

CARLA ROSSI

**CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DO BRAQUIARÃO EM
LATOSSOLO DOS CAMPOS DAS VERTENTES (MG) SOB
INFLUÊNCIA DA CALAGEM E FONTES DE FÓSFORO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas para a obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. VALDEMAR FAQUIN

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

1995

FICHA CATALOGRÁFICA PREPARADA PELA SEÇÃO DE CATALOGAÇÃO E
CLASSIFICAÇÃO DA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFLA

Rossi, Carla

Crescimento e nutrição do braquiarião em latossolo dos Campos das Vertentes (MG)
sob influência da calagem e fontes de fósforo / Carla Rossi. -- Lavras: UFLA, 1995.

65p. : il.

Orientador: Valdemar Faquin.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Braquiarião - Crescimento. 2. Calagem. 3. Fósforo. 4. Fosfato de Araxá. 5. Nutrição.
6. Nível crítico. 7. Campos das Vertentes, MG. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título

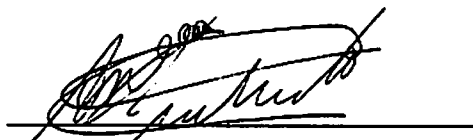
CDD-633.2088921

CARLA ROSSI

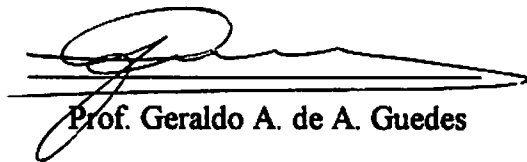
**CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DO BRAQUIARÃO EM LATOSSOLO DOS
CAMPOS DAS VERTENTES (MG) SOB INFLUÊNCIA DA CALAGEM E
FONTES DE FÓSFORO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas para a obtenção do título de "Mestre".

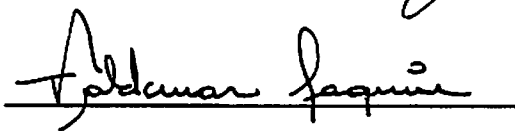
APROVADA EM: 15 de agosto de 1995



Antônio Eduardo Furtini Neto



Prof. Geraldo A. de A. Guedes



Prof. Valdemar Faquin

(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade de realizar o curso.

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

Ao professor Valdemar Faquin pela orientação, estímulo, amizade e apoio no decorrer do curso.

Aos professores do Departamento de Ciência do Solo pelos ensinamentos e auxílio prestado no decorrer do curso.

Aos professores Geraldo A. de A. Guedes, Antônio R. Evangelista, Nilton Curi e Dr. Antônio E. Furtini Neto pelas sugestões à dissertação.

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.

Aos bolsistas de iniciação científica, Christian, Marcelo e Mauro pela ajuda nos trabalhos na casa de vegetação e no laboratório.

A todos os colegas da pós-graduação, pela amizade e prazerosa convivência.

Aos amigos e colegas de república, que proporcionaram momentos de alegria e descontração.

A Márcio Sadao pela amizade, carinho, paciência e amor dedicados.

Aos meus familiares, especialmente meus pais, que sempre me apoiaram.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para a concretização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO	viii
SUMMARY	x
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Considerações gerais	3
2.2 Fontes de fósforo	4
2.3 Respostas de gramíneas forrageiras à calagem e à adubação fosfatada	5
2.4 Níveis críticos de fósforo no solo	7
2.5 Níveis críticos de fósforo no tecido da planta	8
3 MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1 Solo e clima	10
3.2 Delineamento experimental e tratamentos	11
3.3 Condução do experimento	12
3.4 Parâmetros avaliados	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4.1 Produção de matéria seca	14
4.2 Fósforo disponível no solo	22
4.3 Níveis críticos externos e internos de fósforo	25
4.4 Teor e acúmulo de fósforo	28
4.5 Teor e acúmulo de cálcio	33
4.6 Teor e acúmulo de magnésio	39

5 CONCLUSÕES	44
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
7 ANEXOS	54
APÊNDICE	61

LISTA DE TABELAS

TABELA	Página
1 - Caracterização física e química do LU coletado na camada de 0-15 cm de profundidade, na região dos Campos das Vertentes (MG)	11
2 - Características das fontes de fósforo e de calcário utilizadas	12
3 - Produção de matéria seca (g/vaso) da parte aérea do braquiário, nos cinco cortes e total dos cortes (média de três repetições)	15
4 - Produção de matéria seca (MS) da parte aérea do braquiário no 1 ^a , 5 ^a e total dos cortes e a dose de P aplicada, correspondentes a 90% da produção máxima	20
5 - Fósforo (mg/dm ³) recuperado do solo pelos extratores Mehlich I e Resina	22
6 - Equações de regressão para teor de fósforo (mg/dm ³) no solo, em função das doses de fósforo aplicadas	23
7 - Coeficientes de correlação linear entre o fósforo recuperado no solo pelos extratores Mehlich I e Resina e a produção de MS e o P acumulado na planta	25
8 - Níveis críticos de P no solo pelos extratores Resina e Mehlich I, para obtenção de 90% da produção máxima do braquiário no 1 ^a corte e total dos cortes	26

9 - Níveis críticos de P na parte aérea do braquiário para o 1 ^o e 5 ^o cortes, estimados para 90% da produção máxima do 1 ^o e 5 ^o cortes, respectivamente..	27
10 - Teor de fósforo (g/kg) na parte aérea do braquiário nos cinco cortes (média de três repetições)	29
11 - Equações de regressão para teor de fósforo (g/kg) na parte aérea do braquiário, no 1 ^o e 5 ^o cortes, em função das doses de fósforo	30
12 - Teor de cálcio (g/kg) na parte aérea do braquiário nos cinco cortes (média de três repetições)	34
13 - Equações de regressão para teor de cálcio (g/kg) na parte aérea do braquiário, no 1 ^o e 5 ^o cortes, em função das doses de calcário aplicadas ..	35
14 - Teor de magnésio (g/kg) na parte aérea do braquiário nos cinco cortes (média de três repetições)	40
15 - Equações de regressão para teor de magnésio (g/kg) na parte aérea do braquiário, no 1 ^o e 5 ^o cortes, em função das doses de calcário aplicadas ..	41

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Página
1 - Produção de matéria seca da parte aérea do braquiário no 1 ^o corte em função das doses de P aplicadas, nos diferentes níveis de calcário: C0 (a), C1/2 (b), C1 (c) e C2 (d) e a indicação da dose de P para 90% da produção máxima	16
2 - Produção de matéria seca da parte aérea do braquiário no 5 ^o corte em função das doses de P aplicadas, nos diferentes níveis de calcário: C0 (a), C1/2 (b), C1 (c) e C2 (d) e a indicação da dose de P para 90% da produção máxima	17
3 - Produção de matéria seca total (soma de cinco cortes) da parte aérea do braquiário em função das doses de P aplicadas, nos diferentes níveis de calcário: C0 (a), C1/2 (b), C1 (c) e C2 (d) e a indicação da dose de P para 90% da produção máxima	18
4 - Acúmulo total de fósforo da parte aérea do braquiário em função das doses de P aplicadas, nos diferentes níveis de calcário: C0 (a), C1/2 (b), C1 (c) e C2 (d)	32
5 - Acúmulo total de cálcio da parte aérea do braquiário em função das doses de calcário aplicadas, nas diferentes doses de fósforo: 50 (a), 150 (b), 300 (c), 500 (d) e 700 (e) mg de P/dm ³	38
6 - Acúmulo total de magnésio da parte aérea do braquiário em função das doses de calcário aplicadas, nas diferentes doses de fósforo: 50 (a), 150 (b), 300 (c), 500 (d) e 700 (e) mg de P/dm ³	43

RESUMO

ROSSI, Carla. **Crescimento e nutrição do braquiarião em Latossolo dos Campos das Vertentes sob influência de calagem e fontes de fósforo.** Lavras: UFLA, 1995. 65p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

Diversos trabalhos têm sido conduzidos visando estudar a eficiência de fontes de P e sua interação com a calagem, procurando a melhor combinação de ambas. Há indicações de que culturas perenes, como pastagens, aproveitam melhor os fosfatos naturais, especialmente em solos mais ácidos e quando adaptadas a essas condições. Este trabalho objetivou avaliar as respostas do braquiarião (*Brachiaria brizantha*) às aplicações de calcário e fontes de P, em crescimento, nutrição em P, Ca e Mg, bem como estimar os níveis críticos internos e externos de P. O experimento foi conduzido na casa de vegetação do DCS/UFLA, em vasos com três dm³ de solo, utilizando um Latossolo variação Una da região dos Campos das Vertentes (MG). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5 x 4, com três repetições, sendo: duas fontes de P (Superfosfato Triplo - ST e Fosfato de Araxá - FA), cinco doses de P (50, 150, 300, 500 e 700 mg de P/dm³ de solo) e quatro níveis de calagem (0, 1/2, 1 e 2 vezes a dose recomendada pelo método da saturação por bases para elevar V para 50%). Realizaram-se cinco cortes na parte aérea da forrageira, num período total de 243 dias após a emergência.

Os resultados mostraram que o braquiarião respondeu tanto às aplicações de P quanto de calcário, indicando que para a obtenção de produtividade adequada da forrageira, ambos deverão ser consideradas. A resposta à aplicação das fontes de P foi dependente das doses

*Orientador: Prof. Valdemar Faquin. Membros da banca: Dr. Antônio E. Furtini Neto, Prof. Geraldo A. Guedes

de calcário, sendo que, considerando-se a produção total de matéria seca, os níveis de calagem C1 (dose para elevar V a 50%) para fontes solúveis como o ST, e C1/2 (metade da dose) para fontes de baixa solubilidade como o FA, foram as mais eficientes. As fontes de P atuaram também como fontes de Ca, não sendo esperado este efeito sob condições de campo; para o suprimento de Mg, entretanto, a calagem mostrou-se essencial. Para a produção de 90% da produção máxima total em cinco cortes, o ST promoveu maior produção de matéria seca do que o FA; o ST proporcionou um estabelecimento mais rápido da forrageira e maior produção no 1^o corte. Os níveis críticos de fósforo no solo e na planta, quando for o caso, variaram em função dos extratores, das fontes de fósforo e dos níveis de calagem.

SUMMARY

GROWTH AND MINERAL NUTRITION OF *Brachiaria brizantha* IN OXISOL (LATOSOL) FROM CAMPOS DAS VERTENTES REGION (MG) AFFECTED BY LIMESTONE AND PHOSPHORUS SOURCES.

Several works have been carried out to study the effectiveness of P sources and their interaction with limestone, in order to search a better combination to both. There is indication that perennial cultures, like forages, can use the rock phosphate better, specially in acid soils and when they are adapted to this conditions. The present work intends to evaluate the responses of *Brachiara brizantha* to limestone and P sources in the growth and mineral nutrition, and estimate the internal and external P critical levels. The experiment was carried out in a greenhouse at the Soil Science Department/UFLA, in pots with three dm³ of soil, utilizing an Oxisol (Latosol) from Campos das Vertentes region (State of Minas Gerais). The design was completely randomized, set in a 2 x 5 x 4 factorial, with three replications, being: two phosphorus sources (Triple Superphosphate - TS - and Araxá Rock Phosphate - ARP), five P doses (50, 150, 300, 500 and 700 mg P/dm³ soil) and four limestone levels (0, 1/2, 1 and 2 times the dose necessary to elevate the base saturation to 50%). Five cuts of plant shoot were done, during a time of 243 days after emergency.

The results showed that *Brachiaria brizantha* was affected both P and limestone doses. The response to P sources depended to limestone; the level C1 (dose to elevate base saturation to 50%) to P water soluble sources as TS, and C1/2 (half of the dose estimated) to P low solubility sources as ARP were more efficient considering dry matter yield of shoot. The P sources also provide Ca to the plants and this effect are not expected under field conditions.

Liming was an important source of Mg. To obtain 90% of the maximum yield in five cuts, the TS improve more dry matter than ARP; the TS also provide a greater dry matter yield in the first cut and a faster stablishment than ARP. The external and internal critical levels of P, ranged as a result of extractors (external), P sources and limestone levels (both external and internal).

1 INTRODUÇÃO

A região dos Campos das Vertentes destaca-se na atividade da pecuária de leite no Estado de Minas Gerais. No entanto, devido a baixa fertilidade dos solos em que são cultivadas e ao manejo inadequado a que são submetidas, as pastagens naturais não fornecem alimento de qualidade e em quantidade compatíveis com as exigências animais.

No Brasil, as gramíneas do gênero *Brachiaria* ocupam mais de 50% da área de pastagens cultivadas da região tropical. Um dos grandes motivos é a sua adaptação às mais variadas condições de solo e clima, ocupando espaços cada vez maiores nos cerrados, com vantagens sobre as outras espécies, por propiciar produções satisfatórias de forragem em solos com baixa fertilidade.

O uso da fertilização fosfatada é uma prática comum no estabelecimento de pastagens. Sendo as gramíneas forrageiras adaptadas às condições de acidez da maioria dos solos tropicais, pouca ênfase é dada à calagem, e ao Ca e Mg. O cálcio, normalmente, não é formulado em fertilizantes, contudo, está presente como material constituinte das fontes de outros nutrientes, particularmente dos fertilizantes fosfatados. Em contrapartida, poucos fertilizantes macronutrientes primários contêm quantidades suficientes de Mg, sendo a única fonte deste elemento, a dolomita ou o calcário dolomítico.

Nos últimos anos, o uso de fontes alternativas de P tem adquirido grande importância, basicamente devido ao custo elevado dos fertilizantes fosfatados solúveis e ao aumento da oferta de fosfatos naturais. Os solos ácidos são os mais indicados para utilização de fosfatos naturais, pois além da acidez e do baixo teor de P disponível, possuem também baixo teor de Ca trocável, condições favoráveis para a solubilização dos fosfatos apatíticos.

Apesar da tolerância do braquiário às condições de acidez do solo (Soares Filho, 1995), muitas vezes faz-se necessária a aplicação de calcário para suprimento de Ca e Mg. O efeito da calagem sobre a solubilidade dos fosfatos naturais e consequente produção vegetal tem, ao longo dos anos, gerado inúmeros estudos cujos resultados são controversos, variando com as condições estudadas.

Diante disso, torna-se imperiosa a necessidade de se estabelecerem critérios que permitam obter a máxima eficiência técnica e agrônômica no uso destas fontes, uma vez que os fosfatos são recursos naturais não renováveis, escassos e indispensáveis à produção de alimentos consumidos direta e indiretamente pela humanidade. Enquadra-se neste contexto a seleção de espécies forrageiras que tolerem níveis baixos de P no solo, a determinação de níveis críticos e métodos de aplicação de fertilizantes fosfatados que permitam aumentar sua eficiência, o uso de fosfatos naturais e o uso da calagem para aumentar a disponibilidade de nutrientes.

Objetivou-se neste trabalho, avaliar as respostas do braquiário (*Brachiaria brizantha*), em crescimento, nutrição em P, Ca e Mg, em função da aplicação de calcário e de fontes de P, bem como estimar os níveis críticos internos e externos de fósforo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Considerações gerais

Vários são os fatores responsáveis pela baixa produtividade das culturas agrícolas nos solos brasileiros, podendo-se citar a elevada acidez do solo associada a toxidez de Al e, ou, Mn e também quantidades insuficientes de N, P, Ca, Mg e outros nutrientes para um desenvolvimento normal das plantas (Comissão...,1989 e Kaminski, 1989).

A maioria dos solos das regiões tropicais é altamente intemperizada, sendo frequentemente deficiente em P, constituindo-se assim em séria limitação ao estabelecimento das plantas. Estes solos, comumente ácidos e deficientes em Ca e Mg, contêm elevadas quantidades de óxidos e hidróxidos de Fe e Al, os quais acarretam a rápida "fixação" do P de fontes solúveis, tais como o superfosfato simples e o superfosfato triplo (Salinas e Sanchez, 1976 e Foy, 1976).

A importância do P para a produtividade das plantas, dentre elas as forrageiras, decorre de sua participação nas membranas celulares - nos fosfolípidos - nos ácidos nucleicos, e em compostos que armazenam e fornecem energia metabólica como o ATP, e assim, em uma série de processos metabólicos do vegetal tais como: fotossíntese, síntese de macromoléculas como carboidratos, proteínas, gorduras; absorção ativa de nutrientes, trabalho mecânico, dentre outros (Marschner, 1986).

O Ca e o Mg são considerados macronutrientes secundários na adubação, desempenhando, contudo, papel fundamental para a planta. O Ca tem um papel essencial na divisão e alongação das células e na estrutura e permeabilidade das membranas, entre outros. Já o Mg é constituinte das moléculas de clorofila, componente estrutural de ribossomos, além de estar envolvido em inúmeras funções fisiológicas e bioquímicas (Tisdale, Nelson e Beaton, 1985).

O alto custo dos fertilizantes fosfatados, a relação entre custos de produção e o valor do produto animal face ao tempo requerido para o retorno na pecuária, bem como outras alternativas agrícolas para o uso do solo, impõem sérias restrições a maiores investimentos na adubação de pastagens. Daí a necessidade de se combinar as espécies forrageiras mais adequadas com fontes, doses e práticas convenientes de se proceder a adubação fosfatada (Lobato, Kornelius e Sanzonowicz, 1986).

2.2 Fontes de fósforo

A recomendação do fertilizante fosfatado mais adequado em determinada condição de solo e cultura, está relacionada aos aspectos agronômicos e econômicos do mesmo. No Brasil, encontramos desde fertilizantes fosfatados solúveis em água, como os superfosfatos, até fosfatos naturais de baixa solubilidade, passando pelos termofosfatos e fosfatos parcialmente acidulados.

