22 bC |
| | + cal/ges. | — | 0,40 aB | 0,36 aB | 0,35 aB | 0,62 aA | — | 57 aB | 53 aB | 53 aB | 116 aA |
| 5º | - cal | 0,29 bB | 0,18 cC | 0,24 cBC | 0,21 cC | 0,59 cA | 2 aB | 43 bA | 22 bAB | 40 bA | 41 bA |
| | + cal | 0,36 aB | 0,39 bB | 0,36 bB | 0,41 bB | 0,70 bA | 4 aC | 107 aA | 40 bB | 111 aA | 64 bB |
| | + cal/ges. | 0,39 aC | 0,45 aB | 0,43 aBC | 0,46 aB | 0,85 aA | 6 aD | 103 aBC | 102 aC | 130 aB | 241 aA |
| 6º | - cal | 0,37 aA | 0,19 bB | 0,23 bB | 0,19 bB | 0,44 bA | 4 aB | 46 bA | 26 cAB | 41 bA | 42 bA |
| | + cal | 0,35 aB | 0,34 aB | 0,36 aB | 0,29 aB | 0,48 bA | 6 aC | 88 aA | 49 bB | 65 aAB | 56 bB |
| | + cal/ges. | 0,39 aB | 0,39 aB | 0,36 aBC | 0,31 aC | 0,58 aA | 10 aC | 97 aB | 100 aB | 83 aB | 198 aA |
| Total | - cal | — | — | — | — | — | 6 aC | 213 bA | 148 cB | 235 cA | 246 bA |
| | + cal | — | — | — | — | — | 10 aD | 379 aA | 224 bC | 371 bA | 274 bB |
| | + cal/ges. | — | — | — | — | — | 16 aC | 407 aB | 393 aB | 419 aB | 835 aA |

⁽¹⁾ Não determinado por falta de material vegetal para análise.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada coluna, dentro de cada corte e maiúscula em cada linha, para cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey 5%).

TABELA 14. Teor e acumulação de magnésio na parte aérea do andropogon

| Corte | Correção | Teor (%) | | | | | Acúmulo (mg/vaso) | | | | |
|-------|------------|------------------|----------|----------|----------|----------|-------------------|---------|--------|---------|--------|
| | | Fontes de P | | | | | Fontes de P | | | | |
| | | -P | FAPS | FAR | ST | TMg | -P | FAPS | FAR | ST | TMg |
| 1º | - cal | — ⁽¹⁾ | 0,22 aC | 0,28 aB | 0,25 aBC | 0,32 aA | — ⁽¹⁾ | 3 aB | 20 aA | 8 aB | 17 aA |
| | + cal | — | 0,19 aC | 0,23 bB | 0,25 aB | 0,33 aA | — | 4 aB | 1 bB | 13 aA | 18 aA |
| | + cal/ges. | — | 0,22 aB | 0,20 bB | 0,21 aB | 0,30 aA | — | 4 aB | 4 bB | 10 aA | 6 bAB |
| 2º | - cal | — | 0,20 aB | 0,24 aB | 0,21 bB | 0,29 aA | — | 4 aC | 10 aA | 6 bBC | 9 aAB |
| | + cal | — | 0,19 aC | 0,22 abB | 0,25 aB | 0,32 aA | — | 6 aB | 4 bB | 11 aA | 12 aA |
| | + cal/ges. | — | 0,21 aB | 0,19 bB | 0,22 abB | 0,29 aA | — | 6 aAB | 5 bB | 8 abAB | 10 aA |
| 3º | - cal | — | 0,21 aBC | 0,17 aC | 0,23 bB | 0,42 abA | — | 16 aB | 13 aB | 16 bB | 24 bA |
| | + cal | — | 0,23 aC | 0,19 aC | 0,29 aB | 0,46 aA | — | 18 aB | 13 aB | 28 aA | 26 bA |
| | + cal/ges. | — | 0,25 aB | 0,18 aC | 0,26 abB | 0,38 bA | — | 15 aBC | 12 aC | 20 bB | 35 aA |
| 4º | - cal | — | 0,22 bC | 0,27 bB | 0,23 bC | 0,49 bA | — | 30 aA | 22 bA | 30 aA | 33 bA |
| | + cal | — | 0,25 aC | 0,32 aB | 0,30 aB | 0,53 aA | — | 33 aA | 36 aA | 37 aA | 41 bA |
| | + cal/ges. | — | 0,26 aB | 0,26 bB | 0,27 aB | 0,44 cA | — | 31 aB | 30 abB | 34 aB | 68 aA |
| 5º | - cal | 0,27 abB | 0,28 aB | 0,26 bB | 0,15 bC | 0,35 bA | 2 aC | 49 aA | 18 cB | 22 aB | 21 bB |
| | + cal | 0,24 bC | 0,29 aB | 0,31 aB | 0,19 aD | 0,40 aA | 2 aC | 46 aA | 28 bB | 28 aB | 23 bB |
| | + cal/ges. | 0,28 aB | 0,24 bC | 0,29 abB | 0,18 abD | 0,38 abA | 2 aD | 34 bC | 46 aB | 28 aC | 77 aA |
| 6º | - cal | 0,25 aB | 0,16 bD | 0,23 aBC | 0,19 bCD | 0,46 aA | 7 aC | 59 bAB | 45 bB | 67 bA | 70 bA |
| | + cal | 0,21 aC | 0,22 aC | 0,26 aBC | 0,28 aB | 0,49 aA | 6 aD | 89 aAB | 54 bC | 98 aA | 72 bBC |
| | + cal/ges. | 0,22 aB | 0,26 aB | 0,24 aB | 0,27 aB | 0,47 aA | 6 aC | 97 aB | 95 aB | 110 aB | 191 aA |
| Total | - cal | — | — | — | — | — | 9 aD | 161 bAB | 128 bC | 149 bBC | 174 bA |
| | + cal | — | — | — | — | — | 8 aC | 196 aA | 136 bB | 215 aA | 192 bA |
| | + cal/ges. | — | — | — | — | — | 8 aC | 187 aB | 192 aB | 210 aB | 387 aA |

⁽¹⁾ Não determinado por falta de material vegetal para análise.

Médias seguidas pela mesma letra minúscula em cada coluna, dentro de cada corte e maiúscula em cada linha, para cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey 5%).

devido à maior produção de matéria seca, quando da aplicação destas fontes de P, cujas plantas não apresentaram deficiência de S; e à diminuição da disponibilidade de Mg no solo pelas extrações com os cortes sucessivos, visto a sua não aplicação ao solo no tratamento -cal e pelas fontes de P citadas.

Assim como ocorreu para S e Ca, os teores de Mg encontrados para ambas forrageiras atenderiam as necessidades tanto dos bovinos em pastejo, quanto das vacas em lactação, as quais estão em torno de 0,04 e 0,18% de Mg, respectivamente, na matéria seca da forragem (National Research Council, 1976). Neptune (1986) destacou a importância do Mg para as forrageiras, em relação à nutrição animal, principalmente das vacas leiteiras que têm maior exigência em Mg, que ao se alimentarem de plantas deficientes em Mg poderão ser acometidas de um distúrbio conhecido como tetania das pastagens.

Os maiores acúmulos totais de Mg foram encontrados no TMg na presença de calagem/gessagem (Tabelas 13 e 14) para ambas forrageiras, o que se deve à elevada produção de matéria seca da parte aérea aliado aos altos teores de Mg verificados neste tratamento. Com relação aos menores acúmulos totais de Mg, estes ocorreram nos tratamentos que não receberam P (-P), e que portanto tiveram redução no crescimento.

De maneira geral, o braquiarião tendeu a acumular mais Mg do que o andropogon, o que também foi verificado por Morikawa (1993). Estes maiores acúmulos de Mg no braquiarião são atribuídos às maiores produções de matéria seca da parte aérea, e também aos maiores teores deste nutriente encontrados para esta forrageira.

4.4 Índices de Eficiência Agronômica (IEA) das fontes de P utilizadas

Os Índices de Eficiência Agronômica das fontes de P para o braquiarião e o andropogon, baseados na produção total de matéria seca da parte aérea (IEA-MS) e no acúmulo total de P (IEA-AP) são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 15 e 16, tomando-se o ST como fonte de referência para comparação com os demais fosfatos.

Pela Tabela 15, verifica-se que os menores valores de IEA-MS foram encontrados no FAR e no TMg, na ausência (-cal) e presença (+cal) de calagem, para ambas forrageiras, o que ocorreu devido à deficiência de S, limitando a produção de matéria seca nestes tratamentos, visto que para o FAPS, que apresenta S em sua composição, este comportamento não foi verificado. No entanto, quando foi feita calagem associada à gessagem (+cal/ges), estas fontes de P tiveram sua eficiência aumentada, principalmente o TMg que apresentou maiores valores de IEA-MS, comparativamente a outras fontes de P, tanto para o braquiarião quanto para o andropogon. Sanzonowicz, Lobato e Goedert (1987) ao estudarem o efeito residual de cinco fontes de fósforo na presença de três doses de calcário, em Latossolo Vermelho-Escuro, verificaram que, em termos de produção de matéria seca da braquiária, o superfosfato simples e o termofosfato (Yoorin) foram as fontes que apresentaram maiores índices de eficiência agronômica, seguidos dos fosfatos naturais de Gafsa, Carolina do Norte e Araxá.

Em virtude da elevada dose de P aplicada (200 mg P/kg de solo), e quando não houve problemas de deficiência de S nas forrageiras, os valores de IEA foram elevados, principalmente para o FAR, que geralmente apresenta menor IEA, devido à baixa solubilidade deste fosfato. Comportamento semelhante foi observado por Sanzonowicz, Lobato e Goedert (1987), os quais verificaram um aumento de 1 para 88% no IEA do fosfato natural de Araxá, ao aumentarem a

TABELA 15. Índice de eficiência agrônômica (IEA)⁽¹⁾ para fontes de fósforo, na dose de 200 mg P/kg de solo, na ausência (-cal) e presença (+cal) de calagem e calagem/gessagem (+cal/ges), para o braquiarião e o andropogon, baseado na produção total de matéria seca da parte aérea.

| Fontes de P | Braquiarião | | | % | Andropogon | | |
|-------------|-------------|-------|------------|---|------------|-------|------------|
| | Correção | | | | Correção | | |
| | - cal | + cal | + cal/ges. | | - cal | + cal | + cal/ges. |
| FAPS | 100 | 98 | 89 | | 106 | 102 | 86 |
| FAr | 52 | 55 | 91 | | 69 | 59 | 93 |
| ST | 100 | 100 | 100 | | 100 | 100 | 100 |
| TMg | 49 | 48 | 119 | | 53 | 50 | 108 |

$$^{(1)} \text{IEA} = \frac{\text{Produção de MS total no tratamento} - \text{Produção de MS na testemunha}}{\text{Produção de MS no ST} - \text{Produção de MS na testemunha}} \times 100$$

TABELA 16. Índice de eficiência agrônômica (IEA)⁽¹⁾ para fontes de fósforo, na dose de 200 mg P/kg de solo, na ausência (-cal) e presença (+cal) de calagem e calagem/gessagem (+cal/ges), para o braquiarião e o andropogon, baseado no acúmulo total de fósforo.

| Fontes de P | Braquiarião | | | % | Andropogon | | |
|-------------|-------------|-------|------------|---|------------|-------|------------|
| | Correção | | | | Correção | | |
| | - cal | + cal | + cal/ges. | | - cal | + cal | + cal/ges. |
| FAPS | 81 | 83 | 96 | | 87 | 82 | 83 |
| FAr | 99 | 90 | 96 | | 135 | 87 | 86 |
| ST | 100 | 100 | 100 | | 100 | 100 | 100 |
| TMg | 125 | 137 | 132 | | 153 | 157 | 153 |

$$^{(1)} \text{IEA} = \frac{\text{P acumulado no tratamento} - \text{P acumulado na testemunha}}{\text{P acumulado no ST} - \text{P acumulado na testemunha}} \times 100$$

dose de P de 38 para 600 kg de P/ha. Segundo estes autores um IEA de 61%, obtido com a dose de 150 kg P/ha, é um índice importante para cálculos econômicos sobre a viabilidade do uso dessa fonte de fósforo.

Assim, a utilização do FAr associado à gessagem, constitui-se numa boa alternativa na adubação de pastagens, pois além dos aspectos agrônômicos, os aspectos econômicos devem ser levados em consideração, na escolha de um ou outro fertilizante fosfatado. Contudo, de acordo com Sanzonowicz e Goedert (1986), embora a viabilidade econômica seja específica para cada caso, o preço (a nível de propriedade rural) da unidade de P total na forma de fosfato natural deverá ser inferior à metade do preço da unidade de P total na forma de uma fonte solúvel (por exemplo, superfosfato).

Entretanto, os valores de IEA em termos da quantidade de P extraído, ou seja, baseando-se no acúmulo total de P nos seis cortes realizados nas forrageiras (IEA-AP), diferem daqueles obtidos com a produção de matéria seca (IEA-MS) (Tabela 16). Um exemplo disto é o FAr e, principalmente, o TMg, que na ausência (-cal) e presença (+cal) de calagem, apresentaram valores de IEA bem superiores aos anteriormente registrados (Tabela 15), indicando que apesar do crescimento das forrageiras ter sido afetado, a absorção de P não foi. No caso específico do TMg, isto pode ser explicado pela presença de silicato de magnésio que agiria na diminuição de "fixação" de P, bem como ao Mg que tem um efeito sinérgico na absorção de P. Resultados semelhantes foram obtidos por Goedert e Lobato (1984), os quais verificaram a superioridade do termofosfato magnésiano em relação ao superfosfato triplo, obtendo um IEA de 142% quando aplicaram 88 kg de P/ha, na forma de termofosfato magnésiano, para o andropogon.

Com relação ao FAr, os elevados valores de IEA-AP se devem à elevada dose de P aplicada, o que também é corroborado por Sanzonowicz, Lobato e Goedert (1987) que

verificaram aumento do IEA do fosfato natural de Araxá para a braquiária, com o aumento das doses de P utilizadas.

Dentro da correção calagem/gessagem (+cal/ges), o TMg superou as demais fontes quanto ao IEA-AP (Tabela 16), para ambas forrageiras, semelhantemente ao ocorrido para o IEA baseado na produção de matéria seca da parte aérea (IEA-MS) (Tabela 15), sendo que as demais fontes de P também comportaram-se da mesma forma, indicando que a validade da utilização de um ou outro IEA está associada ao fornecimento adequado de nutrientes às plantas, sem que haja qualquer limitação que impeça atingir elevadas produções, tal como ocorreu com as fontes de P que não apresentam S em sua composição (FAR e TMg), na ausência (-cal) e presença (+cal) de calagem.

Desta forma, os IEA obtidos na presença de calagem/gessagem (+cal/ges) parecem ser os parâmetros agronômicos mais apropriados na escolha de uma ou outra fonte de P, podendo as fontes serem assim relacionadas em ordem decrescente de eficiência: Termofosfato Magnesiano, Superfosfato Triplo, Fosfato de Araxá e FAPS, para ambas forrageiras. Contudo, há de se ressaltar que seria necessário a continuação destes estudos a nível de campo, a fim de confirmar os resultados obtidos.

5 CONCLUSÕES

O solo estudado apresenta limitações severas de P e em menor grau de S, e a adubação com estes nutrientes é imprescindível para o estabelecimento e produção das forrageiras.

A calagem mostrou-se importante como fonte de Mg, aumentou a mineralização do S orgânico e não influenciou a eficiência das fontes de P.

As fontes de P atuaram também como fontes de Ca, não sendo esperado este efeito sob condições de campo, onde as doses aplicadas são menores; podendo-se dizer o mesmo para o ST com relação ao S. Neste caso, a calagem torna-se importante também como fonte de Ca.

Na ausência da aplicação do gesso nos tratamentos de correção (-cal e +cal), o FAr e o TMg proporcionaram produções de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular menores que o FAPS e o ST, que apresentam S em suas composições.

A presença do gesso no tratamento de correção (+cal/ges) elevou os níveis de S no solo, corrigindo a deficiência deste nutriente das plantas e nestas condições, as fontes de P apresentaram a seguinte ordem de eficiência agrônômica: $TMg > ST > FAr \cong FAPS$. O TMg mostrou-se uma excelente fonte de P e de Mg, beneficiando-se da presença de silicato em sua composição.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas.** São Paulo: ANDA, 1992. 26p. (Boletim Técnico, 6).
- BARBOSA FILHO, M.P.; KINJO, T.; MURAOKA, T. Relações entre fósforo "extraível", frações inorgânicas de fósforo e crescimento do arroz em função de fontes de fósforo, calagem e tempo de incubação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.11, n.2, p.147-155, maio/ago. 1987.
- BATES, T.E. Factors affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation: a review. *Soil Science*, Baltimore, v.112, n.2, p.116-130, 1971.
- BISSANI, C.A.; TEDESCO, M.J. O enxofre no solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17; ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1986. *Anais do Simpósio...* Londrina: EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988. p.11-27.
- BLANCHARD, R.N.; REHM, G.; CALDWELL, A.C. Sulfur in plant material digestion with nitric and perchloric acids. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.29, n.1, p.71-72, Jan./Feb. 1965.
- BLANCO, H.G.; VENTURINI, W.R.; GARGANTINI, H. Comportamento de fertilizantes fosfatados em diferentes condições de acidez do solo para trigo com estudo do efeito residual para soja. *Bragantia*, Campinas, v.24, p.261-279, 1965.
- BORTOLINI, C.A.; FAQUIN, V.; MARQUES, E.S.; PASSOS, R.R.; MENEGATTI, S.; WERNEK JÚNIOR, M.R.; VILLA, M.R. Respostas do braquiário (*Brachiaria brizantha*) cultivado em Latossolo dos Campos das Vertentes (MG) às aplicações de N, K, S e calcário. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21, Petrolina, 1994. *Anais...* Petrolina: SBCS/EMBRAPA-CPATSA, 1994. p.106-107.
- BRAGA, N.R.; MASCARENHAS, H.A.A.; FEITOSA, C.T.; RAIJ, B. van Efeitos de fosfatos sobre o crescimento de produção de soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.4, n.1, p.36-39, jan./abr. 1980.