Entre as diversas ocorrências de minerais fosfatados no país, é encontrada no estado de Minas Gerais, a jazida de Araxá, onde estão concentradas e são retiradas consideráveis quantidades de rochas fosfáticas utilizadas para a manufatura de fertilizantes fosfatados, ou mesmo, para sua aplicação direta (Kaminski, 1983).

A eficiência agronômica dos fosfatos naturais é resultante de uma complexidade de fatores do solo, manejo, clima, além da natureza do minério, formas e métodos de aplicação (Kaminski, 1983). Contudo, a solubilidade dos compostos de P nos fertilizantes fosfatados é o fator predominante no estabelecimento da eficiência agronômica dos mesmos (Ramos, 1982).

O fosfato de Araxá, como outros fosfatos naturais brasileiros, tem mostrado baixa eficiência inicial, quando comparado ao superfosfato triplo (3 a 20%), melhorando após alguns anos (27 a 45%), o que pode ser explicado pela baixa solubilidade do fosfato (Raij, Cabala-Rosand e Lobato, 1982; Yost et al., 1982).

Dentre as propriedades do solo que interferem na dissolução dos fosfatos naturais, o pH e a capacidade de sorção do solo merecem destaque. Segundo Novais e Ribeiro (1981), a solubilização da apatita de Araxá, medida em termos de P na solução, aumenta com o decréscimo do pH na solução extratora. Do mesmo modo, Blanco, Venturini e Gargantini (1965), verificaram que a faixa de pH de 4,7 a 5,0 permitiu melhor aproveitamento desse fosfato natural, enquanto

que a calagem visando a elevação do pH acima de 5,5 proporcionou perda da eficiência agronômica desta fonte.

Em solos com alta capacidade de retenção de P, diferenças na solubilidade das rochas não explicam as variações encontradas nas respostas das plantas, indicando que diversos fatores devem ser considerados para estimar a disponibilidade de P dos diferentes fosfatos, pois parece que a solubilidade do P no fertilizante, o pH e a capacidade de retenção de P pelo solo não são suficientes para esta estimativa (Reihorn, Harin e Axelrod, 1978).

Em face da grande diversidade dos fosfatos naturais e das condições de solo, clima e cultivos ocorrentes no Brasil, vários trabalhos têm sido conduzidos com a finalidade de avaliar suas eficiências agronômicas. A maioria dos resultados atesta que a eficiência dos fosfatos naturais é maior com o aumento da acidez (Goedert e Lobato, 1980; Cantarutti et al., 1981), embora alguns autores afirmem que a mesma é variável, podendo a calagem, em alguns casos, ser usada para aumentar a eficiência (Moreira et al., 1979).

2.3 Respostas de gramíneas forrageiras à calagem e à adubação fosfatada

Diversos estudos foram conduzidos visando estudar a eficiência de fontes de P e sua interação com a calagem, procurando a melhor combinação de ambas. Há indicações de que culturas perenes como as pastagens, aproveitam melhor os fosfatos naturais do que as plantas de ciclo curto, principalmente em condições de acidez elevada dos solos e quando formadas com espécies e variedades adaptadas a estas condições (Raj, Cabala-Rosand e Lobato, 1982).

Para atingir maior eficiência dos fosfatos naturais, quando da formação das pastagens, é necessário considerar a distribuição do fosfato natural finamente moído e a dose de calcário, quando necessária, deve levar em conta apenas o atendimento das exigências das espécies em Ca e Mg. Também a incorporação deve ser o mais uniforme possível, através da aração e, ou, gradagem (Lopes e Guilherme, 1992).

Moreira et al. (1979), constataram uma ação variável do comportamento das gramíneas forrageiras *Brachiaria decumbens*, capim gordura e capim jaraguá em presença dos fosfatos naturais Patos de Minas, Araxá e Tapira. No primeiro corte, os resultados mostraram que, em certos solos, o efeito da calagem foi benéfico à solubilidade dos fosfatos naturais, refletindo-se

favoravelmente no crescimento das gramíneas como ocorreu em um LE distrófico. Porém, em um LV distrófico, a calagem prejudicou acentuadamente a produção de matéria seca destas forrageiras em todas as fontes de P empregadas.

Estudando o efeito da calagem na solubilização do FA, Novelino et al. (1985), ressaltaram que apesar de o percentual de solubilização do fosfato de Araxá ter sido menor quando a calagem foi feita, relativamente à sua não aplicação, o crescimento e absorção de P pelas plantas de sorgo foram maiores na primeira situação. O autor sugere que, além de ter ocorrido redução na passagem de P lábil para P não lábil com a calagem em vista da alteração da atividade de componentes da fase sólida do solo associados à adsorção de P, pode ter ocorrido restrição à capacidade da planta de absorver P, por condições ou fatores de solos ácidos, em especial a toxidez de Al.

Um fator a ser levado em consideração na avaliação da eficiência dos fosfatos naturais é o tempo de contato dos mesmos com o solo. Resultados obtidos por Yost et al. (1982), em experimentos de campo conduzidos em um Latossolo Vermelho Escuro com *Brachiaria decumbens*, onde se estudou o efeito de fontes e doses do P, combinadas a três níveis de calagem, mostraram que a ação da acidez do solo pode ser insuficiente, a curto prazo, para a solubilização de fosfatos naturais de baixa solubilidade como o fosfato de Araxá. No entanto, verificaram um aumento acentuado na disponibilidade de P nas parcelas sem calagem, após um tempo de contato deste fertilizante com o solo, de 10 a 13 meses. Em cortes subsequentes realizados 25 meses após o plantio, os autores verificaram que praticamente foi anulado o efeito depressivo da calagem na produção da forrageira, nas parcelas tratadas com o fosfato de Araxá.

O efeito residual de cinco fontes e doses de P foi testado na presença de três doses de calcário durante 10 anos em um Latossolo Vermelho Escuro (Sanzonowicz, Lobato e Goedert, 1987; a *Brachiaria decumbens* respondeu à aplicação de P até a dose mais elevada, sendo que os maiores acréscimos ocorreram de 38 para 150 kg de P/ha. O fosfato de Araxá teve seu desempenho inicialmente prejudicado com o aumento das doses de calcário, mas este efeito desapareceu após o primeiro ano de cultivo. Embora a eficiência do fosfato de Araxá tenha aumentado com o passar dos anos, a produção acumulada permaneceu superior para as fontes mais solúveis, mostrando que a baixa produção inicial obtida com o fosfato não foi compensada pela melhoria da sua eficiência com o passar do tempo.

Deste modo, Lopes, Vasconcelos e Novais (1982), levando em conta dados de pesquisa, acentuam os seguintes aspectos importantes a respeito dos fosfatos naturais:

- a) o comportamento da interação fosfato natural x calagem é altamente dependente da duração de estudo;
- b) há sensíveis diferenças de respostas entre os diversos fosfatos naturais;
- c) a capacidade de aproveitamento dos fosfatos naturais é muito dependente da espécie.

2.4 Níveis críticos de fósforo no solo

O nível crítico de um nutriente no solo é o teor mínimo disponível no solo, abaixo do qual há grande possibilidade de resposta à sua aplicação, e acima do qual essa probabilidade diminui.

A determinação de níveis críticos de P para as espécies forrageiras, assim como para as demais culturas, necessita ser estudada, visando relacioná-los com características do solo que permitam prever com certa segurança a quantidade de P que determinado solo é capaz de fornecer às plantas (Fonseca, 1987). A escassez de resultados consistentes, mostrando o relacionamento das características dos solos, como teor de argila, com os níveis críticos obtidos, faz com que estes níveis sejam válidos somente para os solos estudados, o que vem evidenciar ainda mais a escassez de informações sobre os níveis críticos de P, para as plantas forrageiras dos solos tropicais (Corrêa, 1991). Segundo este autor, a determinação do nível crítico no solo é essencial para predizer a necessidade ou não da adubação fosfatada para o estabelecimento das forrageiras em solos deficientes em P, sendo estes valores bastante variáveis, tanto em casa de vegetação quanto no campo tendo sido, sendo, em geral, menores para os solos argilosos.

A determinação do nível crítico de P em um Ultisol sem calagem na Colômbia, obtido para as culturas de *Panicum maximum* e *Centrosema* CIAT 438, indicou um valor de aproximadamente 3 mg/dm³ (método Bray II) para se obter uma produção de 80% do rendimento máximo o que equivaleu à aplicação de 240 kg de P₂O₅/ha para cada espécie. Em um Oxisol, com aplicações de até 550 kg de P₂O₅/ha, encontraram-se níveis críticos de P no solo variando de 2,5 a 11,4 mg/dm³ de P (Bray II), para 12 espécies e variedades diferentes de forrageiras (CIAT, 1977), evidenciando diferenças entre solos e espécies.

Em outro ensaio, aplicaram-se doses entre 0 e 800 kg de P_2O_5 /ha sob a forma de superfosfato simples em um Oxisol da Colômbia, obtendo-se níveis críticos de P no solo (Bray II) de respectivamente 5 e 7 mg/dm³ para *Andropogum gayanus* e *Brachiaria decumbens*, sendo que as produções máximas foram atingidas nas duas espécies com 50 kg de P_2O_5 /ha (CIAT, 1978).

A necessidade de se conhecerem os níveis críticos de um nutriente no solo para uma espécie vegetal ou grupo de espécies semelhantes fundamenta-se, segundo Neves (1983), não apenas em suas exigências nutricionais variáveis, mas também nas diferenças existentes entre as suas eficiências de absorção e, ou, utilização do nutriente.

2.5 Nível crítico de fósforo no tecido da planta

Existem várias definições de nível crítico de P para os tecidos vegetais, variando em alguns pontos. Dow e Roberts (1982), definiram o nível crítico ou faixa crítica do nutriente como sendo aquela acima da qual a planta é adequadamente suprida, e, abaixo da qual, ocorre deficiência do nutriente. Malavolta, Vitti e Oliveira (1989) definem o nível crítico “fisiológico-econômico” como a faixa de teores do nutriente na folha abaixo da qual a colheita cai e acima da qual a adubação não é mais econômica. Sumner (1979) definiu o nível crítico em relação a um percentual de produção máxima, mais especificamente, correspondente a 90-95% deste máximo. Os pesquisadores do CIAT trabalham em pastagens geralmente com níveis críticos associados a 80% da produção máxima. Artigo recente de Hoffman et al. (1995), ressalta que, de modo geral, a produção de máxima eficiência econômica situa-se um pouco abaixo da produção máxima, tendo sido utilizadas, frequentemente pelos pesquisadores doses correspondentes a 80 ou 90% da produção máxima, cujos valores espera-se aproximar do máximo econômico.

O conhecimento dos níveis críticos internos de um nutriente é importante na diagnose de deficiências de nutrientes e nas predições de requerimentos de fertilizantes pelas plantas (Bates, 1971).

Andrew e Robins (1971), na Austrália, estabeleceram um nível crítico de P na parte aérea de nove gramíneas tropicais, os quais variaram de 1,6g/kg para *Digitaria decumbens* até 2,5g de P/kg para *Cenchrus ciliaris* na matéria seca da parte aérea.

Na Nigéria, em estudo realizado em vasos com solo arenoso, Falade (1975) estimou os níveis críticos internos de P e as quantidades de P_2O_5 aplicadas que proporcionaram a máxima produção em diversas gramíneas forrageiras. O autor verificou diferenças mínimas no níveis críticos internos de duas variedades de *Pennisetum purpureum* (var. green = 2,15g/kg e var. purple = 2,48g/kg), sendo que *P. purpureum* green foi cerca de 6 vezes mais eficiente que o *P. purpureum* purple em termos de uso de P, evidenciados pelo nível crítico externo (nível crítico no solo) de P para a produção máxima, que foi de 15 mg de P_2O_5 /vaso para a variedade green e 120 para a purple.

Em estudo conduzido em Oxisol da Colômbia (CIAT, 1978), as concentrações críticas de P na parte aérea de *Andropogum gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Panicum maximum* foram, respectivamente, 1,1; 1,2 e 1,5g de P/kg de matéria seca. A maior produção de matéria seca da *B. decumbens* indica que a mesma pode utilizar mais eficientemente o P, sendo, portanto, melhor adaptada em solos com baixa disponibilidade neste nutriente, e reconhecida como uma gramínea forrageira adaptada a condições variadas, com elevada tolerância a acidez e a seca.

No Brasil, Martinez e Haag (1980), ao avaliar a eficiência de absorção e utilização de P por algumas gramíneas forrageiras em solução nutritiva, encontraram os seguintes níveis críticos internos associados ao crescimento máximo: *Brachiaria decumbens* = 3,1g/kg; *Digitaria decumbens* = 2,9g/kg; *Panicum maximum* = 2,3g/kg; *Hyparrhenia rufa* = 5,8g de P/kg, entre outros.

Em cinco latossolos com características distintas, foram avaliadas as exigências para o estabelecimento das espécies *Brachiaria brizantha*, *B. decumbens*, *B. ruziziensis* e *B. humidicola*. Os níveis críticos internos de P foram mais elevados no crescimento inicial que na rebrota. A *B. humidicola*, espécie menos produtiva, apresentou níveis críticos internos mais elevados no estabelecimento, que variaram de 3,3 a 5,0g/kg, variando com o solo. Para as demais espécies, os limites encontrados foram de 1,4 a 2,9g de P/kg (Guss, 1988).

Muniz et al. (1985), cita que a capacidade da planta em absorver e utilizar os nutrientes interfere de sobremaneira nos níveis críticos, embora, normalmente, conforme dados de pesquisa, estes níveis internos sejam menos variáveis que os externos, quando houver padronização em relação à variedade, idade e órgão da planta estudada.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se um experimento utilizando como planta indicadora o braquiarião (*Brachiaria brizantha* Hochst Stapf. cv. Marandu), espécie sugerida por Curi (1991) para a região dos Campos das Vertentes (MG), pela capacidade que apresenta para desenvolver-se em solos de baixa fertilidade. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, durante o período de fevereiro a dezembro de 1994.

3.1 Solo e clima

O solo utilizado no experimento foi um Latossolo variação Una (LU), coletado na região do município de São João del Rei-MG (microrregião Campos da Mantiqueira). O clima é do tipo Cwa de Köppen, com precipitação média anual de 1437,9 mm e temperatura média anual de 19,2°C (Brasil, 1969).

Coletou-se o solo na camada superficial de 0 a 15 cm, removendo-se os restos vegetais. As amostras de solo foram secadas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 5 mm. Foram tomadas subamostras, para as determinações físicas e químicas do solo.

As determinações físicas de granulometria, densidade de partículas e densidade do solo, foram realizadas segundo a análise de rotina do laboratório de Física dos Solos da UFLA. As análises químicas de pH em H₂O, matéria orgânica, P, K, Ca, Mg, Al, Zn, Cu, Fe e Mn foram realizadas conforme Vettori (1969), com modificações da EMBRAPA (1979). O S (S-SO₄⁻) foi determinado por turbidimetria (Blanchar, Rehm e Caldwell, 1965). O B foi extraído com água quente e determinado no extrato de acordo com o método da curcumina de Dible et al., descrito por Jackson (1970). Os dados das características físicas e químicas são apresentados na Tabela 1.

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

Parâmetros	Valores
pH (H ₂ O)	5,2
P (mg/dm ³)	1,0
K (mg/dm ³)	64,0
Ca (mmol/dm ³)	7,0
Mg (mmol/dm ³)	2,0
S-SO ₄ ⁻ (mg/dm ³)	1,1
Al (mmol/dm ³)	3,0
H + Al (mmol/dm ³)	42,0
S (mmol/dm ³)	11,0
t (mmol/dm ³)	14,0
T (mmol/dm ³)	56,0
Matéria orgânica (g/kg)	37,0
V (%)	19,0
m (%)	22,0
B (mg/dm ³)	0,3
Cu (mg/dm ³)	1,4
Fe (mg/dm ³)	59,1
Mn (mg/dm ³)	13,9
Zn (mg/dm ³)	1,0
Areia (g/kg)	290,0
Silte (g/kg)	260,0
Argila (g/kg)	450,0
Densidade de partículas (g/cm ³)	2,58
Densidade do solo (g/cm ³)	1,05

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido em vasos com capacidade para três dm³. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, distribuído em esquema fatorial 2 x 5 x 4 com três repetições sendo: duas fontes de P (Superfosfato Triplo - ST e fosfato de Araxá - FA), em cinco doses de P (50, 150, 300, 500 e 700 mg de P/dm³ de solo), e quatro doses de calcário (0, 1/2, 1 e 2 vezes a dose recomendada pelo método da saturação por bases para elevar V a 50%, equivalente a 1,6 t de calcário/ha). As doses de P foram calculadas considerando-se o teor total de P₂O₅ em cada fonte e para a calagem utilizou-se um calcário dolomítico comercial calcinado e micropulverizado, com PRNT = 110% cujas composições encontram-se na Tabela 2.

TABELA 2. Características das fontes de fósforo e de calcário e utilizadas⁽¹⁾.

Fonte	P ₂ O ₅ total (%)	CaO (%)	MgO (%)	S-SO ₄ ⁻ (%)
ST	44,12	19,64	—	2,40
FA	23,90	33,95	—	—
Calcário	—	40,38	14,72	—

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

Uma adubação básica de plantio foi aplicada para os nutrientes não envolvidos nos tratamentos e que correspondeu a 60 mg de N, 50 mg de K e 50 mg de S/dm³ de solo. A adubação de cobertura de N e K foi diferenciada em função do crescimento das plantas em resposta aos tratamentos, visando atender as exigências das mesmas, como consta na Tabela 1 do Anexo. Os micronutrientes não foram aplicados visto que em experimento anterior (Morikawa, 1993), o braquiário não respondeu às suas aplicações neste solo.

3.3 Condução do experimento

Em subamostras de três dm³ de solo, em número igual ao de parcelas do experimento (120 subamostras), aplicaram-se as doses de calcário, ficando em incubação com umidade correspondente a 60% do VTP (volume total de poros) por 30 dias. Após a secagem e aplicação dos tratamentos de fontes e doses de P, e também da adubação básica de plantio com N, K e S, as subamostras foram novamente incubadas por 15 dias, quando foram novamente amostradas para análises químicas, as quais são apresentadas na Tabela 2 do Anexo. Em seguida semearam-se cerca de 40 sementes de braquiário por vaso, sendo que após a emergência das plântulas, o que ocorreu em 15/04/94, realizou-se um desbaste deixando-se cinco plantas por vaso.

A umidade do vaso foi mantida a 60% do VTP, aferida através de pesagens dos vasos, completando-se o volume com água desmineralizada.

Realizaram-se cinco cortes na parte aérea das plantas, nas seguintes datas: 02/06, 10/08, 21/09, 04/11 e 14/12/94. Os quatro primeiros cortes foram realizados a quatro cm do solo, e o último rente ao solo.

3.4 Parâmetros avaliados

Nas amostras de solo retiradas dos vasos após a incubação e antes do plantio, analisou-se o P disponível no solo, utilizando-se os métodos Mehlich I e Resina trocadora de íons.

O material vegetal (parte aérea) foi seco em estufa com circulação de ar a 70°C, até atingir peso constante, sendo em seguida pesado. Este material foi triturado em moinho Wiley e acondicionado em frascos de vidro e posteriormente analisado quimicamente.

Analisaram-se os teores dos nutrientes P, Ca e Mg na matéria seca (MS) da parte aérea de cada corte através da digestão nítrico-perclórica (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1989), sendo a determinação no extrato feita como se segue: P por colorimetria e Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica.

A quantidade de nutrientes acumulada nos tecidos da parte aérea do braquiário foi calculada em função da quantidade de MS produzida e o teor dos mesmos no tecido. A acumulação total dos nutrientes na planta foi calculada pela soma da acumulação da parte aérea nos cinco cortes.

Foram realizadas análises da variância para a produção de matéria seca (MS) e para teor e acúmulo de P, Ca e Mg na parte aérea do braquiário nos cinco cortes e total dos cortes. Equações de regressão foram ajustadas para a produção de MS da parte aérea, teor e acúmulo de P em função das doses de P aplicadas, para cada fonte e nível de calagem. Para o teor e acúmulo de Ca e Mg ajustaram-se equações de regressão em função do nível de calagem aplicado dentro das fontes e doses de P consideradas.

A partir das equações de regressão para a produção de MS no 1^o e 5^o e total dos cortes, estimaram-se as doses de P correspondentes à 90% da produção máxima. Substituindo-se as doses de P para 90% da produção máxima nas equações de regressão entre as doses de P aplicadas e o P disponível pelo Mehlich I e pela resina, estimaram-se os níveis críticos de P no solo para o 1^o corte e total dos cortes para as fontes em cada nível de calcário. Os níveis críticos de P no 1^o e 5^o cortes na parte aérea do braquiário foram obtidos, substituindo-se o valor da dose de P para 90% da produção máxima nas equações de regressão entre o teor de P na MS da parte aérea e as doses de P aplicadas. Para os tratamentos cujos dados de produção de MS ajustaram-se a modelos lineares, utilizou-se a dose máxima da fonte para o cálculo dos níveis críticos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção de matéria seca

Os efeitos dos tratamentos de calagem e da adubação fosfatada sobre a produção de matéria seca (MS) da parte aérea do braquiário, nos cinco cortes e no total dos cortes estão resumidos na Tabela 3.

Com os dados de produção de matéria seca (MS) da parte aérea do braquiário, foram ajustadas equações de regressão em função das doses de P para o estabelecimento inicial (1^o corte) e final (5^o corte) e para o total dos cortes (Figuras 1, 2 e 3). Os modelos que melhor se ajustaram à produção de MS, em função das doses de P aplicadas, foram linear, quadrático e raiz quadrada. Analisando-se os dados da Tabela 3 e as Figuras 1, 2 e 3, verifica-se que apesar de terem sido obtidas respostas até altas doses de P, com doses menores conseguiram-se boas produções, confirmando resultados obtidos por outros autores, em que gramíneas forrageiras responderam até altas doses de P, porém os maiores acréscimos foram conseguidos com doses menores (CIAT, 1978; Costa, Monnerat e Gomide, 1983; Hoffmann et al., 1995). Paulino, Anton e Colozza (1987) salientam que plantas do gênero *Brachiaria* não requerem aplicações elevadas de P no solo, mostrando resultados semelhantes em rendimentos quando da aplicação de 50 ou 345 kg de P₂O₅/ha.

No 1^o corte, as respostas em função das doses de P foram bastante acentuadas até cerca de 300 mg de P/dm³ para o ST e até 700 mg/dm³ para o FA (Figura 1). Corrêa (1991), também verificou que houve uma resposta acentuada do braquiário quanto a produção de MS no 1^o corte, com o aumento das doses de P, até o equivalente a 140 mg de P/dm³, e uma tendência à estabilização nas doses mais elevadas. Nos cortes subsequentes (Tabela 3), pequenas diferenças

TABELA 3. Produção de matéria seca (g/vaso) da parte aérea do braquiário, nos cinco cortes e total dos cortes (média de três repetições).

Calagem	P (mg/dm ³)	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	5º corte	Total
SUPERFOSFATO TRIPLO							
C 0	50	2.07	11.26	7.55	6.92	8.50	36.30
	150	5.19	13.01	9.48	10.78	11.94	50.39
	300	11.41	11.73	9.23	11.12	12.72	56.21
	500	11.54	12.64	9.63	12.56	13.84	60.22
	700	12.67	11.70	9.63	11.52	12.83	58.34
	Média	8.58	12.07	9.10	10.58	11.97	52.29
C 1/2	50	2.11	11.56	8.08	7.47	9.81	39.04
	150	7.08	12.43	9.67	12.29	14.74	56.21
	300	12.33	13.75	9.17	12.81	15.33	63.39
	500	11.39	13.19	9.99	13.80	15.97	64.34
	700	11.66	13.42	10.13	11.71	16.17	62.08
	Média	8.91	12.87	9.41	11.62	14.40	57.01
C 1	50	1.40	10.33	9.31	7.77	11.04	39.84
	150	6.21	12.85	10.38	11.15	14.69	55.28
	300	11.55	12.02	10.11	14.41	15.49	63.58
	500	12.65	13.10	10.50	14.23	17.07	67.68
	700	11.82	14.10	10.72	13.67	16.72	67.03
	Média	8.73	12.48	10.20	12.25	15.00	58.68
C 2	50	1.57	10.03	9.54	9.39	13.04	43.57
	150	7.18	14.49	10.96	12.01	15.88	60.52
	300	9.28	12.66	10.99	13.18	15.98	62.09
	500	12.84	13.27	11.58	14.82	16.07	68.57
	700	15.50	14.05	11.94	14.66	17.76	71.11
	Média	9.27	12.90	11.00	12.85	15.75	61.17
FOSFATO DE ARAXÁ							
C 0	50	1.99	9.95	8.18	7.96	9.58	37.99
	150	4.91	13.66	9.18	10.53	11.33	49.61
	300	6.62	11.69	8.45	11.53	13.35	51.64
	500	8.18	11.75	8.73	11.52	12.58	52.76
	700	10.31	12.76	9.51	11.32	12.15	56.02
	Média	6.40	11.96	8.81	10.57	11.80	49.60
C 1/2	50	1.34	10.44	9.41	8.52	10.57	40.27
	150	3.03	13.22	9.65	11.90	13.38	51.19
	300	4.34	13.17	10.41	13.40	15.26	59.59
	500	8.44	13.47	9.69	13.43	15.18	60.01
	700	7.23	12.83	9.46	11.86	15.16	56.53
	Média	4.88	12.63	9.72	11.82	13.91	53.52
C 1	50	0.95	11.08	10.47	11.00	11.78	43.56
	150	1.82	13.32	11.43	11.50	15.39	53.73
	300	3.21	15.75	11.23	12.25	16.20	61.10
	500	4.84	13.50	10.56	13.25	16.27	58.33
	700	7.18	12.84	10.17	14.25	16.60	60.11
	Média	3.60	13.30	10.77	12.45	15.25	55.37
C 2	50	0.52	6.67	9.29	10.05	12.30	38.83
	150	1.14	9.92	10.03	11.62	15.34	48.30
	300	1.24	12.47	12.23	15.06	16.28	57.28
	500	2.17	13.89	11.73	14.23	15.10	57.12
	700	3.04	14.33	12.58	13.85	16.79	60.59
	Média	1.62	11.46	11.17	12.96	15.16	54.42

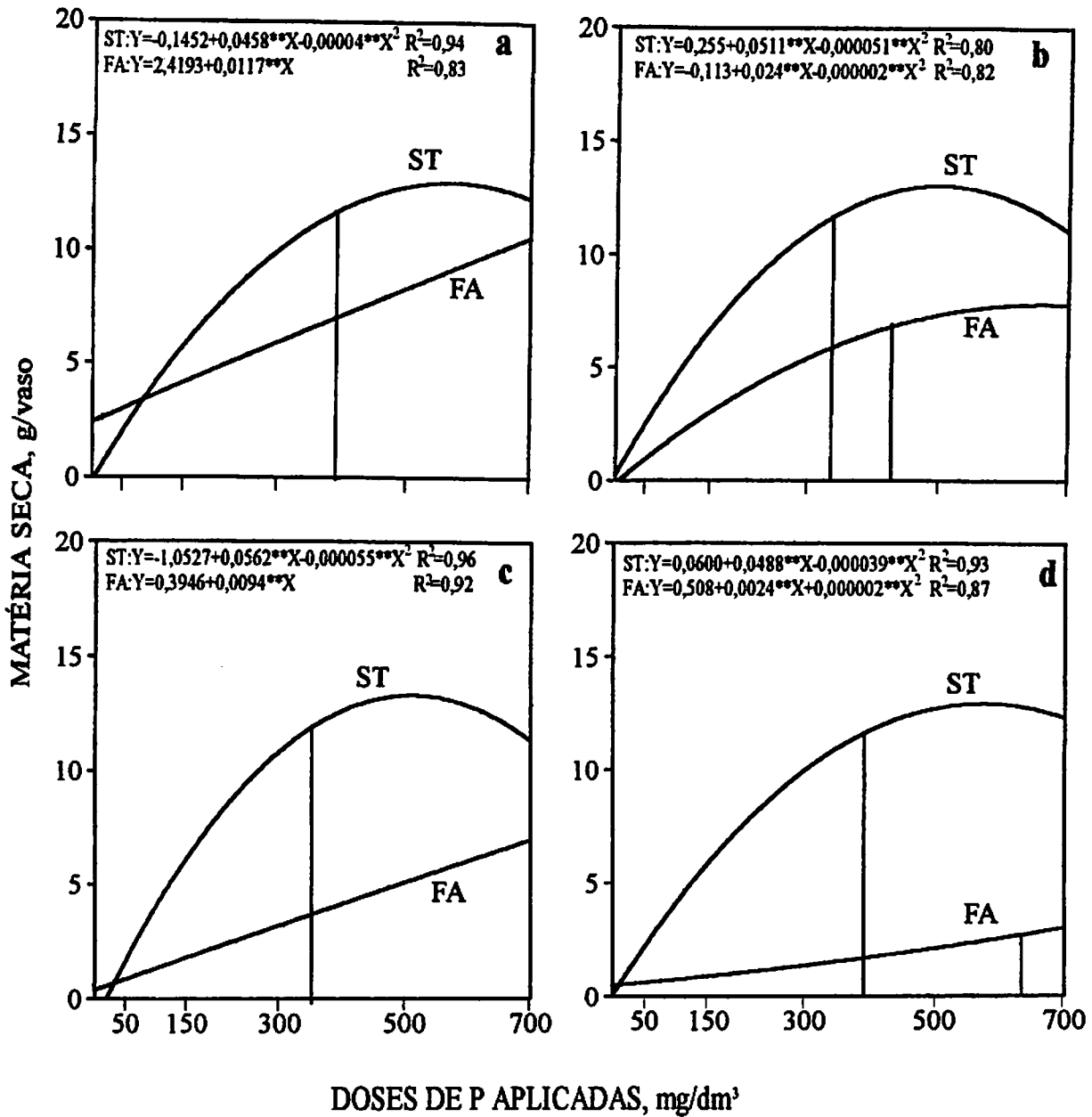


Figura 1: Produção de matéria seca da parte aérea do braquiarião no 1º corte em função das doses de P aplicadas, nos diferentes níveis de calcário: C0 (a), C1/2 (b), C1 (c) e C2 (d), e a indicação da dose de P para 90% da produção máxima.

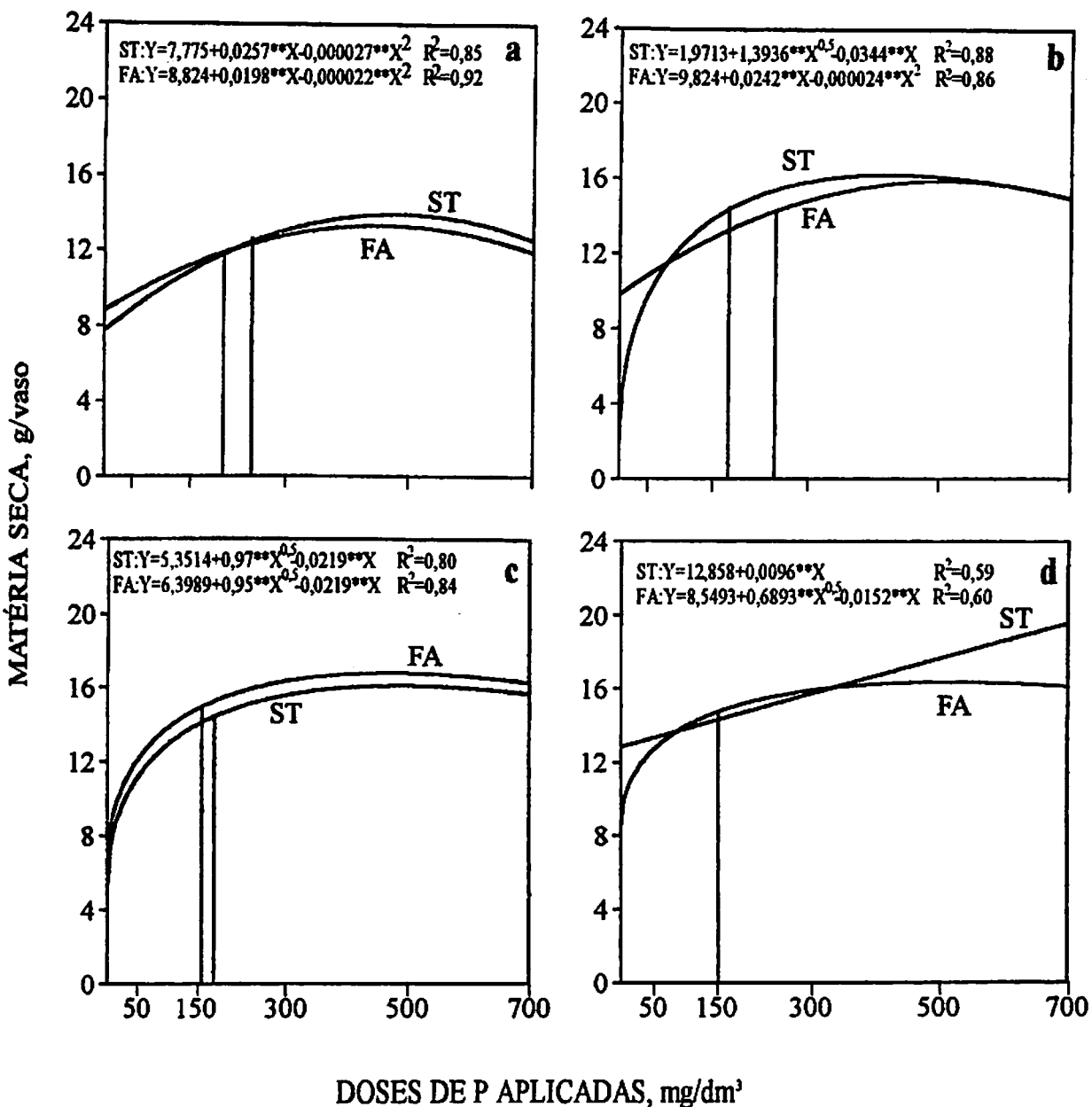


Figura 2: Produção de matéria seca da parte aérea do braquiário no 5º corte em função das doses de P aplicadas, nos diferentes níveis de calcário: C0 (a), C1/2 (b), C1 (c) e C2 (d), e a indicação da dose de P para 90% da produção máxima.