- BRAGANÇA, J.B. Solubilização do fosfato de Araxá, em diferentes tempos de incubação, em um solo com diversos níveis de alumínio trocável. Viçosa: UFV, 1979. 69p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- BRASIL Ministério da Agricultura. Escritório de Meteorologia. Normais Climatológicas (Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Guanabara). Rio de Janeiro, 1969. v.3, 98p.
- CANTARUTTI, R.B. Época de aplicação de fosfato natural, em relação à calagem, num solo com elevado teor de alumínio trocável. Viçosa: UFV, 1980. 44p. (Tese - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- CANTARUTTI, R.B.; BRAGA, J.M.; NOVAIS, R.F.; THIEBAUT, J.T.L. Época de aplicação de fosfato natural em relação à calagem num solo com elevado teor de alumínio trocável. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.5, n.2, p.129-133, maio/ago. 1981.
- CARVALHO, M.M. de. Melhoramento da produtividade das pastagens através da adubação. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.11, n. 132, p.23-32, dez. 1985.
- CARVALHO, M.M.; BOTREL, M. de A., CRUZ FILHO, A.B. da. Estudo exploratório de um Latossolo Vermelho-Amarelo da Zona dos Campos das Vertentes, MG. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.21, n.2, p.320-328, 1992.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Fertilidade del suelos y nutricion de plantas. In: _____. *Programa de pastos tropicales*. Cali, 1981. p.57-68 (Informe anual CIAT, 1980).
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Fertilidade del suelo y nutricion de la planta. In: _____. *Programa de pastos tropicales*. Cali, 1982. p.171-194. (Informe anual CIAT, 1981).
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Nutricion mineral de plantas forrageras. In: _____. *Programa de ganado de carne*. Cali, 1978. p.A61-65. (Informe anual CIAT, 1977).
- CHANG, S.C.; JACKSON, M. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Science*, Baltimore, v.84, n.1, p.133-144, 1957.
- CORRÊA, L. de A. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de *Brachiaria decumbens* Stapf., *Brachiaria brizantha* (Hochst.) Stapf. cv. Marandu e *Panicum maximum* Jacq., em Latossolo Vermelho Amarelo, álico. Piracicaba: ESALQ, 1991. 83p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

- COSTA, N.L., PAULINO, V.T., CARDELLI, M.A., OLIVEIRA, J.R.C., RODRIGUES, A.N.A. Efeito de fontes e doses de fósforo sobre a produção de forragem de *Andropogon gayanus* cv Planaltina In REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20, Piracicaba, 1992 Anais. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992 p 314-315
- CURI, N. **Relação solo-pastagens na região dos Campos das Vertentes (MG)**. Lavras, 1991 28p (Relatório apresentado ao CNPq)
- DIAS, L.E. **Dinâmica de formas de enxofre e de cátions trocáveis em colunas de solo tratadas com diferentes doses de fósforo e de gesso**. Viçosa: UFV, 1992 147p. (Tese Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- DIAS FILHO, M.B., SIMÃO NETO, M. Eficiências agrônômica e econômica de um fosfato parcialmente acidulado em *Brachiaria brizantha* cv Marandu, em solo de floresta na Amazônia **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.3, p.395-401, mar. 1992
- DRAKE, M., STECKEL, J.E. Solubilization of soil and rockphosphate as related to root cation exchange capacity **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.19, p.484-487, 1955
- ELKINS, D.M., ENSMINGER, L.E. Effect of soil pH on the availability of adsorbed sulfate. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v 35, n.6, p.931-934, Nov./Dec 1971
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados **Relatório Técnico Anual**. Planaltina, 1976. 150p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro, 1979. n.p.
- ERNANI, P.R. Alterações em algumas características químicas na camada arável do solo pela aplicação de gesso agrícola sobre a superfície de campos nativos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v 10, n.3, p.241-245, set./dez. 1986.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994. 227p.
- FASSBENDER, H.W. **Química de suelos**. San José: IICA, 1982. 422p.
- FEITOSA, C.T., RAIJ, B. van, DECHEN, A.R., ALCARDE, J.C. Determinação preliminar da eficiência relativa de fosfatos, para trigo, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.2, n.3, p.193-195, set./dez. 1978.

- FENSTER, W E , LEON, L A Utilization of phosphate rock in tropical soils of Latin America. In INTERNATIONAL FERTILIZER DEVELOPMENT CENTER **Seminar on phosphate rock for direct application**, Haifa, Israel, 1978. p.174-210.
- FONSECA, D.M da **Níveis críticos de fósforo em amostras de solos para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa***. Viçosa. UFV, 1987 146p. (Tese - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- FREIRE, J C , RIBEIRO, M A V , BAHIA, V.G., LOPES, A.S., AQUINO, L.H de. Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras, MG **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v 4, n.1, p.5-8, jan./abr 1980.
- GOEDERT, W.J., LOBATO, E Avaliação agrônômica de fosfatos em solo de cerrado **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, n.1, p.97-102, jan./abr 1984.
- GOEDERT, W.J., LOBATO, E Eficiência agrônômica de fosfatos em solo de cerrado **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.15, n.3, p.311-318, jul. 1980.
- GOEDERT, W.J., REIN, T A , SOUZA, D.M.G. de. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais, fosfato parcialmente acidulado e termofosfato em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v 25, n 4, p 521-530, abr 1990
- GOEDERT, W.J., RITCHEY, K.D , SANZONOWICZ, C Desenvolvimento radicular do capim-andropogon e sua relação com o teor de cálcio no perfil do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas. v 9, n.1, p.89-91, jan./abr 1985
- GOEDERT, W.J., SOUZA, D.M.G. Uso eficiente de fertilizantes fosfatados In SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984 **Anais...** Brasília: EMBRAPA-DEP, 1984 p.255-289.
- GOMES, F P **Curso de estatística experimental**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1985 466p.
- GUARDANI, R., VALLARELLI, J.V Fosfato de Patos de Minas, estudos experimentais para sua utilização na indústria de fertilizantes. **Fertilizantes**, São Paulo, v.6, n.1, p.1-10, 1984
- GUILHERME, M.R. **Efeitos da aplicação de calcário calcinado, gesso e misturas de calcário dolomítico calcinado e gesso em culturas de interesse econômico**. Piracicaba. ESALQ, 1986. 56p. (Tese - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- HAYNES, R.J. Effect of lime and phosphate applications on the adsorption of phosphate, sulfate and molybdate by a Spodosol. **Soil Science**, Baltimore, v 135, n.4, p.221-227, Apr 1983
- JACKSON, M.L. **Análise química de suelos**. 2.ed. Barcelona: Omega, 1970. 66p.