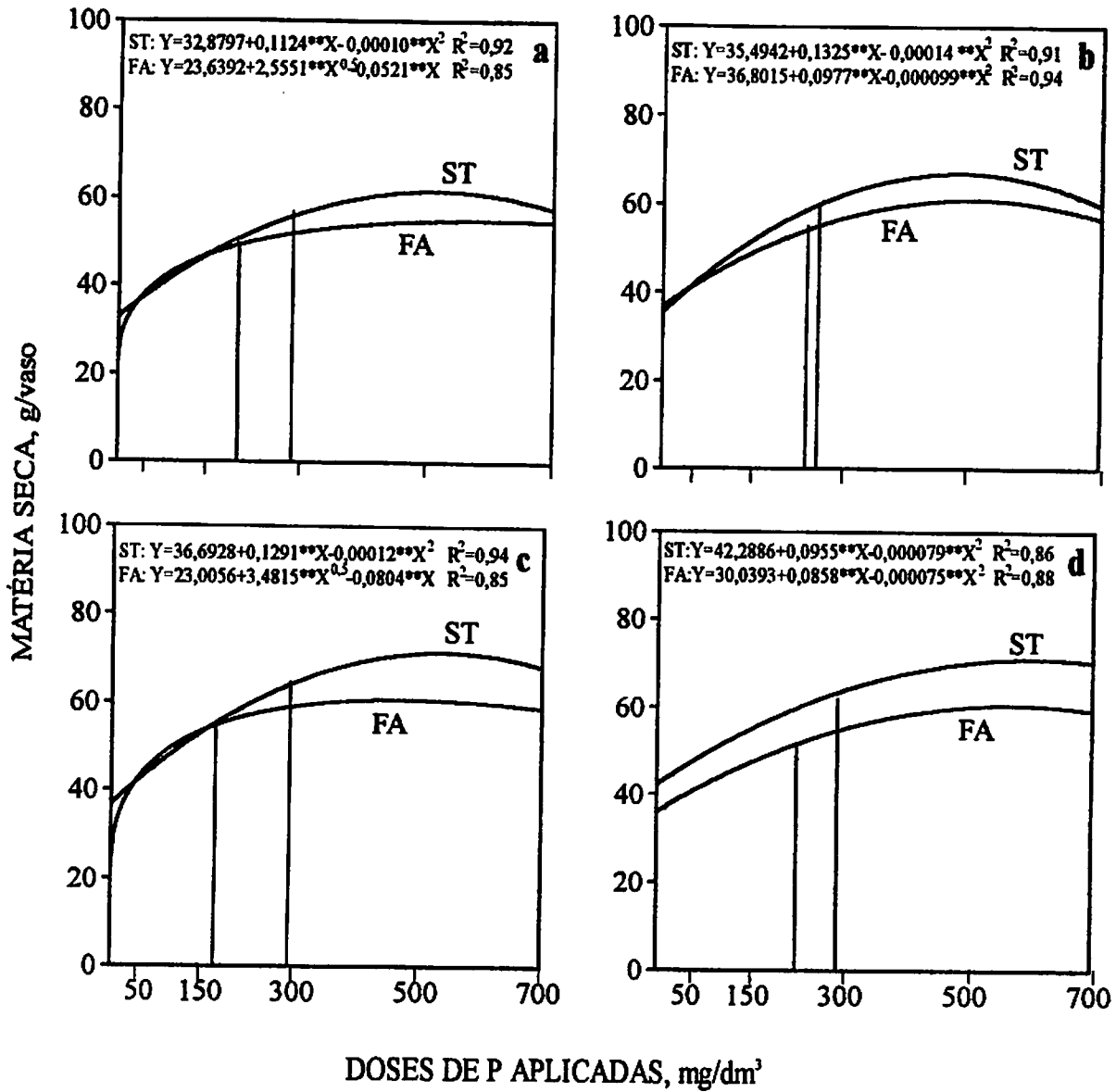


Figura 3: Produção de matéria seca total (soma de cinco cortes) da parte aérea do braquiário em função das doses de P aplicadas, nos diferentes níveis de calcário: C0 (a), C1/2 (b), C1 (c) e C2 (d), e a indicação da dose de P para 90% da produção máxima.

foram observadas entre as doses de P para ambas as fontes e níveis de calagem, à exceção da menor dose de P aplicada. Italiano Gomide e Monnerat (1981), em condições de campo, ao aplicar doses crescentes de superfosfato simples, para avaliar a produção de capim jaraguá, também encontraram aumentos significativos na produção de MS com as doses somente no 1^o corte, e a não influência das doses na produção nos dois cortes posteriores, decorrente do efeito residual. Este fato confirma a grande dependência do braquiarião do nível de P no solo na fase de estabelecimento. Nara (1992) ressalta que após o estabelecimento, as forrageiras, através de um desenvolvimento adequado do sistema radicular, passam a explorar com mais eficiência o P aplicado no solo.

Deve-se destacar no 1^o corte do braquiarião o efeito prejudicial da calagem nos tratamentos com FA, promovendo uma redução na produção de MS com a elevação das doses de calcário (Figura 1) sendo este efeito minimizado nos cortes posteriores (Tabela 3 e Figura 2). Passos (1994) trabalhando com braquiarião em Latossolo variação Una, também observou o mesmo comportamento da forrageira em cortes sucessivos, quando submetida aos tratamentos com FA, na presença e ausência de calagem. Por outro lado, a calagem não afetou de modo consistente a produção de braquiarião nos tratamentos com ST. Yost et al. (1982) encontraram resultados semelhantes para *Brachiaria decumbens*.

No total dos cortes, no nível de calagem C1 nas doses de P acima de 300 mg/dm³ e no nível de calagem C2, observou-se a redução da produção de MS da forrageira, quando da aplicação do FA em comparação ao ST (Figura 3). Já é sabido que a solubilidade dos fosfatos é afetada pelo pH do solo e pelo tempo de contato com o solo; enquanto que o aumento do pH diminui, o tempo de contato favorece a eficiência agrônômica dessas fontes.

Segundo Yost et al. (1982), a disponibilidade de P do FA à *Brachiaria decumbens* aumentou com o tempo de contato com o solo. Do mesmo modo, Sanzonowicz, Lobato e Goedert (1987), verificaram que a calagem exerceu efeito benéfico sobre a produção de MS de *B. decumbens*, mesmo na presença de FA já a partir do 2^o ano. Considerando-se a produção acumulada de braquiarião durante todo o período de 10 anos, tais autores notaram um efeito benéfico da calagem até a dose de três t/ha de calcário. As espécies do gênero *Brachiaria* possuem boa tolerância à acidez e aos níveis de Al inicialmente encontrados no solo. Neste caso, a resposta positiva da calagem pode ser atribuída mais ao fornecimento de Ca e Mg como nutriente

do que como uma necessidade de correção da acidez do solo. Também Leite et al. (1985) e Mattos (1988), comparando as produções de MS de forrageiras obtidas com ST e FA, relatam a superioridade do ST no período inicial, equivalendo-se ao término do período de condução dos experimentos. Tal diferença está relacionada ao tempo de incubação, que não foi suficiente para promover a solubilização do FA e favorecer a liberação de P no período inicial, tal como observado no presente trabalho.

As variações observadas na produção de MS entre os cortes, foram devidas, principalmente, à duração do período de crescimento que foram variáveis entre eles, e, também, à época do ano.

Em geral, a produção de máxima eficiência econômica situa-se um pouco abaixo da produção máxima, tendo sido frequentemente utilizada pelos pesquisadores doses correspondentes a 80 ou 90% da produção máxima para o 1^o, 5^o e total dos cortes, cujos valores espera-se sejam aproximados do máximo econômico (Hoffmann et al., 1995). Assim, estimaram-se as doses críticas de P correspondentes a 90% da produção máxima, através de equações de regressão que relacionam produção de MS em função das doses de P aplicadas, dentro de cada nível de calagem (Tabela 4).

TABELA 4. Produção de matéria seca (MS) da parte aérea do braquiário no 1^o, 5^o e total dos cortes e a dose de P aplicada, correspondentes a 90% da produção máxima.

Tratamentos	1 ^o corte		5 ^o corte		Total	
	MS g/vaso	Dose P mg /dm ³	MS g/vaso	Dose P mg /dm ³	MS g/vaso	Dose P mg /dm ³
ST C0	11,67	392,46	12,50	249,10	55,43	274,28
C 1/2	11,75	340,98	14,38	174,98	60,16	254,71
C 1	11,97	355,38	14,48	184,00	64,27	293,96
C 2	11,63	392,31	19,58	700,00 ⁽¹⁾	64,03	304,32
FA C 0	10,61	700,00 ⁽¹⁾	11,95	204,32	49,47	203,00
C 1/2	7,24	427,21	14,33	246,58	54,81	245,40
C 1	6,97	700,00 ⁽¹⁾	15,03	164,50	54,62	168,00
C 2	2,72	635,29	14,73	152,00	52,33	240,44

⁽¹⁾ para equações lineares considerou-se a maior dose aplicada.

Observa-se que no 1^o corte os tratamentos com ST foram mais produtivos, necessitando de doses menores de P para atingir maior produção, enquanto que no 5^o corte não houve diferença entre as produções de MS com ST e FA. Com relação a MS total, verifica-se que a produção foi mais elevada para ST, em decorrência das diferenças observadas no 1^o corte, estabilizando-se a partir do nível C1 da calagem. Para a fonte FA, o nível de calagem C0 teve produção inferior, indicando que a maior produção de MS no 1^o corte, neste nível, não foi acompanhada nos cortes subsequentes (Tabela 4). Considerando a produção de MS total, os níveis de calagem C1 para o ST e C1/2 para o FA foram os mais eficientes. Portanto, para o cultivo do braquiarião neste solo, deve-se aplicar o nível de calagem C1 (elevação de V para 50%) para fontes solúveis como o ST e C1/2 (metade da dose recomendada) para fontes de baixa solubilidade como o FA.

No 5^o corte e no total dos cortes, as doses críticas de P (doses correspondentes a 90% da produção máxima) foram menores que no 1^o (Tabela 4). Fonseca (1987) e Hoffmann et al. (1985), também constataram uma diminuição da dose crítica de P no 2^o corte, confirmando a grande dependência da forrageira do nível de P no solo, na fase de estabelecimento.

Os maiores incrementos na produção de MS até a dose 150 mg de P/dm³ (Tabela 3), levaram a ajustes raiz quadrática nos tratamentos C1/2 e C1 para o ST, C1 e C2 para o FA no 5^o corte e C1 para o FA no total dos cortes (Figuras 1, 2 e 3) proporcionando menores doses críticas de P para os mesmos.

Os valores elevados de dose crítica para 90% da produção máxima encontrados, aparentemente não concordam com a boa adaptação aos solos de baixa fertilidade e menor exigência em P do braquiarião, em condições de campo (CIAT, 1984 e Gomide et al., 1986). Estes valores são maiores que os encontrados por Hoffmann et al. (1995) para *Brachiaria decumbens*, e que equivaleram a 114, 54 e 89 mg de P/dm³ para o 1^o, 2^o e total dos cortes, respectivamente; situam-se também muito acima dos valores encontrados por Andrew e Robins (1971) para forrageiras tropicais, que foram de aproximadamente 30 mg/dm³. No entanto, pesquisadores trabalhando em ambiente de casa de vegetação, também encontraram valores elevados de exigência em P, para espécies do gênero *Brachiaria*, incluindo o braquiarião, variando entre 150 e 300 mg/dm³ (Guss, 1988), atingindo até 684 mg/dm³ (Fonseca, 1987).

4.2 Fósforo disponível no solo

As médias de P disponível no solo, estimadas pelos extratores Mehlich I e resina nas amostras de solo coletadas após a incubação e antes do plantio, encontram-se na Tabela 5. Submeteram-se estes dados a equações de regressão (Tabela 6), que ajustaram-se ao modelo linear obtendo-se elevado coeficiente de determinação entre o P aplicado e o P extraído pelos dois métodos, a exemplo do citado por Guss (1988) para o extrator Mehlich I e Corrêa (1991) para ambos os extratores, utilizando nos dois casos fonte de P solúvel.

TABELA 5. Fósforo recuperado do solo (mg/dm^3) pelos extratores Mehlich I e Resina

Tratamentos	Doses de P (mg/dm^3)					Média	
	50	150	300	500	700		
Resina Trocadora de Íons							
ST	C 0	9,58	39,91	70,81	117,32	155,62	78,65
	C 1/2	11,67	39,64	70,71	125,02	154,61	80,33
	C 1	12,82	42,56	95,43	146,71	176,01	94,71
	C 2	16,00	42,75	91,58	142,24	176,70	93,85
	Média	12,52	41,22	82,14	132,82	165,73	
FA	C 0	8,10	23,02	39,07	76,22	71,50	43,58
	C 1/2	5,95	27,66	35,72	65,24	83,51	43,62
	C 1	4,06	11,95	28,43	48,68	67,98	38,64
	C 2	4,83	11,87	31,95	45,16	47,56	28,27
	Média	5,72	18,63	33,79	58,83	67,41	
Mehlich I							
ST	C 0	7,00	17,00	34,00	75,00	120,00	50,60
	C 1/2	6,00	14,00	29,00	69,00	120,00	47,60
	C 1	7,00	16,00	40,00	75,00	120,00	51,60
	C 2	5,00	17,00	42,00	78,00	114,00	51,20
	Média	6,25	16,00	36,25	74,25	118,00	
FA	C 0	10,00	48,00	108,00	198,00	352,00	143,20
	C 1/2	11,00	51,00	108,00	234,00	376,00	144,80
	C 1	13,00	51,00	126,00	234,00	320,00	148,80
	C 2	13,00	42,00	150,00	204,00	360,00	153,80
	Média	11,75	48,00	123,00	217,50	352,00	

Os dados da Tabela 5, mostram que a calagem afetou a extração de P pela resina, sendo que para o ST, houve uma tendência de elevação do valor de P extraído e para o FA a tendência foi de diminuição com o aumento das doses de calcário. Tais dados concordam com resultados encontrados por Olaya Huertas (1988), para fonte solúvel e Moreira et al. (1979) para fosfatos naturais. Taylor e Gurney (1965), estudando o efeito da aplicação de CaCO_3 sobre o teor de P na solução em cinco solos, encontraram que, em quatro solos não houve aumento na concentração de PO_4^- em solução (medido pelo potencial de PO_4^-); entretanto, as quantidades de P extraídas pela resina elevaram-se, mostrando uma elevação no suprimento de P lábil. O aumento do P extraído pela resina, sem o aumento no equilíbrio da solubilidade do PO_4^- , implica que a calagem causa alguma alteração na natureza dos fosfatos no solo, dando lugar a uma forma de fosfato mais facilmente removível pela resina.

TABELA 6. Equações de regressão para teor de fósforo (mg/dm^3) no solo, em função das doses de fósforo aplicadas.

Fonte de P	Calagem	Equações	R ²
Resina Trocadora de Ânions			
ST	C 0	$Y = 3.0646 + 0.2224^{**}X$	0.99
	C 1/2	$Y = 4.3333 + 0.2235^{**}X$	0.98
	C 1	$Y = 7.2787 + 0.2570^{**}X$	0.99
	C 2	$Y = 8.0038 + 0.2525^{**}X$	0.99
FA	C 0	$Y = 7.1912 + 0.1070^{**}X$	0.88
	C 1/2	$Y = 4.2225 + 0.1159^{**}X$	0.97
	C 1	$Y = -1.7461 + 0.0999^{**}X$	0.99
	C 2	$Y = 4.4493 + 0.0701^{**}X$	0.91
Mehlich I			
ST	C 0	$Y = -9.7773 + 0.1745^{**}X$	0.99
	C 1/2	$Y = -9.4115 + 0.1741^{**}X$	0.98
	C 1	$Y = -10.7076 + 0.1768^{**}X$	0.96
	C 2	$Y = -6.8559 + 0.1702^{**}X$	0.99
FA	C 0	$Y = -31.1697 + 0.5128^{**}X$	0.98
	C 1/2	$Y = -34.9891 + 0.5617^{**}X$	0.98
	C 1	$Y = -15.8484 + 0.4843^{**}X$	0.99
	C 2	$Y = -23.5523 + 0.5216^{**}X$	0.97

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

Para o ST, o método da resina apresentou maior capacidade de extração do que o método Mehlich I (Tabelas 5 e 6), sendo que estas diferenças são devidas aos diferentes processos de ação destes métodos. A resina remove o P do solo sem exercer influência sobre as formas de P no solo não disponíveis às plantas, como é o caso de muitos extratores químicos (Raij, Quaggio e Silva, 1986). De modo contrário, o extrator Mehlich I extraiu quantidades mais elevadas de P nos solos adubados com fosfato natural confirmando inúmeros resultados de pesquisa (Magalhães, 1984; Raij, Quaggio, e Silva, 1986; Sanzonowicz, Lobato e Goedert, 1987). O método Mehlich I, pelo fato de utilizar uma solução ácida como extrator, extrae mais P do solo das formas de fosfatos cálcicos como a apatita do FA, superestimando os valores de P disponíveis à planta.