- JARREL, W M., BEVERLY, R.B The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances in Agronomy**, New York, v 34, p.197-224, 1981
- KAMINSKI, J **Efeito de cinco fosfatos pré-, co- e pós-aplicados ao calcário no suprimento de fósforo ao sorgo (*Sorghum bicolor*(L.) Moench - cv. Contibrasil), em três solos ácidos.** Piracicaba: ESALQ, 1983 126p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- KAMINSKI, J., FERREIRA, T N Substituição de P_2O_5 solúvel em água por P_2O_5 de fosfato natural em mistura de fertilizantes. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v 8, n.4, p.313-325, dez 1978
- KAMINSKI, J., MELLO, F A F Época de aplicação de fosfatos em relação ao calcário no suprimento de fósforo ao sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, n.3, p.297-300, set./dez. 1984
- KAMPRATH, E.J Phosphorus fixation and availability in highly weathered soils. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO bases para a utilização agropecuária, 4, Brasília, 1976. **Anais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1977 p.333-47
- KHASAWNEH, F.E , DOLL, E.C The use of phosphate rock for direct application to soils. **Advances in Agronomy**. New York, v 30, p.159-206. 1978.
- KORNDORFER, G.H **Capacidade de fosfatos naturais e artificiais fornecerem fósforo para plantas de trigo.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1978 61p (Teses e Monografias, 7/Tese - Mestrado em Solos).
- LEAL, J.R., VELLOSO, A.C X. Dessorção do fosfato adsorvido em Latossolos sob vegetação de cerrado. II. Reversibilidade da isoterma de adsorção de fosfato em relação ao pH da solução em equilíbrio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Agronomia, Rio de Janeiro, v.8, n.7 p.89-92, 1973
- LEITE, V.B. de O., MONTEIRO, F.A., WERNER, J.C., CARRIEL, J.M., LIEM, T.H. Uso de gesso combinado com fontes de fósforo, na consorciação colômbio e siratro cultivados em solos de cerrado. **Zootecnia**, Nova Odessa, v.23, n.3, p.263-294, jul./set. 1985.
- LEITE, V.B. de O., MONTEIRO, F.A., WERNER, J.C., MATTOS, H.B. de; LIEM, T H Utilização de gesso e da associação fosfato natural + gesso em capim colômbio cultivado em solo de cerrado. **Zootecnia**, Nova Odessa, v.24, n.3, p.319-348, jul./set. 1986.
- LOBATO, E., KORNELIUS, E., SANZONOWICZ, C. Adubação fosfatada em pastagens. In: MATTOS, H.B., WERNER, J.C., YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. **Calagem e adubação de pastagens**. Piracicaba: POTAFOS, 1986. p.145-174.

- LOPES, A.S. GUILHERME, L.R.G Fertilizantes e corretivos agrícolas: sugestões de manejo para uso eficiente In REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20, ADUBAÇÃO PRODUTIVIDADE E ECOLOGIA, Piracicaba, 1992 Anais dos Simpósios... Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.39-69
- LOPES, A.S VASCONCELOS, C A. NOVAIS, R.F de. Adubação fosfatada em algumas culturas nos Estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. In: OLIVEIRA, A.J de; LOURENÇO, S. GOEDERT, W.J.(eds.) Adubação fosfatada no Brasil. Brasília. EMBRAPA-DID, 1982 p 137-200
- MACEDO, W Fontes e níveis de fósforo na adubação de forrageiras em diferentes tipos de solos. I. Produção de matéria seca. Bagé: EMBRAPA/UEPAE, 1985. 41p. (Boletim de Pesquisa, 2)
- McLEAN, E.O., LOGAN, T S Sources of phosphorus for plants grown in soils with differing phosphorus fixation tendencies Soil Science Society of American Proceedings, Madison, v.34, n.6, p.907-911, Nov /Dec 1970
- MALAVOLTA, E Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980 251p
- MALAVOLTA, E O gesso agrícola no ambiente e na nutrição de plantas - perguntas e respostas In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992 Anais... Uberaba: IBRAFOS. 1992 p.41-66.
- MALAVOLTA, E. VITTI, G.C ALCARDE, J.C., ROSELEM, C A., FORNASIERI FILHO, D Aproveitamento de um fosfato natural parcialmente solubilizado pelas culturas do arroz, milho e soja. I. Resultados preliminares. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, v.38, p.801-818, 1981.
- MALAVOLTA, E, VITTI, G.C, OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.
- MATOCHA, J.E Influence of sulfur sources and magnesium on forage yields of Coastal Bermuda grass (*Cynodon dactylon* L.Pers.). Agronomy Journal, Madison, v.63, n 3, p.493-496. May/June 1971
- MENGEL, K., KIRKBY, E.A. Calcium. In. ____ Principles of plant nutrition. 4.ed. Bern International Potash Institute, 1987 Cap. 11, p.455-480
- MONTEIRO, F.A., CARRIEL, J.M. Aplicação de níveis de enxofre na forma de gesso para o cultivo de capim colômbio em dois solos arenosos do Estado de São Paulo. Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa, v.44, n.2, p.335-347, jul./dez. 1987.

- MORIKAWA, C.K. Limitações nutricionais para o andropogon (*Andropogon gayanus*) e braquiário (*Brachiaria brizantha*) em Latossolo da região dos Campos das Vertentes - MG. Lavras: ESAL, 1993. 136p. (Tese - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of beef cattle. Washington: National Academic of Science, 1976. 56p.
- NEPTUNE, A.M.L. O magnésio como nutriente para as culturas. In: SEMINÁRIO FÓSFORO, CÁLCIO, MAGNÉSIO, ENXOFRE E MICRONUTRIENTES - SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVA NA AGRICULTURA, São Paulo, 1984. Anais... São Paulo: MANAH S/A, 1986. p.74-82
- NOVAES, N.J. Efeitos de fontes e doses de fósforo na cultura do capim gamba (*Andropogon gayanus* Kunth variedade *bisquamulatus*). Piracicaba: ESALQ, 1983. 105p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- NOVAIS, R.F., BRAGA, J.M., MARTINS, C.A.S. Efeito do tempo de incubação do fosfato de Araxá em solos sobre o fósforo disponível. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.4, n.3, p.153-155, set./dez. 1980.
- NOVELINO, J.O. Solubilização do fosfato de Araxá, em diferentes tempos de incubação, na presença e ausência de calagem, e seu efeito sobre o crescimento do sorgo. Viçosa: UFV, 1984. 39p. (Tese - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- OLIVEIRA, J.B. de; JACOMINE, P.K.T., CAMARGO, M.N. Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.
- PAULINO, V.T. O capim-gamba (*Andropogon gayanus* Kunth.) na América Tropical. *Zootecnia*, Nova Odessa, v.17, n.4, p.239-252, out./dez. 1979.
- PAULINO, V.T., ANTON, D.P., COLOZZA, M.T. Problemas nutricionais do gênero *Brachiaria* e algumas relações com o comportamento animal. *Zootecnia*, Nova Odessa, v.25, n.3, p.215-263, jul./set. 1987
- PAVAN, M.A. O cálcio como nutriente para as culturas. In: SEMINÁRIO FÓSFORO, CÁLCIO, MAGNÉSIO, ENXOFRE E MICRONUTRIENTES - SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVA NA AGRICULTURA, São Paulo, 1984. Anais... São Paulo: MANAH S/A, 1986. p.82-97.
- QUAGGIO, J.A.; DECHEN, A.R., RAIJ, B.van. Efeitos da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.6, n.3, p.189-194, set./dez. 1982.
- RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo: Agronômica Ceres/POTAFOS, 1991. 342p.

- RAIJ, B. van. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo**. São Paulo ANDA, 1988. 88p
- RAIJ, B. van; DIEST, A. van. Phosphate supplying power of rock phosphate in an oxisol. **Plant and Soil**, The Hague, v 55, n.1, p.97-104, 1980.
- RAIJ, B. van; DIEST, A. van. Utilization of phosphate from different sources by six plant species. **Plant an Soil**, The Hague, v 51, n.4, p.577-589, 1979
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A., CANTARELLA, H., FERREIRA, M.E., LOPES, A.S., BATAGLIA, O.C **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987 170p
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. Uso eficiente de calcário e gesso na agricultura. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984. **Anais...** Brasília: EMBRAPA-DEP, 1984. p.323-346.
- REINHORN, T., HARIN, J., AXELROD, S. Relation of phosphate rock availability to some soil properties and cultivation time. In: INTERNATIONAL FERTILIZER DEVELOPMENT CENTER. **Seminar on phosphate rock for direct application**. Haifa, Israel, 1978 p.234-245.
- RITCHEY, K.D., SILVA, J.E., SOUZA, D.M.G. Relação entre teor de cálcio no solo e desenvolvimento das raízes avaliado por um método biológico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v 7, n.3, p.269-275, set./dez. 1983
- RODRIGUES, J.F. **Efeito de calcário-gesso agrícola na nutrição mineral e crescimento de forrageiras em Latossolo variação Una**. Lavras: ESAL, 1992. 93p. (Tese - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- SANCHES, P.A. **Suelos del tropico: características y manejo**. San José: IICA, 1981 634p
- SANZONOWICZ, C.; GOEDERT, W.J. **Uso de fosfatos naturais em pastagens**. Planaltina EMBRAPA-CPAC, 1986. 33p. (Circular Técnica, 21).
- SANZONOWICZ, C.; LOBATO, E., GOEDERT, W.J. Efeito residual da calagem e das fontes de fósforo numa pastagem estabelecida em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p.233-243, mar 1987
- SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E., RITCHEY, K.D.; REIN, T.A. Respostas de culturas anuais e leucena a gesso no Cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. **Anais...** Uberaba: IBRAFOS, 1992. p.277-306.
- STEPHEN, R.C.; CONDRON, L.M. An assessment of the agronomic efficiency of partially acidulated phosphate rock fertilizers. **Fertilizer Research**, v.10, p.269-282, 1986.

- THOMAS, D., ANDRADE, R.P. de, COUTO, W., ROCHA, C.M.C. da; MOORE, P. *Andropogon gayanus* var *bisquamulatus* cv Planaltina. principais características forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v 16, n.3, p.347-355, maio/jun. 1981
- VETTORI, L. **Métodos de análises do solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1969 (Boletim Técnico. 7)
- VITTI, G.C. NOVAES, N.J. Adubação com enxofre. In: MATTOS, H.B., WERNER, J.C., YAMADA, T., MALAVOLTA, E. **Calagem e adubação de pastagens**. Piracicaba. POTAFOS. 1986 p 191-231
- VOLKWEISS, S.J. RAIJ, B. van. Retenção e disponibilidade do fósforo em solos. In: **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO**, 4, Brasília, 1976 **Anais**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1977 p.317-332
- WERNER, J.C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa. Instituto de Zootecnia, 1984 49p (Boletim Técnico. 18)
- WERNER, J.C., HAAG, H.P. Estudos sobre a nutrição mineral de alguns capins tropicais **Boletim de Indústria Animal**, São Paulo, v 29, n. 1, p 191-245, 1972.
- WERNER, J.C., KALIL, E.B., GOMES, F.P., PEDREIRA, J.V.S., ROCHA, G.L. da., SARTINI, H.J. Competição de adubos fosfatados. **Boletim de Indústria Animal**, São Paulo, v 25(único), p.139-149, 1968
- WERNER, J.C., MONTEIRO, F.M. Respostas das pastagens à aplicação de enxofre. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO**, 17, ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1986 **Anais do Simpósio...** Londrina. EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988. p.87-102
- WERNER, J.C., QUAGLIATO, J.L., MARTINELLI, D. Ensaio de fertilização de capim-colonião com solo da "noroeste" **Boletim de Indústria Animal**, São Paulo, v.24 (único), p.159-167 1967
- WILKINSON, S.R., LANGDALE, G.W. Fertility need of the warm - season grasses. In: MAYS D.A. **Forage Fertilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1974. p.119-145
- WOODHOUSE Jr., W.W. Long-term fertility requirements of Coastal Bermuda grass. III Sulphur. **Agronomy Journal**, Madison, v.61, n.5, p.705-708, Sept./Oct. 1969.
- ZAGO, A., KAMINSKI, J. Eficiência de fertilizantes fosfatados no suprimento de fósforo numa sucessão de cultivos em solos de diferentes características. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.9, n.3, p.299-313, set. 1979

APÊNDICES

APÊNDICE 1. Quantidade de N e K aplicados em cobertura nas formas de NH_4NO_3 e KNO_3 , nos seis cortes realizados e total dos cortes para o braquiarião e andropogon.

| Corte | Nutriente | Braquiarião | | | | | Andropogon | | | | |
|-------|-----------|---------------|------|-----|-----|-----|---------------|------|-----|-----|-----|
| | | Fontes de P | | | | | Fontes de P | | | | |
| | | -P | FAPS | FAr | ST | TMg | -P | FAPS | FAr | ST | TMg |
| | | mg/kg de solo | | | | | mg/kg de solo | | | | |
| 1º | N | 20 | 70 | 70 | 135 | 135 | - | 60 | 60 | 60 | 60 |
| | K | 10 | 35 | 35 | 85 | 85 | - | 40 | 40 | 40 | 40 |
| 2º | N | 20 | 90 | 90 | 90 | 90 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| | K | 10 | 60 | 60 | 60 | 60 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 3º | N | - | 60 | 60 | 60 | 60 | - | 30 | 30 | 30 | 30 |
| | K | - | 40 | 40 | 40 | 40 | - | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 4º | N | 10 | 60 | 60 | 60 | 60 | - | 60 | 60 | 60 | 60 |
| | K | 5 | 40 | 40 | 40 | 40 | - | 40 | 40 | 40 | 40 |
| 5º | N | 10 | 60 | 60 | 60 | 60 | - | 60 | 60 | 60 | 60 |
| | K | 5 | 40 | 40 | 40 | 40 | - | 40 | 40 | 40 | 40 |
| 6º | N | 10 | 60 | 60 | 60 | 60 | 10 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| | K | 5 | 40 | 40 | 40 | 40 | 5 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Total | N | 70 | 400 | 400 | 465 | 465 | 40 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| | K | 35 | 255 | 255 | 305 | 305 | 25 | 200 | 200 | 200 | 200 |

APÊNDICE 2. Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância do parâmetro matéria seca da parte aérea do braquiário, nos seis cortes realizados e total dos cortes.

| Causas de Variação | GL | Quadrado Médio | | | | | | |
|-------------------------|----|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|
| | | 1º corte | 2º corte | 3º corte | 4º corte | 5º corte | 6º corte | Total |
| Fontes de P (F) | 4 | 113,82** | 239,84** | 239,07** | 291,93** | 834,55** | 774,46** | 11897,53** |
| Correção (C) | 2 | 22,44** | 30,24** | 72,73** | 131,58** | 317,29** | 411,70** | 3881,03** |
| Interação F × C | 8 | 4,21** | 15,58** | 19,74** | 41,38** | 92,49** | 103,88** | 1024,41** |
| Fontes de P: - cal | 4 | 60,47** | 90,64** | 83,28** | 97,47** | 250,65** | 265,32** | 3735,75** |
| Fontes de P: + cal | 4 | 25,59** | 68,69** | 77,91** | 127,87** | 400,76** | 276,43** | 4105,82** |
| Fontes de P: + cal/ges. | 4 | 36,20** | 111,69** | 117,37** | 149,34** | 368,11** | 440,47** | 6104,78** |
| Resíduo | 30 | 0,46 | 1,46 | 0,65 | 0,81 | 3,17 | 4,10 | 10,37 |
| Total | 44 | | | | | | | |
| CV (%) | | 16,6 | 13,1 | 9,2 | 9,7 | 11,2 | 11,7 | 5,0 |

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

APÊNDICE 3 Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância do parâmetro matéria seca da parte aérea do andropogon, nos seis cortes realizados e total dos cortes

| Causas de Variação | GL | Quadrado Médio | | | | | | Total |
|-------------------------|-----------|----------------|--------------------|--------------------|----------|----------|-----------|-----------|
| | | 1º corte | 2º corte | 3º corte | 4º corte | 5º corte | 6º corte | |
| Fontes de P (F) | 4 | 29,30** | 18,37** | 91,44** | 237,53** | 321,26** | 1826,82** | 8527,73** |
| Correção (C) | 2 | 8,04** | 0,16 ^{ns} | 0,72 ^{ns} | 12,79* | 80,88** | 505,80** | 1085,86** |
| Interação F × C | 8 | 10,83** | 2,30** | 4,94** | 17,12** | 51,02** | 154,36** | 550,89** |
| Fontes de P: - cal | 4 | 24,65** | 7,60** | 28,70** | 90,34** | 139,96** | 608,59** | 2718,89** |
| Fontes de P: + cal | 4 | 18,98** | 9,28** | 36,03** | 82,51** | 121,43** | 684,69** | 3083,49** |
| Fontes de P: + cal/ges. | 4 | 7,33** | 6,09** | 36,59** | 98,92** | 161,91** | 842,26** | 3827,12** |
| Resíduo | 30 | 0,54 | 0,28 | 0,84 | 3,46 | 1,95 | 6,03 | 27,83 |
| Total | 44 | | | | | | | |
| CV (%) | | 27,1 | 20,9 | 15,6 | 20,0 | 13,3 | 9,6 | 9,3 |

ns Não significativo.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

APÊNDICE 4. Quadros médios da análise de variância e respectivos níveis de significância do parâmetro número de perfíhos (1º e 6º cortes) do braquiário e do andropogon.

| Causas de Variação | GL | Braquiário | | Andropogon | |
|-------------------------|----|---------------------|--------------------|------------|-----------|
| | | 1º corte | 6º corte | 1º corte | 6º corte |
| Fontes de P (F) | 4 | 396,39** | 6177,26** | 7923,03** | 8174,98** |
| Correção (C) | 2 | 84,36** | 1261,87** | 783,76** | 909,07* |
| Interação F × C | 8 | 16,10 ^{ns} | 77,26 ^m | 952,06** | 557,34** |
| Fontes de P: - cal | 4 | 185,56** | 1680,43** | 4995,73** | 3337,93** |
| Fontes de P: + cal | 4 | 84,63** | 2056,10** | 2875,81** | 2493,90** |
| Fontes de P: + cal/ges. | 4 | 158,42** | 2595,23** | 1955,61** | 3457,83** |
| Resíduo | 30 | 8,07 | 59,53 | 123,02 | 174,47 |
| Total | 44 | | | | |
| CV (%) | | 24,2 | 14,7 | 22,5 | 16,9 |

ns Não significativo

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

APÊNDICE 5. Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância do parâmetro matéria seca das raízes (0-15 cm, 15-30 cm e total) do braquiarião e do andropogon.