Por outro lado, a resina ao simular a troca aniônica efetuada pela raiz ativa de um vegetal, não é influenciada pela solubilidade do fertilizante utilizado, sendo, portanto, mais adequada para indicar a quantidade de P disponível no solo. O método da resina se comporta bem, por extrair formas lábeis de P e por ser um processo similar ao das raízes das plantas, expressando o equilíbrio entre o P-lábil e o P-solução (Holanda et al., 1994)

Correlacionaram-se os valores de P recuperados pelos extratores Mehlich I e resina com a produção de MS e com o acúmulo de P na planta no 1^o, 5^o e total dos cortes, cujos valores são apresentados na Tabela 7. Independente das fontes de P, a produção de MS e o P absorvido pelo braquiário apresentaram melhores correlações com o P recuperado pela resina do que o Mehlich I; observa-se ainda que no 1^o corte, tanto a produção de MS quanto o acúmulo de P não correlacionaram-se com o P extraído pelo Mehlich I, indicando que o mesmo não foi um bom indicador do P disponível à planta por ocasião de seu estabelecimento. Entretanto, ao considerarmos as fontes individualmente, de maneira geral, verifica-se que os coeficientes foram relativamente melhores comparativamente à primeira situação, com valores ligeiramente inferiores para o FA. Resultados similares foram encontrados por vários autores (Stefanutti, Malavolta e Muraoka, 1992; Holanda et al., 1994 e Brasil e Muraoka, 1995). Brasil e Muraoka (1995) relatam que o extrator Mehlich I extraiu altas quantidades de P nos tratamentos com fosfato natural, encontrando baixas correlações entre o acúmulo de P e a produção de MS e o P disponível no solo determinado pelo Mehlich I quando consideradas as fontes em conjunto.

TABELA 7. Coeficientes de correlação linear entre o fósforo recuperado no solo pelos extratores Mehlich I e resina e a produção de MS e o P acumulado na planta.

Extratores	Matéria seca			Acúmulo de P na planta		
	1 ^o corte	5 ^o corte	Total	1 ^o corte	5 ^o corte	Total
Mehlich I	0,16 ^{ns}	0,34*	0,38**	0,07 ^{ns}	0,48**	0,46**
Resina	0,90**	0,52**	0,78**	0,96**	0,88**	0,94**
SUPERFOSFATO TRIPLO						
Mehlich I	0,79**	0,50*	0,70**	0,96**	0,93**	0,96**
Resina	0,89**	0,64**	0,84**	0,97**	0,96**	0,98**
FOSFATO DE ARAXÁ						
Mehlich I	0,68**	0,53**	0,72**	0,75**	0,80**	0,87**
Resina	0,87**	0,39*	0,69**	0,89**	0,90**	0,93**

^{ns}, *, ** não significativo, significativo a 5 e a 1% pelo teste T, respectivamente.

4.3 Níveis críticos externos e internos de fósforo

Os níveis críticos externos de P estimados para obtenção de 90% da produção máxima no 1^o corte e total dos cortes, variaram em função dos extratores, das fontes de P e em menor intensidade da calagem (Tabela 8). Os níveis críticos de P no solo determinados pela resina foram mais elevados para o ST que os determinados pelo Mehlich I, enquanto que para o FA, observou-se o contrário. O Mehlich I, por ser um extrator ácido, promoveu a solubilização do P-Ca do FA não disponível às plantas, o que levou a valores superestimados de níveis críticos.

Corrêa (1991), trabalhando com braquiarião, e utilizando o ST como fonte de P, encontrou que os níveis críticos de P no solo obtidos pelo método da resina foram superiores aos obtidos pelo método Mehlich I, evidenciando sua maior capacidade de extração de P adicionado por fontes solúveis.

Os maiores valores de nível crítico observados no 1^o corte em relação ao total, devem-se a doses críticas menores estimadas para 90% da produção máxima total (Tabela 4). Segundo Fonseca (1987), estes níveis críticos poderiam ser ainda menores. A utilização das mesmas equações de P recuperado para estimar o nível crítico no 1^o corte e no total dos cortes, a não consideração do P absorvido pelas plantas nos cortes, e a não consideração de uma possível

redução da quantidade de P lábil pela passagem para a forma não lábil, pode levar a superestimação dos níveis críticos externos de P no total dos cortes.

TABELA 8. Níveis críticos de P no solo pelos extratores Resina e Mehlich I, para obtenção de 90% da produção máxima do braquiário no 1^o corte e total dos cortes.

Fonte de P	Calagem	1 ^o corte (mg/dm ³)		Total (mg/dm ³)	
		Resina	Mehlich I	Resina	Mehlich I
ST	C 0	90,35	58,71	64,06	38,08
	C 1/2	80,54	49,45	61,26	34,93
	C 1	95,57	50,03	82,83	41,26
	C 2	107,06	59,91	84,84	44,94
FA	C 0	82,09	327,79	28,91	72,93
	C 1/2	53,47	204,97	32,66	102,85
	C 1	68,18	323,16	15,04	65,51
	C 2	48,98	307,81	21,30	101,86

Os níveis críticos de P no solo obtidos neste trabalho, encontram-se dentro de uma ampla faixa de valores citada na literatura para *Brachiaria* spp., os quais vão desde muito baixos como 8,5 mg de P/dm³ para o braquiário (Corrêa, 1991), chegando a 137 mg/dm³ para *Brachiaria decumbens* (Fonseca, 1987), repetindo razoavelmente os valores obtidos por Guss (1988) no 1^o corte do braquiário, estimados pelo extrator Mehlich I e que variaram de 32 a 58 mg de P/dm³ para diferentes solos. Estes valores apresentam-se elevados, se comparados com níveis obtidos em condições de campo para forrageiras tropicais, e que variaram de 2,5 a 11,4 mg/dm³ (CIAT, 1977). Os valores são também relativamente elevados, considerando-se que se referem a uma espécie forrageira reconhecida como de baixa exigência em fertilidade do solo.

As diferenças observadas no nível crítico do solo entre o 1^o corte e o total dos cortes, fazem supor que parece razoável a sugestão de Neves (1983), de adotar-se conceitos de níveis críticos no solo mais altos para estabelecimento, e mais baixos para manutenção, ao estudar-se culturas perenes.

Também para 90% da produção máxima, estimaram-se os níveis críticos internos de P na parte aérea do braquiário no 1^o corte (estabelecimento) e no 5^o corte, para as fontes de P

em cada nível de calcário utilizado (Tabela 9). Os níveis críticos internos no 1^o corte encontrados no presente trabalho para o ST e o FA estão dentro da faixa de variação encontrada para gramíneas forrageiras em geral, os quais estão entre 1,6 g/kg para o braquiarião para 90% da produção máxima (Corrêa, 1991) até 3,05 g de P/kg para *Cynodom plectostachyum* obtidos por Falade, (1975), para a produção máxima. Os valores de nível crítico para o ST estão compatíveis com valores encontrados por Hoffmann et al. (1995) para *Brachiaria decumbens* e por Guss (1988) para o braquiarião os quais foram 2,0 g/kg para o primeiro autor e 1,4 a 2,5 g de P/kg para o segundo autor no 1^o corte; para o total dos cortes ambos obtiveram valores entre 1,0 e 1,7 g/kg.

TABELA 9. Níveis críticos de P na parte aérea do braquiarião para o 1^o e 5^o cortes, estimados para 90% da produção máxima do 1^o e 5^o cortes, respectivamente.

Fonte de P	Calagem	NC Interno (g/kg)	
		1 ^o corte	5 ^o corte
ST	C 0	2,07	0,98
	C 1/2	1,78	0,66
	C 1	2,10	0,60
	C 2	1,99	1,73
FA	C 0	1,53	1,07
	C 1/2	1,69	0,86
	C 1	1,54	0,61
	C 2	2,42	0,56

Os valores dos níveis críticos observados para o ST foram mais elevados do que para FA especialmente no 1^o corte, exceto para o tratamento C2 da fonte FA que apresentou um nível crítico mais elevado. Tal comportamento deve-se provavelmente ao efeito de concentração, devido a menor produção de MS pelas plantas nesta situação. Níveis críticos mais elevados na fase inicial podem ser atribuídos a maior solubilidade e conseqüente maior disponibilidade e absorção do P do ST pelas plantas. Conforme Bielecki (1973), as razões para as variações da concentração crítica parecem estar intimamente ligadas ao maior ou menor acúmulo de P de reserva no vacúolo celular, principalmente inorgânico, sem função metabólica imediata. Assim, por exemplo, a medida da concentração crítica seria superestimada para fontes de maior solubilidade como o ST. Ao contrário, a menor disponibilidade de P no solo levaria a um menor acúmulo de P inorgânico nos vacúolos e, conseqüentemente, menor valor da concentração crítica. A mesma explicação pode ser

dada para justificar os menores valores de nível crítico no 5º corte, considerando que com a sucessão de cortes e, conseqüente extrações sucessivas de P, houve uma diminuição na disponibilidade de P aplicado no solo.

Adicionalmente, pode-se inferir também, que a maior produção de MS no 5º corte, comparativamente ao 1º, contribuiu para redução do nível crítico, pelo efeito de diluição.

As diferenças observadas entre os níveis críticos externos e internos estimados e os citados na literatura são devidas, possivelmente, a diferenças entre as condições experimentais e a metodologia utilizada. Ressalta-se, portanto, a necessidade de padronização da metodologia para um uso mais eficiente dos dados obtidos.

4.4 Teor e acúmulo de fósforo

Os teores de P na parte aérea do braquiário nos cinco cortes realizados estão na Tabela 10. Apenas para o 1º e 5º cortes ajustaram-se equações de regressão para os teores de P em função das doses de P aplicadas (Tabela 11), a exemplo do utilizado para a produção de MS.

No 1º corte, o ST apresentou a mesma tendência em todos os níveis de calcário, ou seja, diminuição dos teores nas doses de P intermediárias (Tabelas 10 e 11), devido ao efeito de diluição pela maior produção de MS, como mostra a Figura 1. Para o FA, os teores de P na MS tenderam a diminuir com o aumento das doses, possivelmente pelo efeito de diluição causado pelo aumento linear no crescimento (Figura 1), exceto no nível de calcário C2, onde os teores de P foram crescentes com as doses de P aplicadas (Tabelas 10 e 11), devido à pequena variação no crescimento da planta no mesmo sentido (Figura 1).

À exceção do ST no 2º corte, de maneira geral, os teores de P na parte aérea do braquiário tenderam a decrescer com a sucessão de cortes, independente do nível de calagem (Tabela 10). Isto pode ser explicado por um lado, pela extração sucessiva do P no solo com os cortes, e de outro, pela tendência de maior produção de MS no mesmo sentido (Tabela 3), promovendo um efeito de diluição. Fonseca (1987) argumenta que, no caso de plantas perenes, espera-se que ocorra exaustão do P próximo ao sistema radicular, uma vez que, após o 1º corte, a expansão das raízes dentro do vaso em partes exploradas anteriormente é, relativamente menor.

TABELA 10. Teor de fósforo (g/kg) na parte aérea do braquiário nos cinco cortes (média de três repetições).

Calagem	P(mg/dm ³)	1 ^o corte	2 ^o corte	3 ^o corte	4 ^o corte	5 ^o corte
SUPERFOSFATO TRIPLO						
C 0	50	2.20	0.80	0.45	0.70	0.35
	150	2.20	1.77	0.72	0.90	0.73
	300	1.53	0.93	1.07	1.27	1.26
	500	2.70	0.83	1.53	1.57	1.60
	700	3.60	1.03	2.35	2.67	2.28
	Média	2.45	1.07	1.22	1.42	1.24
C 1/2	50	2.20	1.67	0.48	0.67	0.41
	150	1.77	0.70	0.77	0.80	0.56
	300	1.60	0.97	1.12	1.20	0.93
	500	2.43	0.93	1.67	1.33	1.15
	700	3.40	1.07	2.23	2.13	1.25
	Média	2.28	1.07	1.25	1.23	0.86
C 1	50	2.40	0.60	0.46	0.63	0.32
	150	1.73	0.70	0.78	0.83	0.57
	300	1.73	0.90	1.07	1.14	0.85
	500	3.20	0.87	1.74	1.55	1.18
	700	3.03	1.03	3.31	1.97	1.39
	Média	2.42	0.82	1.47	1.22	0.86
C 2	50	2.26	0.67	0.50	0.70	0.33
	150	2.07	0.73	0.65	0.70	0.57
	300	1.67	0.87	1.21	1.37	0.92
	500	2.53	0.73	2.01	1.37	1.44
	700	3.63	1.17	3.16	2.10	1.71
	Média	2.43	0.83	1.51	1.24	0.99
FOSFATO DE ARAXÁ						
C 0	50	1.97	1.13	0.44	0.60	0.44
	150	1.50	1.37	0.67	0.93	1.05
	300	1.33	1.10	1.02	1.13	1.27
	500	1.50	2.34	1.52	1.33	1.66
	700	1.43	1.17	2.60	1.83	1.72
	Média	1.55	1.42	1.25	1.16	1.23
C 1/2	50	2.00	1.00	0.46	0.63	0.41
	150	1.83	1.67	0.69	0.80	0.72
	300	1.80	1.17	0.98	1.03	0.94
	500	1.67	2.27	1.51	1.20	1.05
	700	1.47	1.23	2.35	1.34	1.05
	Média	1.75	1.47	1.20	1.00	0.83
C 1	50	1.83	0.90	0.45	0.60	0.41
	150	2.17	1.67	0.64	0.73	0.61
	300	2.20	1.07	0.83	0.93	0.75
	500	1.77	2.03	1.34	1.17	0.98
	700	1.60	1.23	2.17	1.20	0.97
	Média	1.91	1.38	1.09	0.93	0.74
C 2	50	1.53	0.90	0.40	0.63	0.47
	150	1.30	1.63	0.58	0.63	0.58
	300	1.93	0.90	0.77	0.83	0.68
	500	2.17	2.33	1.14	1.00	0.85
	700	2.60	0.87	2.23	1.07	0.97
	Média	1.91	1.33	1.02	0.83	0.71

TABELA 11. Equações de regressão para teor de fósforo (g/kg) na parte aérea do braquiário, no 1^o e 5^o cortes, em função das doses de fósforo.

Fonte de P	Calagem	Equações	R ²
1 ^o corte			
ST	C 0	$Y = 2.4528 - 0.0045^{**}X + 0.000009^{**}X^2$	0.84
	C 1/2	$Y = 2.3323 - 0.0047^{**}X + 0.000009^{**}X^2$	0.96
	C 1	$Y = 3.5098 - 0.2371^{*}X^{0.5} + 0.0087^{**}X$	0.63
	C 2	$Y = 2.5095 - 0.0051^{**}X + 0.0000096^{**}X^2$	0.87
FA	C 0	$Y = 3.0051 - 0.1826^{**}X^{0.5} + 0.0048^{**}X$	0.69
	C 1/2	$Y = 2.0058 - 0.00074^{**}X$	0.96
	C 1	$Y = 1.0826 + 0.1442^{**}X^{0.5} - 0.0048^{**}X$	0.52
	C 2	$Y = 1.2761 + 0.0018^{**}X$	0.90
5 ^o corte			
ST	C 0	$Y = 0.2805 + 0.0028^{**}X$	0.96
	C 1/2	$Y = 0.2475 + 0.0027^{**}X - 0.0000018^{*}X^2$	0,85
	C 1	$Y = 0,3044 + 0,0016^{**}X$	0,90
	C 2	$Y = 0,2604 + 0,0021^{**}X$	0,88
FA	C 0	$Y = 0,3039 + 0,0045^{**}X - 0,0000036^{**}X^2$	0,94
	C 1/2	$Y = 0,3023 + 0,0029^{**}X - 0,0000026^{**}X^2$	0,92
	C 1	$Y = 0,3096 + 0,0021^{**}X - 0,0000017^{**}X^2$	0,92
	C 2	$Y = 0,3945 + 0,0011^{**}X$	0,60

*, ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente

Leite et al., (1986), estudando os efeitos de fontes de P em capim colômbio, também detectaram uma diminuição nos teores de P do 1^o para o 2^o ano de experimento, atribuindo este efeito a um aumento na produção de MS com diluição do elemento da planta.

Com a sucessão dos cortes, principalmente a partir do 3^o corte, para ambas as fontes de P, houve uma tendência de aumento dos teores com as doses de P aplicadas, para todos os níveis de calcário, mostrando um maior efeito residual dos fertilizantes fosfatados nas maiores doses aplicadas (Tabelas 10 e 11). Estes resultados corroboram com os de Novaes (1983), Guss (1988), Mattos (1988) e Hoffmann et al. (1995), para fontes solúveis de P, discordando dos resultados de Novaes (1983) e Mattos (1988) para fosfatos naturais.

O ST, quando comparado ao FA proporcionou maiores teores de P na parte aérea do braquiário apenas no 1^o corte; nos demais cortes, poucas diferenças foram observadas entre as fontes.

Considerando-se a exigência de 1,8 g de P/kg para bovinos em pastejo (National Research Council, 1976), verifica-se que somente no 1^o corte este índice foi atingido e que, nos

cortes subsequentes, os teores de P ficaram normalmente abaixo deste valor. Tornar-se-ia, portanto, necessária a suplementação de P aos bovinos para o atendimento de suas exigências. Pastagens exclusivas de braquiárias podem não satisfazer as necessidades de P nos animais, pois a adubação fosfatada pode não aumentar o teor deste elemento no tecido a um nível adequado. Pesquisadores do CIAT (1984) afirmam que gramíneas forrageiras tropicais ainda que recebendo altas doses de P não apresentam teores deste nutriente no tecido acima de 1,5 g/kg.

A determinação da quantidade do nutriente absorvido por cultivos ou cortes sucessivos (acúmulo) é o melhor método para avaliar a eficiência de uma fonte em suprir determinado nutriente (Passos, 1994). O acúmulo de P pelas plantas é função do teor de P no tecido e da produção de MS da mesma. Normalmente este acúmulo é mais influenciado pela produção de MS do que pelo teor do nutriente no vegetal. Entretanto, para o acúmulo de P do braquiarão (Tabela 3 do Anexo) tal fato foi verdadeiro somente para o 1^o corte, quando a quantidade de MS produzida variou significativamente em resposta as doses de P aplicadas (Figura 1). Nos outros cortes, o acúmulo de P foi mais afetado pelo teor de P no tecido do que pela quantidade de MS produzida, visto esta não variar de maneira tão acentuada.