| Causas de Variação | GL | Quadrado Médio | | | | | |
|-------------------------|----|----------------|----------|-----------|------------|----------|-----------|
| | | Braquiarião | | | Andropogon | | |
| | | 0-15 cm | 15-30 cm | Total | 0-15 cm | 15-30 cm | Total |
| Fontes de P (F) | 4 | 4092,50 ** | 307,18** | 6585,85** | 819,44** | 408,91** | 2328,98** |
| Correção (C) | 2 | 1290,71** | 144,66** | 2286,66** | 121,63** | 109,43** | 462,15** |
| Interação F × C | 8 | 401,66** | 57,54** | 739,95** | 65,92** | 39,36** | 201,26** |
| Fontes de P: - cal | 4 | 1397,01** | 103,43** | 2224,22** | 274,0** | 135,18** | 783,98** |
| Fontes de P: + cal | 4 | 1569,12** | 116,77** | 2541,39** | 366,37** | 151,49** | 957,80** |
| Fontes de P: + cal/ges. | 4 | 1929,70** | 202,05** | 3300,14** | 310,90** | 200,97** | 989,72** |
| Resíduo | 30 | 7,12 | 4,45 | 12,74 | 5,39 | 3,02 | 6,62 |
| Total | 44 | | | | | | |
| CV (%) | | 7,5 | 21,9 | 7,9 | 14,8 | 14,4 | 9,3 |

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

APÊNDICE 6. Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância do parâmetro teor de P na parte aérea do braquiarão e do andropogon, no 1º, 2º, 3º e 4º cortes realizados.

| Causas de Variação | GL | Quadrado Médio | | | | | | | |
|-------------------------|-----------|----------------------|----------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
| | | Braquiarão | | | | Andropogon | | | |
| | | 1º corte | 2º corte | 3º corte | 4º corte | 1º corte | 2º corte | 3º corte | 4º corte |
| Fontes de P (F) | 3 | 0,083** | 0,052** | 0,080** | 0,105** | 0,004** | 0,0036** | 0,008** | 0,022** |
| Correção (C) | 2 | 0,0001 ^{ns} | 0,021** | 0,053** | 0,070** | 0,003** | 0,006** | 0,003** | 0,0099** |
| Interação F × C | 6 | 0,003* | 0,010** | 0,018** | 0,025** | 0,0016** | 0,0014* | 0,0003 ^{ns} | 0,002** |
| Fontes de P: - cal | 3 | 0,021** | 0,054** | 0,079** | 0,097** | 0,0016** | 0,003** | 0,004** | 0,015** |
| Fontes de P: + cal | 3 | 0,030** | 0,014** | 0,036** | 0,058** | 0,005** | 0,0007 ^{ns} | 0,003** | 0,011** |
| Fontes de P: + cal/gcs. | 3 | 0,039** | 0,003** | 0,0015 ^{ns} | 0,00016 ^{ns} | 0,0006 ^{ns} | 0,003** | 0,0017** | 0,0009* |
| Resíduo | 24 | 0,0009 | 0,0007 | 0,002 | 0,0017 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0003 | 0,00026 |
| Total | 35 | | | | | | | | |
| CV (%) | | 17,0 | 13,4 | 18,4 | 19,9 | 8,1 | 11,4 | 13,5 | 13,1 |

ns Não significativo.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

APÊNDICE 7 Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância do parâmetro acumulação de P na parte aérea do braquiário e do andropogon, no 1º, 2º, 3º e 4º cortes realizados.

| Causas de Variação | GL | Quadrado Médio | | | | | | | |
|-------------------------|----|---------------------|----------|---------------------|---------------------|------------|----------|--------------------|---------------------|
| | | Braquiário | | | | Andropogon | | | |
| | | 1º corte | 2º corte | 3º corte | 4º corte | 1º corte | 2º corte | 3º corte | 4º corte |
| Fontes de P (F) | 3 | 1,305 ^{ns} | 232,17** | 117,29** | 45,20** | 104,35** | 14,65** | 26,73** | 65,20** |
| Correção (C) | 2 | 79,77** | 36,37* | 17,97 ^{ns} | 17,97 ^{ns} | 98,90** | 6,10* | 6,38 ^{ns} | 15,92 ^{ns} |
| Interação F × C | 6 | 5,98 ^{ns} | 22,48* | 17,42 ^{ns} | 13,36 ^{ns} | 108,85** | 21,33** | 11,87** | 7,11 ^{ns} |
| Fontes de P: - cal | 3 | 2,62 ^{ns} | 93,69** | 36,42* | 8,85 ^{ns} | 163,82** | 32,07** | 10,76** | 10,13 ^{ns} |
| Fontes de P: + cal | 3 | 3,32 ^{ns} | 47,70** | 30,88* | 23,06* | 130,17** | 16,72** | 10,15** | 17,19* |
| Fontes de P: + cal/ges. | 3 | 7,34 ^{ns} | 135,74** | 84,83** | 40,01** | 28,06** | 8,52* | 29,55** | 52,08** |
| Resíduo | 24 | 3,74 | 8,73 | 10,97 | 8,35 | 4,61 | 2,49 | 2,17 | 5,73 |
| Total | 35 | | | | | | | | |
| CV (%) | | 28,9 | 13,6 | 14,4 | 15,6 | 25,7 | 24,3 | 16,0 | 18,4 |

ns Não significativo.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

APÊNDICE 8 Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor e acumulação de P na parte aérea do braquiário e do andropogon, no 5º e 6º cortes, e no total dos cortes realizados (soma dos seis cortes).

| Causas de Variação | Quadrado Médio | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------|----------------------|----------------------|------------|-----------|----------------------|------------|----------|------------|-----------|------------|
| | GL | Braquiário | | | | | Andropogon | | | | |
| | | Teor | | Acumulação | | | Teor | | Acumulação | | |
| | | 5º corte | 6º corte | 5º corte | 6º corte | Total | 5º corte | 6º corte | 5º corte | 6º corte | Total |
| Fontes de P (F) | 4 | 0,085** | 0,073** | 905,83** | 1259,29** | 25619,44** | 0,039** | 0,066** | 476,0** | 2268,31** | 14617,38** |
| Correção (C) | 2 | 0,038** | 0,045** | 107,72** | 98,30** | 100,07 ^{ns} | 0,012** | 0,024** | 14,97* | 92,87** | 626,25** |
| Interação F × C | 8 | 0,020** | 0,019** | 45,27** | 77,27** | 116,92 ^{ns} | 0,006** | 0,012** | 22,54** | 68,57** | 266,18** |
| Fontes de P: - cal | 4 | 0,055** | 0,057** | 265,87** | 541,20** | 8886,0** | 0,024** | 0,042** | 164,90** | 957,80** | 5925,78** |
| Fontes de P: + cal | 4 | 0,071** | 0,054** | 543,68** | 651,0** | 9350,64** | 0,026** | 0,047** | 127,14** | 911,33** | 4869,50** |
| Fontes de P: + cal/ges. | 4 | 0,0001 ^{ns} | 0,0005 ^{ns} | 186,82** | 221,64** | 7616,64** | 0,0008* | 0,001** | 229,05** | 536,31** | 4354,47** |
| Resíduo | 30 | 0,0007 | 0,0004 | 8,04 | 9,93 | 89,10 | 0,0003 | 0,0002 | 4,42 | 14,45 | 30,23 |
| Total | 44 | | | | | | | | | | |
| CV (%) | | 21,2 | 15,4 | 17,4 | 16,6 | 10,3 | 13,2 | 12,9 | 16,5 | 16,1 | 8,3 |

ns Não significativo.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

APÊNDICE 9. Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância do parâmetro teor de S na parte aérea do braquiarão e do andropogon, no 1º, 2º, 3º e 4º cortes realizados.