A Figura 4 mostra que tanto para o ST (ajuste linear) quanto para o FA (ajuste quadrático), as doses crescentes de P promoveram um aumento na acumulação do nutriente na parte aérea da forrageira em todas as doses de calcário utilizadas. Segundo Guss (1988), o aumento de teores de P na MS com o aumento do P aplicado mostra que espécies do gênero *Brachiaria* possuem capacidade de acumular P no tecido após atingir o crescimento máximo, constituindo-se em consumo de luxo, em função da alta disponibilidade do nutriente o que, conforme Fabres (1986), pode também ser um mecanismo de defesa da planta, que acumula P inorgânico nos vacúolos celulares como reserva para mobilizá-lo em condições adversas. As raízes das plantas parecem não possuir um mecanismo hábil suficientemente para evitar a absorção excessiva e o acúmulo de níveis tóxicos de nutrientes.

Até a dose aproximada de 300 mg/dm³, não se observou diferenças entre as fontes no acúmulo total de P na parte aérea do braquiarão (Figura 4); acima dessa dose, o ST proporcionou sempre maiores acúmulos do nutriente do que o FA, sendo a diferença aumentada com a elevação da dose de calcário. É bem conhecido o efeito do pH do solo sobre a disponibilidade de P dos fertilizantes. A elevação do pH de solos ácidos a valores

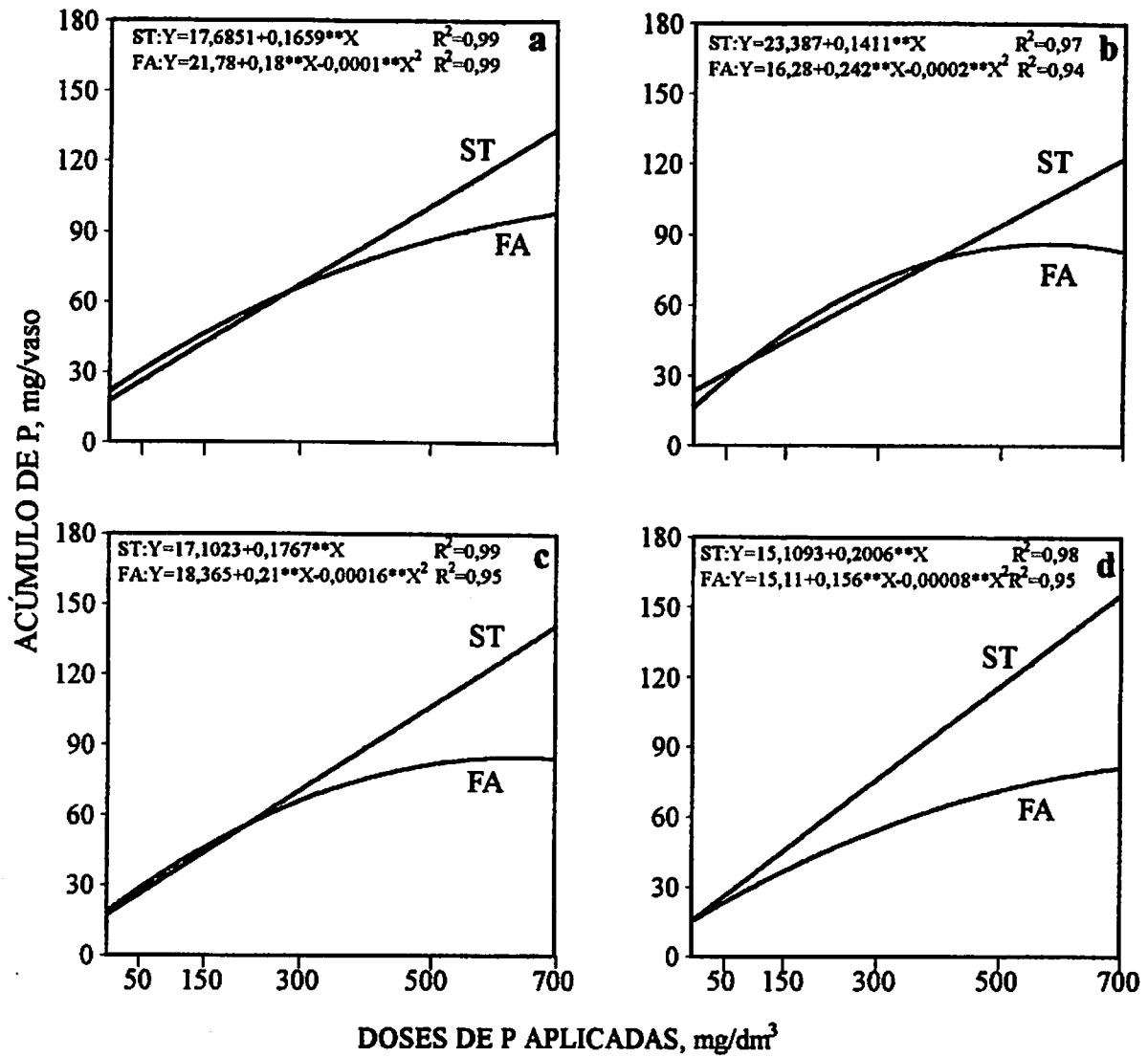


Figura 4. Acúmulo total de fósforo da parte aérea do braquiarião em função das doses de P aplicadas, nos diferentes níveis de calcário: C0 (a), C1/2 (b), C1(c) e C2 (d).

aproximadamente neutros, possibilita um maior aproveitamento de P de fontes solúveis como o ST, pela precipitação do Fe e do Al; o contrário ocorre com os fosfatos de baixa solubilidade como o FA, devido a menor solubilidade do P-Ca, componente da apatita.

Para o ST nas doses mais elevadas, contribuiu para a maior acumulação total de P, a maior disponibilidade do mesmo no solo, conferindo uma maior produção de MS (Figura 3) e uma concentração de P mais elevada na planta (Tabela 10).

4.5 Teor e acúmulo de cálcio

Na Tabela 12 são apresentados os teores de Ca na parte aérea do braquiário nos cinco cortes. Foram ajustadas equações de regressão aos dados de teor de Ca no 1^o e 5^o cortes, em função das doses de calcário utilizadas (Tabela 13).

Verifica-se que as doses de calcário tiveram pouca influência nos teores de Ca na parte aérea da forrageira, tanto para o ST quanto para o FA. Analisando-se as médias dos teores de Ca dentro de cada dose de P (Tabela 12), de maneira geral, observa-se que o aumento das doses das fontes de P, foi acompanhado pelo aumento nos teores de Ca na planta, o que também foi verificado por Paulino e Costa (1990) para *Centrosema* sp. e por Ogunwale e Olaniyi (1980) para *Cajanus cajan*.

Este comportamento pode ser atribuído ao teor de CaO existente na composição do ST e do FA (Tabela 2), fornecido juntamente com as doses de P, elevando a disponibilidade de Ca às plantas. Passos (1994) também não encontrou, de modo geral, efeito considerável da calagem e calagem/gessagem, no aumento dos teores de Ca na parte aérea de braquiário e *Andropogum gayanus* em relação aqueles tratamentos que não receberam calagem, relacionando estes resultados a presença de CaO nas fontes de P estudadas e a alta dose de P aplicada (200 mg/dm³), ressaltando ainda que tal efeito não seria esperado a campo, onde as doses de P aplicadas são bem menores. De modo adverso, Falade (1975), trabalhando com diferentes doses de P em diversas gramíneas forrageiras, não encontrou variações consistentes nas concentrações de Ca no tecido das plantas, com a adição de fontes de P, encontrando teores médios variando de 7,8 a 12,3 g de Ca/kg, próximos aos valores encontrados no presente trabalho.

TABELA 12. Teor de cálcio (g/kg) na parte aérea do braquiarião nos cinco cortes (média de três repetições).

P(mg/dm ³)	Calagem	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	5º corte
SUPERFOSFATO TRIPLO						
50	C 0	4.20	6.00	5.49	6.20	7.14
	C 1/2	5.57	7.70	7.59	8.93	9.14
	C 1	6.70	7.77	7.76	9.03	9.10
	C 2	5.70	7.13	7.53	8.70	9.10
	Média	5.54	7.15	7.09	8.21	8.62
150	C 0	6.43	7.63	10.60	9.33	8.21
	C 1/2	6.57	7.30	11.50	10.87	10.40
	C 1	6.77	7.17	11.99	12.87	11.09
	C 2	7.00	7.00	11.02	11.73	9.22
	Média	6.69	7.27	11.28	11.20	9.73
300	C 0	7.43	8.77	12.35	11.63	8.86
	C 1/2	6.87	8.77	13.77	12.23	10.39
	C 1	8.13	10.27	12.70	13.80	10.54
	C 2	7.77	9.20	11.57	13.40	10.63
	Média	7.53	9.25	12.60	12.76	10.10
500	C 0	8.80	8.80	12.95	12.80	11.44
	C 1/2	8.73	8.20	12.72	12.97	11.62
	C 1	8.47	7.37	11.96	14.33	11.88
	C 2	8.83	6.57	9.79	13.97	13.74
	Média	8.71	7.73	11.85	13.52	12.17
700	C 0	9.73	8.83	11.55	16.30	13.48
	C 1/2	9.60	9.07	12.36	16.27	12.37
	C 1	9.03	10.10	12.26	17.97	13.79
	C 2	9.67	9.40	11.47	15.10	13.80
	Média	9.56	9.35	11.91	16.41	13.36
FOSFATO DE ARAXÁ						
50	C 0	5.37	10.83	8.86	9.47	6.89
	C 1/2	5.60	9.57	8.67	9.67	8.38
	C 1	7.50	8.63	8.14	10.33	7.85
	C 2	7.63	7.80	5.97	9.90	7.55
	Média	6.52	9.21	7.91	9.84	7.67
150	C 0	7.47	10.76	12.07	12.83	11.67
	C 1/2	8.03	11.73	12.37	12.77	12.19
	C 1	6.90	12.27	10.73	12.10	11.73
	C 2	7.20	11.37	9.67	9.30	9.43
	Média	7.40	11.53	11.21	11.75	11.25
300	C 0	7.67	12.13	14.26	14.77	14.24
	C 1/2	8.37	11.33	12.84	14.83	14.23
	C 1	8.67	11.67	10.96	13.23	12.54
	C 2	7.40	8.90	9.34	11.43	11.76
	Média	8.03	11.01	11.85	13.56	13.19
500	C 0	8.23	13.07	11.86	16.23	14.60
	C 1/2	7.57	13.27	12.03	15.70	14.63
	C 1	8.00	12.80	10.37	14.87	13.40
	C 2	6.73	12.93	8.56	14.10	12.74
	Média	7.63	13.02	10.70	15.22	13.84
700	C 0	7.80	12.47	13.79	16.53	14.80
	C 1/2	8.76	11.37	13.80	16.20	14.86
	C 1	7.77	12.10	12.65	16.50	14.65
	C 2	7.00	9.03	9.63	14.93	14.31
	Média	7.83	11.24	12.47	16.04	14.65

TABELA 13 : Equações de regressão para teor de cálcio (g/kg) na parte aérea do braquiário, no 1^o e 5^o cortes, em função das doses de calcário aplicadas.

Fonte de P	P (mg/dm ³)	Equações	R ²
1 ^o corte			
ST	50	$Y = 4.3100 + 0.0025^{**}X - 0.00000064^{**}X^2$	0.78
	150	$Y = 6.4233 + 0.0002^{n.s.}X - 0.00000024^{n.s.}X^2$	0.99
	300	$Y = 7.2042 + 0.0004^{n.s.}X - 0.000000059^{n.s.}X^2$	0.26
	500	$Y = 8.8409 - 0.0004^{n.s.}X + 0.00000011^{n.s.}X^2$	0.75
	700	$Y = 9.5470 + 0.00045^{n.s.}X - 0.00000017^{n.s.}X^2$	0.57
FA	50	$Y = 5.1303 + 0.0016^{n.s.}X - 0.00000024^{n.s.}X^2$	0.81
	150	$Y = 7.6758 + 0.0003^{n.s.}X - 0.00000003^{n.s.}X^2$	0.23
	300	$Y = 7.6484 + 0.0013^{*}X - 0.00000043^{*}X^2$	0.99
	500	$Y = 8.0851 + 0.00007^{n.s.}X - 0.00000001^{n.s.}X^2$	0.79
	700	$Y = 7.9945 + 0.0005^{n.s.}X - 0.00000027^{*}X^2$	0.70
5 ^o corte			
ST	50	$Y = 7.1617 + 0.0974^{**}X^{0.5} - 0.0011^{*}X$	0.78
	150	$Y = 8.2464 + 0.0033^{**}X - 0.00000095^{*}X^2$	0.99
	300	$Y = 8.8710 + 0.0761^{*}X^{0.5} - 0.0007^{*}X$	0.62
	500	$Y = 11.1387 + 0.00073^{**}X$	0.90
	700	$Y = 13.1670 + 0.0002^{n.s.}X - 0.00000016^{n.s.}X^2$	0.56
FA	50	$Y = 6.9181 + 0.0781^{*}X^{0.5} - 0.012^{*}X$	0.54
	150	$Y = 11.7083 + 0.0008^{*}X - 0.00000049^{*}X^2$	0.99
	300	$Y = 14.3080 + 0.0106^{n.s.}X^{0.5} - 0.0010^{*}X^2$	0.62
	500	$Y = 14.7460 - 0.00064^{**}X$	0.76
	700	$Y = 14.8200 + 0.00005^{n.s.}X - 0.000000083^{n.s.}X^2$	0.96

^{n.s.}, ^{*}, ^{**} não significativo, significativo a 10, 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente

Sabe-se que o ST, além de fornecer P, também é fonte de Ca. Inúmeros trabalhos destacam o valor fertilizante dos fosfatos de rocha comparativamente a outras fontes de P, como por exemplo, os superfosfatos; no entanto, poucos relacionam esses fosfatos como sendo capazes de fornecerem Ca às plantas. Devido ao fato do P mineral do fosfato de rocha estar na forma de apatita, que também contém Ca, é possível que o fosfato de rocha possa ter potencial agrônomo como fonte de Ca. CIAT (1981), cita que *Panicum maximum* respondeu de modo mais significativo ao fosfato de rocha do que ao ST, a partir de 20 mg de P/dm³ (Bray I), sugerindo que a planta tenha apresentado uma resposta ao Ca proporcionado pela rocha fosfórica, ao mesmo tempo que respondeu ao P. Passos (1994), observou que a aplicação de 200 mg de P/dm³ na forma de ST e FA aumentou o teor de Ca no solo, em 100 e 157%, respectivamente, confirmando a eficiência dessas fontes como fornecedoras de Ca, nos experimentos em vasos.

Hellums, Chien e Touchton (1989), trabalhando com vários tipos de fosfatos de rocha classificados com base no teor de P solúvel em citrato, em alta (20-30%), média (15-20%) e baixa (< 15%) reatividade química, observaram que, normalmente, a eficiência agrônômica destes fosfatos em termos de resposta da planta ao Ca seguiram a ordem de reatividade da rocha determinada pela solubilidade no citrato. Determinaram ainda que a eficiência agrônômica relativa dos vários fosfatos de rocha comparados ao CaCO_3 (100%) variaram de 28 a 88% e 8 a 58%, em termos de produção de MS e absorção de Ca, respectivamente. Entretanto, a eficiência interna do Ca (incremento na produção de MS/incremento de unidade de Ca absorvido) fornecido pelos fosfatos de rocha foi a mesma do CaCO_3 .

Observa-se na Tabela 12 que o teor de Ca para o FA na dose C2 tendeu a diminuir em todas as doses de P, mostrando a grande contribuição dessa fonte no fornecimento de Ca à forrageira. A solubilidade do P-Ca da apatita do FA é diminuída com a elevação do pH, refletindo em menores teores de Ca na MS da planta, mesmo na dose C2 de calcário.

Outro dado a destacar quanto aos teores de Ca presentes no braquiarião, é que os mesmos apresentaram uma tendência de elevação com os cortes (Tabela 12), principalmente nas doses mais elevadas no FA. Dentre os fatores que podem ter contribuído para este incremento está o aumento da disponibilidade do elemento no solo com o decorrer do tempo, fato este relatado por Gomide et al. (1986), que ao trabalhar com doses e fontes de P, com e sem calagem, observaram a elevação no teor médio de Ca em capim colômbio de 3,0 g/kg no 2º ano para 4,1 g/kg no 3º ano. Observa-se também no FA que a elevação nos teores de Ca do 1º para o 5º corte foi sensivelmente maior nos tratamentos onde não se efetuou a calagem (C0), confirmando a melhor solubilização do FA nas parcelas de maior acidez. Outro fator a ser ressaltado trata-se do equilíbrio Ca:Mg. É bem conhecida a interação existente entre esses dois cátions no processo de absorção. Como será mostrado adiante, com a sucessão dos cortes, houve uma diminuição dos teores de Mg na planta, inclusive com o aparecimento de sintomas de deficiência característicos do nutriente. Com a redução da disponibilidade do Mg, como era de se esperar, houve o aumento nos teores de Ca no mesmo sentido.

Experimentos realizados a campo em um Oxisol na Colômbia (CIAT, 1981), procuraram determinar as exigências de Ca em gramíneas usando calcário agrícola como fonte de Ca. O braquiarião apresentou um nível crítico externo (exigência) de 100 kg de Ca/ha e um nível

crítico interno de 3,70 e 3,20 g de Ca/kg para 80% da produção máxima, respectivamente, para a estação das águas e da seca. Verifica-se, portanto, que tais requerimentos estão abaixo do menor teor de Ca apresentado pela planta (Tabela 12), mesmo considerando-se que o teor do elemento em experimentos de vaso tende a ser mais elevado; estes resultados demonstram que, mesmo nos tratamentos sem aplicação de calagem, o nível inicial de Ca no solo e o fornecido juntamente com as fontes de P foi suficiente para suprir as necessidades da planta quanto a este nutriente.

Os teores de Ca presentes no tecido vegetal da parte aérea do braquiário, foram superiores a 1,8 g/kg, que é considerada a exigência deste nutriente para bovinos em pastejos, segundo o National Research Council (1976).

Os dados de acumulação de Ca na parte aérea do braquiário nos cinco cortes e no total dos cortes são mostrados na Tabela 4 do Anexo. Ajustaram-se equações de regressão aos dados de acúmulo total de Ca (cinco cortes) em função das doses de calcário aplicadas, as quais aparecem na Figura 5. Observa-se que as doses de calcário não influenciaram de maneira muito acentuada o acúmulo de nutriente pela forrageira.

Interessante observar na Figura 5, é que na ausência e nas doses mais baixas de calcário (pH mais ácido), o FA apresentou em todas as doses de P uma maior acumulação de Ca na MS do braquiário em relação ao ST, invertendo-se a tendência nas doses de calcário mais elevadas (pH menos ácido). Este fato deve-se aos teores de Ca mais elevados na planta quando da aplicação do FA, comparativamente ao ST, nas menores doses de calcário aplicadas (Tabela 12), em virtude da maior solubilidade do P-Ca nestas condições, conforme já discutido. O aumento da acumulação do Ca com a elevação das doses de P aplicadas, deve-se a aplicação do Ca presente na composição das fontes de P (Tabela 2). Contribuiu também para o maior acúmulo da Ca nos tratamentos com o ST nas doses de calcário mais elevadas, a maior produção de MS desta fonte (Tabela 3).

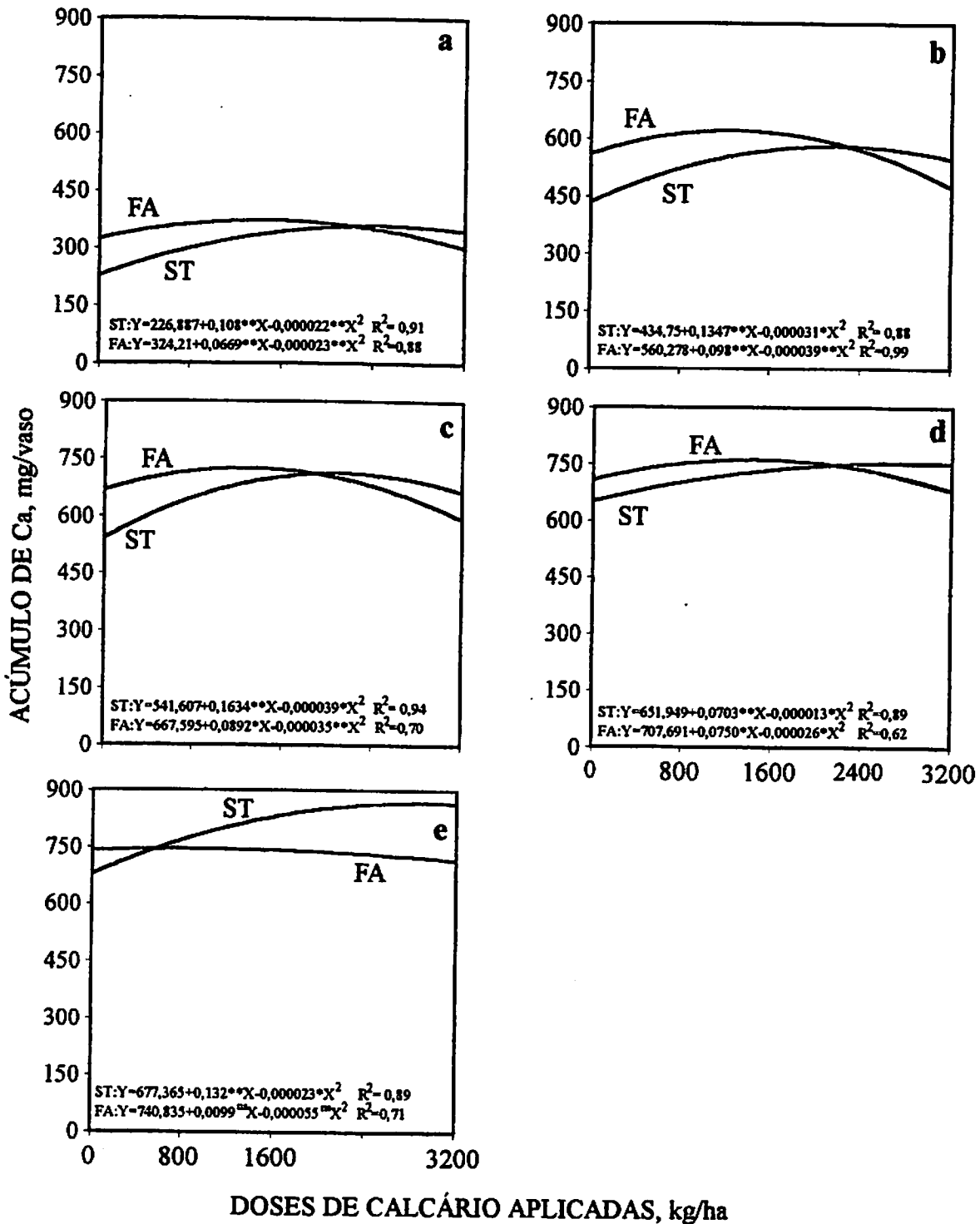


Figura 5. Acúmulo total de cálcio da parte aérea do braquiarião em função das doses de calcário aplicadas, nas diferentes doses de fósforo: 50 (a), 150 (b), 300 (c), 500 (d) e 700 (e) mg de P/dm³.

4.6 Teor e acúmulo de magnésio

Os teores médios de Mg nos cortes encontram-se resumidos na Tabela 14. Os dados do 1^o e 5^o cortes foram submetidos a regressão em função das doses de calcário aplicadas, ajustando-se a modelos quadrático e linear conforme pode ser visualizado na Tabela 15.

Analisando-se as Tabelas 14 e 15, verifica-se que o aumento dos níveis de calagem propiciou igualmente acréscimos nos teores e quantidades acumuladas de Mg (Tabela 5 do Anexo) na parte aérea do braquiário em todos os cortes realizados, independente da fonte e da dose de P, evidenciando íntima correlação entre a quantidade de Mg fornecida pelo calcário dolomítico e a absorção pela planta. Herrera Estrada (1984) trabalhando com feijão e Passos (1994) trabalhando com braquiário também citam que a utilização de calagem e calagem/gessagem promoveram aumentos nos teores de Mg na parte aérea dentro de cada nível e fonte de P aplicada.

A adição de doses mais elevadas de calcário dolomítico no solo coloca a disposição das plantas maiores quantidades de Mg e estreita a relação Ca:Mg mais adequada, favorecendo uma competição mais equilibrada entre estes nutrientes (Ferreira, 1991), refletindo-se nos maiores valores de Mg encontrados na parte aérea.

No 1^o corte o teor de Mg decresceu com o aumento das doses de P para o FA e aumentou com a elevação das doses de ST aplicadas, revelando um efeito de diluição para o FA e consumo de luxo para o ST. Diversos autores (Andrew e Robins, 1971; Shanker e Kushawa, 1971; Ogunwale e Olaniyi, 1980) relataram também uma elevação nos teores de Mg nas plantas com o aumento das doses de ST. Segundo Marschner (1986) plantas bem desenvolvidas possuem maior capacidade de absorverem os nutrientes disponíveis da solução do solo como o Mg, armazenando-o nos vacúolos, na forma de sais inorgânicos.

Na Tabela 14, pode-se verificar que os teores de Mg no tecido do braquiário sofreram decréscimos com os sucessivos cortes, atingindo níveis muito baixos, especialmente quando não foi aplicado calcário, uma vez que este foi a única fonte deste nutriente.

Teores extremamente elevados de Mg, como os observados nos tratamentos com o ST no 1^o corte levaram a rápida exaustão do Mg existente no solo fornecido pela calagem,

TABELA 14. Teor de magnésio (g/kg) na parte aérea do braquiário nos cinco cortes (média de três repetições).

P(mg/dm ³)	Calagem	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	5º corte
SUPERFOSFATO TRIPLO						
50	C 0	4.23	2.87	1.84	1.30	0.98
	C 1/2	7.53	3.97	3.95	3.13	2.20
	C 1	7.57	4.97	5.27	4.20	3.40
	C 2	8.43	5.93	7.42	6.80	6.12
	Média	6.94	4.43	4.62	3.86	3.17
150	C 0	5.37	2.47	1.95	0.76	0.60
	C 1/2	7.17	3.57	3.55	1.53	1.03
	C 1	9.20	4.17	5.20	2.50	1.20
	C 2	14.43	4.73	6.74	4.77	2.16
	Média	9.04	3.73	4.36	2.39	1.25
300	C 0	6.00	2.57	1.59	0.73	0.49
	C 1/2	8.53	3.53	2.39	1.00	0.63
	C 1	14.40	5.10	3.43	1.77	1.12
	C 2	21.17	6.67	6.41	3.40	1.80
	Média	12.52	4.47	3.45	1.72	1.01
500	C 0	7.80	2.23	1.30	0.70	0.47
	C 1/2	9.70	3.90	1.76	0.87	0.58
	C 1	19.53	5.13	2.58	1.43	0.84
	C 2	35.43	5.53	4.62	2.93	1.70
	Média	18.11	4.20	2.56	1.48	0.90
700	C 0	9.90	2.70	1.05	0.77	0.45
	C 1/2	13.00	4.17	1.96	0.87	0.58
	C 1	19.70	6.37	3.02	1.77	0.94
	C 2	37.53	9.07	4.95	2.70	1.91
	Média	20.03	5.58	2.74	1.53	0.97
FOSFATO DE ARAXÁ						
50	C 0	5.43	3.27	2.49	1.47	0.64
	C 1/2	6.27	4.50	3.75	2.80	1.86
	C 1	8.23	5.27	5.17	4.53	2.97
	C 2	6.27	7.37	5.39	6.87	5.61
	Média	6.55	5.10	4.20	3.92	2.77
150	C 0	4.77	3.23	1.32	0.70	0.53
	C 1/2	6.60	4.53	3.33	1.43	0.85
	C 1	6.50	6.13	5.38	3.07	1.58
	C 2	3.10	8.77	7.72	6.00	4.87
	Média	5.24	5.66	4.44	2.80	1.96
300	C 0	1.80	2.80	1.47	0.63	0.54
	C 1/2	3.30	4.20	2.80	1.23	0.68
	C 1	3.97	7.13	4.73	2.40	1.07
	C 2	3.50	7.77	7.40	5.93	3.81
	Média	3.14	5.47	4.10	2.55	1.52
500	C 0	2.17	3.60	1.40	0.63	0.41
	C 1/2	3.40	5.43	2.00	0.93	0.77
	C 1	4.03	6.83	4.12	2.13	1.03
	C 2	4.13	9.37	12.80	5.20	2.87
	Média	3.43	6.31	5.08	2.22	1.27
700	C 0	2.37	2.73	1.26	0.63	0.45
	C 1/2	4.00	4.70	2.57	0.90	0.74
	C 1	4.90	6.80	4.18	1.83	0.98
	C 2	6.10	9.17	9.41	4.00	2.58
	Média	4.34	5.85	4.35	1.84	1.19

TABELA 15. Equações de regressão para teor de magnésio (g/kg) na parte aérea do braquiarião, no 1º e 5º cortes, em função das doses de calcário aplicadas.

Fonte de P	P (mg/dm ³)	Equações	R ²
1º corte			
ST	50	$Y = 4.5224 + 0.0033^{**}X - 0.00000067^{**}X^2$	0.79
	150	$Y = 5.3797 + 0.0020^{*}X - 0.00000026^{ns}X^2$	0.89
	300	$Y = 5.6600 + 0.0049^{**}X$	0.97
	500	$Y = 5.3800 + 0.0091^{**}X$	0.96
	700	$Y = 7.5733 + 0.0089^{**}X$	0.97
FA	50	$Y = 5.1797 + 0.0028^{**}X - 0.00000077^{*}X^2$	0.81
	150	$Y = 4.8376 + 0.0028^{*}X - 0.0000010^{**}X^2$	0.99
	300	$Y = 1.1891 + 0.0022^{**}X - 0.00000053^{**}X^2$	0.92
	500	$Y = 2.1839 + 0.0017^{*}X - 0.00000035^{**}X^2$	0.99
	700	$Y = 2.4103 + 0.0021^{*}X - 0.00000029^{**}X^2$	0.94
5º corte			
ST	50	$Y = 0.9260 + 0.0016^{**}X$	0.98
	150	$Y = 0.5793 + 0.0048^{**}X$	0.90
	300	$Y = 0.4133 + 0.00043^{**}X$	0.86
	500	$Y = 0.3393 + 0.00004^{**}X$	0.86
	700	$Y = 0.3881 + 0.0041^{**}X$	0.95
FA	50	$Y = 0.6020 + 0.0015^{**}X$	0.98
	150	$Y = -0.004 + 0.00145^{**}X$	0.90
	300	$Y = 0.0460 + 0.0011^{**}X$	0.86
	500	$Y = 0.1867 + 0.00077^{**}X$	0.90
	700	$Y = 0.2599 + 0.00065^{**}X$	0.85

^{ns}, ⁺, ^{*}, ^{**} não significativo, significativo a 10, 5 e 1 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente

confirmado pelos menores teores nos cortes posteriores. Por outro lado, ao considerar-se os tratamentos com o FA, os teores de Mg não mostraram-se tão elevados no 1º corte.

A partir do 3º corte para o ST e 4º corte para o FA, exceto na dose 50 mg de P/dm³, os teores de Mg situaram-se abaixo de 2,4 g/kg, o qual é citado por Paulino, Anton e Colozza (1987) como crítico para um bom desenvolvimento da planta.

Os teores baixos de Mg no tecido da parte aérea do braquiarião estão condizentes com os sintomas de deficiência visual de Mg observados a partir do 3º corte, e que foram mais pronunciados nas doses de P mais elevadas e nos menores níveis de calagem. A sintomatologia observada caracterizou-se pela clorose internerval das folhas mais velhas, permanecendo verdes as nervuras, dando um aspecto de estrias verdes e amarelas no sentido longitudinal das folhas; os mesmos sintomas foram descritos por Ferreira (1991) para o milho. Além da diminuição do teor

de Mg no solo, por sucessivas extrações do nutriente pelo braquiário, tais sintomas podem estar associados a um desbalanço na relação Ca:Mg no solo, inibindo a absorção do Mg.

Apesar de ser considerado um fator de pouca importância nos solos ácidos, os sintomas de deficiência de Mg têm sido descritos com frequência desde 1953 (Neptune, 1986). O referido autor destaca a importância do Mg para as forrageiras, em relação à nutrição animal, principalmente de vacas leiteiras, que têm, segundo o National Research Council (1976), maior exigência de Mg (1,8 g/kg), e que ao se alimentarem de plantas deficientes em Mg podem ser acometidas de um distúrbio conhecido como tetania das pastagens. No presente estudo, os teores de Mg da parte aérea do braquiário reduziram-se sensivelmente com os cortes, não sendo suficientes para atender as necessidades de Mg para as vacas leiteiras.

O acúmulo de Mg (Tabela 5 do Anexo) mostrou ser mais dependente do teor de Mg no tecido, do que da produção de MS. Os dados de acúmulo total de Mg foram submetidos à regressão em função das doses de calcário aplicadas (Figura 6).

O ajuste linear observado para o acúmulo total de Mg (Figura 6) é resultado do acentuado incremento nos teores de Mg com os níveis de calagem para quase todos os tratamentos, os quais apresentaram-se constantes com os cortes sucessivos (Tabela 14), associados a uma maior produção de MS com a calagem, embora essa tenha sido proporcionalmente muito menor (Tabela 3).

Nas doses 50 e 150 mg de P/dm³ não houve diferença entre o acúmulo de Mg para o ST e FA. Nas maiores doses de P, o acúmulo de Mg foi maior para o ST, acentuando-se com a calagem, resultante da combinação de maiores produções de MS (Figura 3) e elevados teores de Mg no 1^o corte (Tabela 14), contribuindo para um acúmulo total mais elevado (Figura 6).