| Causas de Variação | GL | Quadrado Médio | | | | | | | |
|-------------------------|----|----------------|----------------------|----------|----------|------------|----------------------|----------|----------|
| | | Braquiarão | | | | Andropogon | | | |
| | | 1º corte | 2º corte | 3º corte | 4º corte | 1º corte | 2º corte | 3º corte | 4º corte |
| Fontes de P (F) | 3 | 0,010** | 0,004** | 0,018** | 0,036** | 0,020** | 0,0009 ^{ns} | 0,004** | 0,003** |
| Correção (C) | 2 | 0,002** | 0,006** | 0,012** | 0,016** | 0,009** | 0,006** | 0,009** | 0,006** |
| Interação F × C | 6 | 0,002** | 0,0007** | 0,002** | 0,004** | 0,0017** | 0,003** | 0,005** | 0,001** |
| Fontes de P: - cal | 3 | 0,009** | 0,004** | 0,007** | 0,021** | 0,009** | 0,0016* | 0,006** | 0,004** |
| Fontes de P: + cal | 3 | 0,005** | 0,001** | 0,012** | 0,018** | 0,008** | 0,0008 ^{ns} | 0,004** | 0,002** |
| Fontes de P: + cal/ges. | 3 | 0,001* | 0,0002 ^{ns} | 0,002** | 0,004** | 0,005** | 0,004** | 0,004** | 0,0005** |
| Resíduo | 24 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0003 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0001 |
| Total | 35 | | | | | | | | |
| CV (%) | | 10,0 | 9,3 | 12,1 | 9,4 | 7,4 | 10,1 | 15,3 | 9,0 |

ns Não significativo.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

APÊNDICE 10. Quadros médios da análise de variância e respectivos níveis de significância do parâmetro acumulação de S na parte aérea do braquiário e do andropogon, no 1º, 2º, 3º e 4º cortes realizados.

| Causas de Variação | GL | Quadrado Médio | | | | | | | |
|------------------------|----|----------------|----------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------|----------|
| | | Braquiário | | | | Andropogon | | | |
| Foncs de P (F) | 3 | 105,97** | 95,27** | 447,70** | 1464,70** | 34,65** | 17,36** | 15,36* | 123,33** |
| Correção (C) | 2 | 57,67** | 246,05** | 704,09** | 1534,55** | 8,06 ^{ns} | 6,46 ^{ns} | 51,64** | 180,28** |
| Interação F x C | 6 | 6,48** | 56,44** | 63,85** | 310,35** | 32,24** | 16,82** | 56,10** | 98,71** |
| Foncs de P: - cal | 3 | 14,55** | 147,64** | 258,32** | 902,67** | 24,88** | 10,39* | 51,72** | 177,19** |
| Foncs de P: + cal | 3 | 35,99** | 42,77** | 306,83** | 1177,25** | 62,51** | 26,08** | 39,24** | 83,35** |
| Foncs de P: + cal/gcs. | 3 | 68,38** | 17,74* | 10,25 ^{ns} | 5,49 ^{ns} | 11,76** | 14,52** | 36,60** | 60,22** |
| Resíduo | 24 | 2,60 | 4,87 | 8,03 | 15,80 | 2,51 | 2,84 | 3,50 | 7,69 |
| Total | 35 | | | | | | | | |
| CV (%) | | 20,4 | 13,50 | 14,6 | 13,5 | 23,9 | 23,2 | 17,4 | 17,9 |

ns Não significativo.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

APÊNDICE 11. Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor e acumulação de S na parte aérea do braquiário e do andropogon, no 5º e 6º cortes, e no total dos cortes realizados (soma dos seis cortes).

| Causas de Variação | Quadrado Médio | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------|------------|----------------------|------------|-----------|------------|------------|----------|------------|-----------|------------|
| | GL | Braquiário | | | | | Andropogon | | | | |
| | | Teor | | Acumulação | | | Teor | | Acumulação | | |
| | | 5º corte | 6º corte | 5º corte | 6º corte | Total | 5º corte | 6º corte | 5º corte | 6º corte | Total |
| Fontes de P (F) | 4 | 0,018** | 0,019* | 1581,37** | 1734,48** | 36193,84** | 0,012** | 0,002** | 689,96** | 1324,75** | 13171,00** |
| Correção (C) | 2 | 0,010** | 0,015** | 1444,19** | 1970,29** | 24809,87** | 0,007** | 0,006** | 469,86** | 1545,54** | 6208,12** |
| Interação F × C | 8 | 0,001** | 0,0004 ^{ns} | 168,37** | 107,04** | 2797,24** | 0,002** | 0,0002* | 146,29** | 192,20** | 1438,83** |
| Fontes de P: - cal | 4 | 0,005** | 0,006** | 525,20** | 562,90** | 11803,13** | 0,007** | 0,001** | 85,88** | 345,56** | 3860,90** |
| Fontes de P: + cal | 4 | 0,009** | 0,007** | 585,06** | 429,59** | 11871,39** | 0,008** | 0,0007** | 112,06** | 415,70** | 4641,84** |
| Fontes de P: + cal/ges. | 4 | 0,006** | 0,008** | 807,86** | 956,06** | 18113,82** | 0,0006** | 0,001** | 112,97** | 947,87** | 7545,91** |
| Resíduo | 30 | 0,0001 | 0,0002 | 10,43 | 14,78 | 64,67 | 0,0002 | 0,0001 | 3,16 | 19,76 | 33,71 |
| Total | 44 | | | | | | | | | | |
| CV (%) | | 7,7 | 11,4 | 15,5 | 18,9 | 8,1 | 10,0 | 11,4 | 23,9 | 20,5 | 8,5 |

ns Não significativo.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

APÊNDICE 12. Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância do parâmetro teor de Ca na parte aérea do braquiário e do andropogon, no 1º, 2º, 3º e 4º cortes realizados.

| Causas de Variação | GL | Quadrado Médio | | | | | | | |
|-------------------------|----|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| | | Braquiário | | | | Andropogon | | | |
| | | 1º corte | 2º corte | 3º corte | 4º corte | 1º corte | 2º corte | 3º corte | 4º corte |
| Fontes de P (F) | 3 | 0,0017 ^{ns} | 0,026** | 0,157** | 0,013** | 0,005** | 0,0004 ^{ns} | 0,063** | 0,004** |
| Correção (C) | 2 | 0,0099* | 0,007* | 0,019** | 0,012** | 0,002* | 0,005** | 0,03* | 0,0015 ^{ns} |
| Interação F × C | 6 | 0,004 ^{ns} | 0,002 ^{ns} | 0,0026 ^{ns} | 0,0004 ^{ns} | 0,006** | 0,0017* | 0,002 ^{ns} | 0,001 ^{ns} |
| Fontes de P: - cal | 3 | 0,0026 ^{ns} | 0,011** | 0,048** | 0,004** | 0,013** | 0,002* | 0,014** | 0,003** |
| Fontes de P: + cal | 3 | 0,0046 ^{ns} | 0,015** | 0,060** | 0,003** | 0,0003 ^{ns} | 0,0007 ^{ns} | 0,028** | 0,001 ^{ns} |
| Fontes de P: + cal/ges. | 3 | 0,002 ^{ns} | 0,004* | 0,054** | 0,007* | 0,004** | 0,001 ^{ns} | 0,025** | 0,0015 ^{ns} |
| Resíduo | 24 | 0,002 | 0,001 | 0,002 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0006 | 0,0009 | 0,0007 |
| Total | 35 | | | | | | | | |
| CV (%) | | 9,3 | 7,3 | 13,2 | 5,5 | 4,8 | 6,9 | 7,0 | 4,8 |

ns Não significativo.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

APÊNDICE 13. Quadros médios da análise de variância e respectivos níveis de significância do parâmetro acumulação de Ca na parte aérea do braquiário e do andropogon, no 1º, 2º, 3º e 4º cortes realizados.

| Causas de Variação | GL | Braquiário | | | | Andropogon | | | |
|-------------------------|----|------------|-----------|-----------|-----------|------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| | | 1º corte | 2º corte | 3º corte | 4º corte | 1º corte | 2º corte | 3º corte | 4º corte |
| Fontes de P (F) | 3 | 2076,64** | 285,28** | 2104,99** | 1181,33** | 324,23** | 18,84** | 413,58** | 345,57 ^{ns} |
| Correção (C) | 2 | 468,88** | 1643,41** | 2005,20** | 3508,07** | 177,17** | 5,34 ^{ns} | 104,83* | 761,36** |
| Interação F x C | 6 | 58,37* | 398,62** | 271,06** | 685,77** | 227,02** | 53,16** | 147,30** | 644,82** |
| Fontes de P: - cal | 3 | 765,24** | 619,76** | 1002,05** | 891,05** | 274,16** | 51,31** | 25,63 ^{ns} | 837,56** |
| Fontes de P: + cal | 3 | 568,69** | 171,85* | 962,30** | 1333,57** | 404,91** | 60,63** | 279,93** | 347,06* |
| Fontes de P: + cal/ges. | 3 | 859,43** | 290,90** | 682,75** | 328,25** | 99,20** | 13,22* | 402,60** | 450,58* |
| Resíduo | 24 | 16,90 | 47,98 | 54,87 | 18,62 | 13,30 | 3,84 | 20,82 | 129,99 |
| Total | 35 | | | | | | | | |
| CV (%) | | 16,4 | 12,2 | 19,3 | 10,0 | 22,8 | 17,9 | 14,9 | 18,3 |

ns Não significativo.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

APÊNDICE 14. Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor e acumulação de Ca na parte aérea do braquiarião e do andropogon, no 5º e 6º cortes, e no total dos cortes realizados (soma dos seis cortes).

| Causas de Variação | Quadrado Médio | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------|-------------|----------|------------|------------|-------------|---------------------|---------------------|------------|------------|-------------|
| | GL | Braquiarião | | | | | Andropogon | | | | |
| | | Teor | | Acumulação | | | Teor | | Acumulação | | |
| | | 5º corte | 6º corte | 5º corte | 6º corte | Total | 5º corte | 6º corte | 5º corte | 6º corte | Total |
| Fontes de P (F) | 4 | 0,029** | 0,040** | 27552,97** | 21390,33** | 281646,98** | 0,027** | 0,015** | 9534,05** | 60704,13** | 246867,81** |
| Correção (C) | 2 | 0,038** | 0,017** | 16835,41** | 12945,76** | 138918,63** | 0,001 ^{ns} | 0,017** | 2498,09** | 28980,36** | 56741,24** |
| Interação F × C | 8 | 0,011** | 0,005* | 3918,78** | 2431,99** | 26084,18** | 0,004** | 0,004** | 2019,70** | 6523,74** | 21174,26** |
| Fontes de P: - cal | 4 | 0,021** | 0,022** | 10697,60** | 8934,84** | 95717,38** | 0,020** | 0,011** | 5194,55** | 20642,47** | 83075,39** |
| Fontes de P: + cal | 4 | 0,008** | 0,009** | 10516,62** | 6404,14** | 87153,46** | 0,007** | 0,003 ^{ns} | 3333,95** | 20800,67** | 83370,10** |
| Fontes de P: + cal/ges. | 4 | 0,023** | 0,019** | 14176,30 | 10915,32** | 150944,50** | 0,008** | 0,010 ^{ns} | 5044,96** | 32308,47** | 122770,73** |
| Resíduo | 30 | 0,0016 | 0,0018 | 239,27 | 135,53 | 761,26 | 0,001 | 0,001 | 75,10 | 222,17 | 835,78 |
| Total | 44 | | | | | | | | | | |
| CV (%) | | 6,8 | 9,1 | 16,5 | 14,0 | 9,0 | 5,9 | 6,7 | 15,3 | 10,2 | 9,7 |

ns Não significativo.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

APÊNDICE 15. Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância do parâmetro teor de Mg na parte aérea do braquiário e do andropogon, no 1º, 2º, 3º e 4º cortes realizados.

| Causas de Variação | GL | Quadrado Médio | | | | | | | |
|-------------------------|----|---------------------|---------------------|----------------------|----------|------------|---------------------|----------|----------|
| | | Braquiário | | | | Andropogon | | | |
| | | 1º corte | 2º corte | 3º corte | 4º corte | 1º corte | 2º corte | 3º corte | 4º corte |
| Fontes de P (F) | 3 | 0,049** | 0,157** | 0,065** | 0,080** | 0,019** | 0,017** | 0,097** | 0,114** |
| Correção (C) | 2 | 0,004 ^{ns} | 0,011 ^{ns} | 0,098** | 0,060** | 0,003** | 0,001 ^{ns} | 0,004** | 0,008** |
| Interação F × C | 6 | 0,003* | 0,009* | 0,0065 ^{ns} | 0,005** | 0,001** | 0,001* | 0,002* | 0,002** |
| Fontes de P: - cal | 3 | 0,035** | 0,102** | 0,032** | 0,031** | 0,005** | 0,0047** | 0,038** | 0,050** |
| Fontes de P: + cal | 3 | 0,007** | 0,025** | 0,0047 ^{ns} | 0,010** | 0,011** | 0,0096** | 0,042** | 0,045** |
| Fontes de P: + cal/ges. | 3 | 0,014** | 0,049** | 0,041** | 0,049** | 0,006** | 0,005** | 0,021** | 0,023** |
| Resíduo | 24 | 0,001 | 0,003 | 0,003 | 0,0005 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0006 | 0,0003 |
| Total | 35 | | | | | | | | |
| CV (%) | | 8,4 | 11,5 | 10,0 | 5,6 | 6,7 | 7,7 | 9,2 | 4,9 |

ns Não significativo.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

APÊNDICE 16. Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância do parâmetro acumulação de Mg na parte aérea do braquiário e do andropogon, no 1º, 2º, 3º e 4º cortes realizados.

| Causas de Variação | GL | Quadrado Médio | | | | | | | |
|-------------------------|----|----------------|---------------------|-----------|-----------|------------|--------------------|----------|---------------------|
| | | Braquiário | | | | Andropogon | | | |
| | | 1º corte | 2º corte | 3º corte | 4º corte | 1º corte | 2º corte | 3º corte | 4º corte |
| Fontes de P (F) | 3 | 3453,49** | 929,76** | 345,21* | 819,34** | 163,69** | 44,76** | 425,38** | 566,70** |
| Correção (C) | 2 | 652,44** | 2502,79** | 7489,85** | 6620,48** | 119,26** | 5,06 ^{ns} | 56,63* | 425,97** |
| Interação F × C | 6 | 207,05** | 704,55** | 1225,32** | 1790,11** | 110,13** | 22,95** | 54,85** | 257,25** |
| Fontes de P: - cal | 3 | 2338,75** | 90,32 ^{ns} | 436,94** | 230,16** | 182,76** | 26,74** | 66,82** | 59,15 ^{ns} |
| Fontes de P: + cal | 3 | 703,23** | 22,81 ^{ns} | 549,58** | 1329,50** | 175,92** | 50,09** | 143,96** | 33,58 ^{ns} |
| Fontes de P: + cal/ges. | 3 | 825,62** | 2225,73** | 1809,32** | 2839,89** | 25,27* | 13,82** | 324,30** | 988,47** |
| Resíduo | 24 | 25,39 | 90,82 | 73,37 | 23,13 | 7,21 | 2,87 | 11,74 | 39,11 |
| Total | 35 | | | | | | | | |
| CV (%) | | 21,6 | 16,8 | 14,5 | 10,7 | 30,1 | 22,4 | 17,4 | 17,6 |

ns Não significativo.

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

APÊNDICE 17. Quadrados médios da análise de variância e respectivos níveis de significância dos parâmetros teor e acumulação de Mg na parte aérea do braquiário e do andropogon, no 5º e 6º cortes, e no total dos cortes realizados (soma dos seis cortes).

| Causas de Variação | Quadrado Médio | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------|------------|----------|------------|------------|-------------|------------|----------|------------|------------|------------|
| | GL | Braquiário | | | | | Andropogon | | | | |
| | | Teor | | Acumulação | | | Teor | | Acumulação | | |
| | | 5º corte | 6º corte | 5º corte | 6º corte | Total | 5º corte | 6º corte | 5º corte | 6º corte | Total |
| Fontes de P (F) | 4 | 0,243** | 0,074** | 16680,30** | 10511,48** | 246376,30** | 0,048** | 0,105** | 2395,53** | 14254,72** | 73589,47** |
| Correção (C) | 2 | 0,178** | 0,059** | 28430,47** | 17105,89** | 231829,78** | 0,002** | 0,006** | 919,18** | 9948,58** | 19972,43** |
| Interação F × C | 8 | 0,005** | 0,005** | 5767,80** | 3311,98** | 51290,73** | 0,001** | 0,003** | 736,45** | 2314,72** | 7623,46** |
| Fontes de P: - cal | 4 | 0,082** | 0,039** | 930,92** | 919,66** | 29715,38** | 0,015** | 0,042** | 870,83** | 1950,40** | 13344,37** |
| Fontes de P: + cal | 4 | 0,064** | 0,015** | 6177,20** | 2704,05** | 67813,19** | 0,019** | 0,039** | 753,77** | 3966,31** | 21259,75** |
| Fontes de P: + cal/ges. | 4 | 0,108** | 0,030** | 21107,79** | 13511,73** | 251429,19** | 0,016** | 0,030** | 2243,82** | 12967,45** | 54232,26** |
| Resíduo | 30 | 0,0006 | 0,001 | 137,48 | 112,66 | 444,62 | 0,0002 | 0,0006 | 15,39 | 73,20 | 106,82 |
| Total | 44 | | | | | | | | | | |
| CV (%) | | 5,9 | 8,6 | 16,6 | 17,5 | 7,6 | 5,7 | 8,4 | 13,8 | 12,0 | 6,6 |

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.