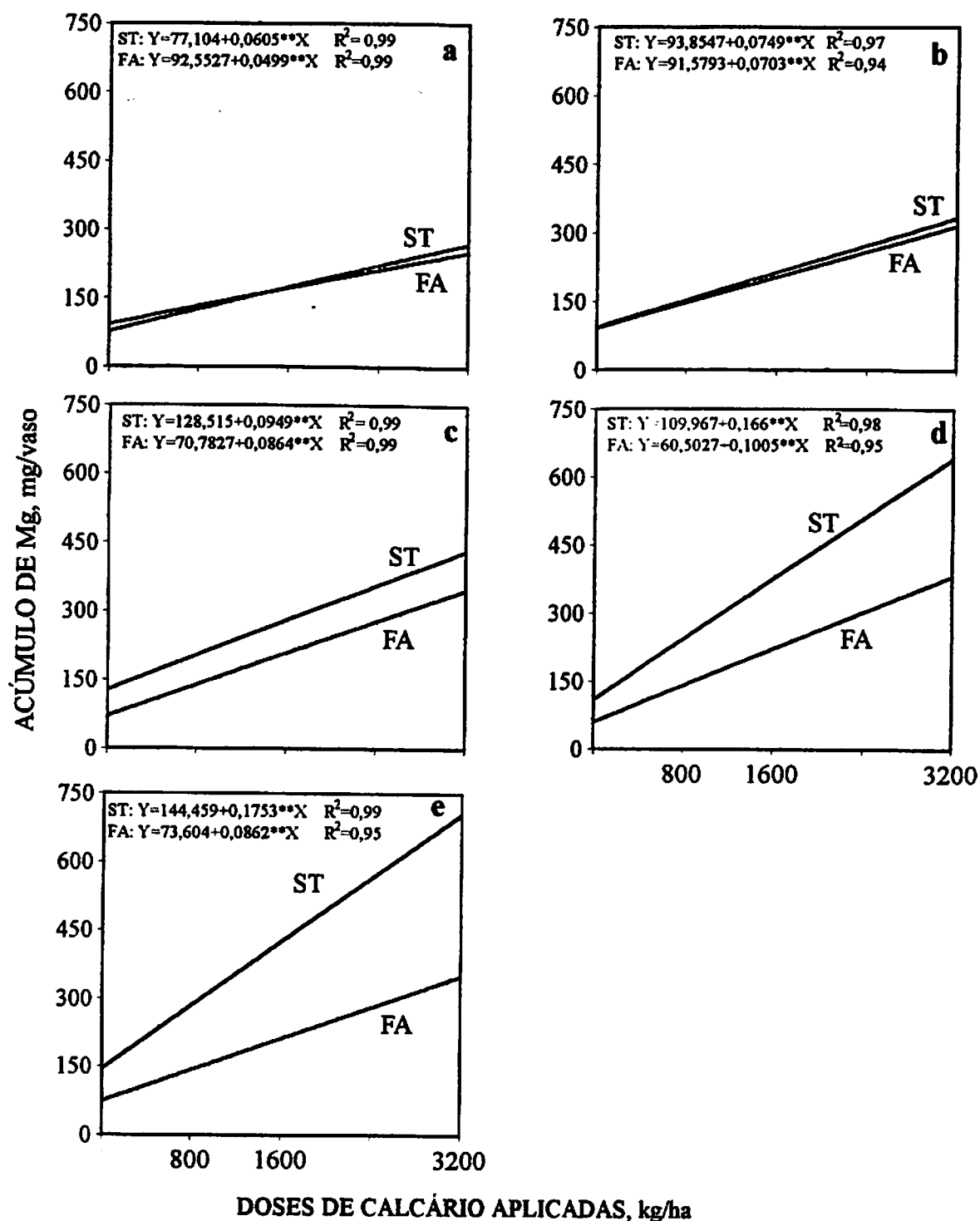


Figura 6. Acúmulo total de magnésio da parte aérea do braquiaria em função das doses de calcário aplicadas, nas diferentes doses de fósforo: 50 (a), 150 (b), 300 (c), 500 (d) e 700 (e) mg de P/dm³

5 CONCLUSÕES

O braquiário cultivado neste solo respondeu tanto às aplicações de P quanto de calcário, indicando que para a obtenção de produtividade adequada da forrageira, ambos deverão ser consideradas.

A resposta à aplicação das fontes de P foi dependente das doses de calcário, sendo que, considerando-se a produção total de matéria seca, os níveis de calagem C1 (dose para elevar V a 50%) para fontes solúveis como o ST, e C1/2 (metade da dose) para fontes de baixa solubilidade como o FA, foram as mais eficientes.

A nutrição da forrageira em Ca e Mg foi influenciada pela interação entre as fontes de P e o calcário.

Para a produção total em cinco cortes, o ST promoveu maior produção de matéria seca do que o FA, além de proporcionar um estabelecimento mais rápido da forrageira e maior produção no 1º corte.

A forrageira foi mais exigente em relação ao nível de P disponível no solo na fase de estabelecimento do que na fase de manutenção.

Os níveis críticos de fósforo no solo e na planta, quando for o caso, variaram em função dos extratores, das fontes de fósforo e dos níveis de calagem.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREW, C.S.; ROBINS, M.F. The effect of phosphorus on the growth, chemical composition, and critical phosphorus percentagens of some tropical pastures grasses. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.22, n. 6, p.693-706, Sept. 1971.
- 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, Aug.1971.
- BIELESKI, R.L. Phosphate pools, phosphate transport, and phosphorus availability. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.24, p.225-252, 1973.
- BLANCHAR, R.N.; REHM, G.; CALDWELL, A.C. Sulfur in plant material digestion with nitric and percloric 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 a soja. **Bragantia**, Campinas, v.24, n. 22, p.261-279, maio 1965.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Meteorologia. **Normais climatológicos (Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Guanabara)**. Rio de Janeiro, 1969. v.3. 98p.
- BRASIL, E.C.; MURAOKA, T. Comparação de extratores de fósforo em solos da Amazônia Oriental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. **Anais... Viçosa: UFV, 1995. p.980-982.**

- CANTARUTTI, R.B.; BRAGA, J.M.; NOVAIS, R.F.; THIÉBAUT, J.T.L. Época de aplicação de fosfato natural em relação à calagem, num solo com elevado teor de Al trocável. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.5, n. 2, p.129-133, maio/ago. 1981.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Fertilidade del suelo y nutrición de la planta. In: _____. **Programa de ganado de carne**. Cali, 1977. p.B86-B104. (Informe anual, 1976).
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Nutrición mineral de plantas forrageras . In: _____. **Programa de ganado de carne**. Cali, 1978. p.A61-A65 (Informe Anual, 1977).
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Fertilidade del suelo y nutrición de la planta In: _____. **Programa de pastos tropicales**. Cali, 1981. p.57-68. (Informe anual, 1980).
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Establecimiento de pasturas (Cerrado). In: _____. **Programa de pastos tropicales**. Cali, 1984, p.279-289. (Informe anual, 1984).
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4ª aproximação**. Lavras: EPAMIG, 1989. 176p.
- 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, G.G.; MONNERAT, P.H.; GOMIDE, J.A. Efeito de doses de fósforo sobre o crescimento e teor de fósforo de capim jaraguá e capim colônião. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.12, n.1, p.1-10, 1983.
- CURI, N. **Relação solo-pastagens na região dos Campos das Vertentes (MG)**. Lavras, 1991. 28p. (Relatório apresentado ao CNPq).

DOW, A.I.; ROBERTS, A.I. Proposal-critical nutrient ranges for crop diagnosis. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, n. 2, p.401-403, Mar./Apr. 1982.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1979. n.p.

FABRES, A.S. **Disponibilidade de fósforo em solos e concentrações críticas de diferentes frações de fósforo em plantas de alface cultivadas em amostras de diferentes solos**. Viçosa: UFV, 1986. 39p. (Tese - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

FALADE, J.A. The effect of phosphorus on growth and mineral composition of five tropical grasses. **East African Agricultural and Forest Journal**, Melbourne, v.41, n. 4, p.342-350, Apr. 1975.

FERREIRA, I. **Nutrição mineral e produção de matéria seca do milho (*Zea mays* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivados sob diferentes condições de calcário e gesso**. Lavras: ESAL, 1991. 140p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

FONSECA, D.M. da. **Níveis críticos de fósforo em amostra de solos para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hiparrhenia rufa***. Viçosa: UFV, 1987. 146p. (Tese - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

FOY, C.D. Differential aluminum and manganese tolerance of plant species and varieties in acid soils. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.28, n. 2, p.150-155, Feb. 1976.

GOEDERT, W.J ; LOBATO, E. Eficiência agronômica de fosfatos em solos de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.15, n. 3, p.311-318, jul. 1980.

GOMIDE, J.A.; ZAGO, C.P.; RIBEIRO, A.C.; BRAGA, J.M.; MARTINS, O. Calagem e fontes de fósforo no estabelecimento e produção de capim colômbio (*Panicum maximum* Jacq.) no cerrado. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.15, n. 3, p.241-246, 1986.

- GUSS, A. **Exigência de fósforo para o estabelecimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais em solos com diferentes características físicas e químicas.** Viçosa: UFV, 1988. 74p. (Tese - Doutorado em Zootecnia).
- HERRERA ESTRADA, J.S. **Efeito da aplicação do fósforo e calcário sobre a produção de matéria seca do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em cinco latossolos de Minas Gerais.** Viçosa: UFV, 1984. 43p. (Tese - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- HELLUMS, D.T.; CHIEN, S.H.; TOUCHTON, J.T. Potential agronomic value of calcium in some phosphate rocks from South America and West Africa. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.53, n. 2, p.459-462, Mar./Apr. 1989.
- HOFFMANN, C.R.; FAQUIN, V.; GUEDES, G.A.A.; EVANGELISTA, A.R. O nitrogênio e o fósforo no crescimento da braquiária e do colômbio, em amostras de um latossolo da região noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n 1, p.79-86, jan./abr. 1995.
- HOLANDA, J.S.; BRASIL, E.C.; SALVIANO, A.A.C.; CARVALHO, M.C.S.; RODRIGUES, M.R.L.; MALAVOLTA, E. Eficiência de extratores de fósforo em solo adubado com fosfatos e cultivado com arroz. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS**, 21, Petrolina, 1994. **Anais...** Petrolina, 1994. p.46-47.
- ITALIANO, E.C.; GOMIDE, J.A.; MONNERAT, P.H. Doses e modalidade de aplicação de superfosfato simples na semeadura do capim-jaraguá. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.10, n. 1, p.1-10, 1981.
- JACKSON, M.L. **Análise química de suelos.** 2. ed. Barcelona: Omega, 1970. 662p.
- KAMINSKI, J. Acidez do solo e fisiologia das plantas. In: **SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO**, 2, Santa Maria, 1989. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 1989. p.74-100.
- 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).

- 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, em colônia + siratro cultivados em solo 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 colônia 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: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1, Nova Odessa, 1985. *Anais...* Piracicaba: POTAFÓS, 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, Piracicaba, 1992. *Anais dos Simpósios...* Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.39-69.
- LOPES, A.S.; VASCONCELOS, C.A.; NOVAIS, R.F. Adubação fosfatada em algumas culturas nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. In: OLIVEIRA, A.J.; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W.J., (ed). *Adubação fosfatada no Brasil*. Brasília: EMBRAPA-DID, 1982. p.137-200.
- MAGALHÃES, J.C.A.J. de. *Aproveitamento do fosfato Patos de Minas pelo trigo (*Triticum aestivum* L.) cv. IAC-5, cultivado em dois solos sob vegetação de cerrado do DF, com dois níveis de calagem*. Piracicaba: ESALQ, 1984. 202p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: POTAFÓS, 1989. 201p.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press, 1986. 672p.
- MARTINEZ, H.E.P.; HAAG, H.P. Níveis críticos de fósforo em *Brachiaria decumbens* (Stapf) Prain, *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickerdt, *Digitaria decumbens* Stent, *Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf, *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, *Panicum maximum* Jacq. e *Penisetum purpureum* Schum. *Anais da ESALQ*, Piracicaba, v.37, n. 2, p.913-978, 1980.

- MATTOS, C.R.R. **Disponibilidade de fósforo e enxofre em dois latossolos em função da época de aplicação do superfosfato triplo, do fosfato de Araxá e de uma mistura calcário-gesso.** Viçosa: UFV, 1988. 59p. (Tese- Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- MOREIRA, S.M.; LOURDES, E.G.; THIÉBAU, J.T.L.; NOVAIS, R.F. Efeito da interação gramínea-solo-calagem sobre a eficiência dos fosfatos naturais. *Revista Ceres*, Viçosa, v.26, n. 146, p.360-373, jul./ago. 1979.
- MORIKAWA, C.K. **Limitações nutricionais para o *Andropogon (Andropogon gayanus)* e Braquiarião (*Brachiaria brizantha*) em Latossolo da região dos Campos das Vertentes - MG.** Lavras: ESAL, 1993. 143p. (Dissertação - Mestrado em Solos e nutrição de plantas).
- MUNIZ, A.S.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. Níveis críticos de fósforo na parte aérea da soja como variável do fator capacidade de fósforo no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.9, n. 3, p.237-243, set./dez. 1985.
- NARA, M.C.B. **Doses e métodos de aplicação de superfosfato simples no estabelecimento de gramíneas forrageiras.** Viçosa: UFV, 1992. 50p. (Dissertação - Mestrado em Zootecnia).
- 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 DE FÓSFORO, CÁLCIO, MAGNÉSIO, ENXOFRE E MICRONUTRIENTES - situação atual e perspectivas na agricultura, São Paulo, 1984. *Anais...* São Paulo: Manah S/A, 1986. p.74- 82.
- NEVES, J.C.L. **Aspectos nutricionais em mudas de *Eucalyptus* spp., tolerância ao alumínio e níveis de fósforo no solo.** Viçosa: UFV, 1983. 87p. (Tese - Mestrado).
- NOVAES, N.J. **Efeito de fontes e doses de fósforo na cultura do capim gambá (*Andropogon gayanus* Kunth variedade *bismaquamulatus*).** Piracicaba: ESALQ, 1983. 105p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

- NOVAIS, R.F.; RIBEIRO, A.C. Efeito do pH e concentração de alumínio em solução sobre a solubilidade da apatita de Araxá. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.6, n.1, p.66-68, jan./abr. 1982.
- NOVELINO, J.O.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; COSTA, L.M.; BARROIN, F. Solubilização do fosfato-de-Araxá, em diferentes tempos de incubação, com amostras de cinco latossolos, na presença e na ausência de calagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.9, n.1, p.13-22, jan./abr. 1985.
- OGUNWALE, J.A.; OLANIYI, J.K. Response of pigeon pea (*Cajanus cajan* L. Millsp.) to phosphorus on a phosphorus-marginal soil in Nigeria. *East African Agricultural and Forest Journal*, Nairobi, v.43, n. 3, p.274-280, 1980.
- OLAYA HUERTAS, R.E. Efeito de diferentes intervalos de aplicação de calcário e fosfato na disponibilidade de fósforo em dois solos sob cerrado. Lavras: ESAL, 1988. 101p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- PASSOS, R.R. Respostas do braquiarião 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).
- 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.
- PAULINO, V.T.; COSTA, N de. Efeito da adubação sobre o crescimento, nodulação e composição química de *Centrosema*. *Pasturas Tropicales*, Cali, v.12, n. 3, p.16-21, Dic 1990.
- RAIJ, B. van; CABALA-ROSAND, D.; LOBATO, E. Adubação fosfatada no Brasil - apreciação geral, conclusões e recomendações. In: . In: OLIVEIRA, A.J.; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W.J., (ed). *Adubação fosfatada no Brasil*. Brasília: EMBRAPA-DID, 1982. p.9-28.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M. da. Extraction of phosphorus, potassium, calcium, and magnesium from soils by an ion-exchange procedure. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.17, n. 5, p.547-566, 1986.

- RAMOS, M.G. Avaliação da eficiência de oito fosfatos para as culturas de trigo e soja em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.6, n.1, p.38-42, jan./abr. 1982.
- 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, 1978. p.234-245.
- SALINAS, J.G.; SANCHEZ, P.A. Soil plant relationships affecting varietal and species differences in tolerance to low available soil phosphorus. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.28, n. 2, p.156-168, Feb. 1976.
- SANZONOWICZ, C.; LOBATO, E.; GOEDERT, W.J. Efeito residual da calagem e de fontes de P numa pastagem estabelecida em solos de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n. 3, p.233-243, mar. 1987.
- STEFANUTTI, R.; MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T. Comportamento de quatro extratores para P no solo, com aplicação de doses crescentes e diferentes fontes de fósforo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 20, Piracicaba, 1992. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill: Campinas, 1992. p.66-67.
- SHANKER, H.; KUSHAWA, R.P.S. Chemical composition of urd plants (*Phaseolus mungo*) at various stages of growth. **Indian Journal of Agricultural Research**, New Dehli, v.5, n. 2, p.79-82, 1971.
- SOARES FILHO, C.V. Recomendações de espécies e variedades de *Brachiaria* para diferentes condições. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 11, Piracicaba, 1994. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p.25-48.
- SUMNER, M.E. Interpretation of foliar analysis for diagnosis purposes. **Agronomy Journal**, Madison, v.71, n. 2, p.343-348, Mar./Apr. 1979.
- TAYLOR, A.W.; GURNEY, E.L. The effect of lime on the phosphate potencial and resina extractable phosphorus in five acid soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.29, n. 4, p.482-483, July/Aug. 1965.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. 4. ed. New York: Macmillan Publishing Company, 1985. 745p.

YOST, R.S.; NADERMAN, G.C.; KAMPRATH, E.J.; LOBATO, E. Availability of rock phosphate as measured by an acid tolerant pasture grass and extractable phosphorus. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, n 3, p.462-468, May/June 1982.

7 ANEXOS

TABELA 1: Quantidades de N e K (mg/dm^3) aplicados em cobertura, nas formas de NH_4NO_3 e KNO_3 , nos cinco cortes e total dos cortes, no braquiarião.

P	Calagem	1º corte		2º corte		3º corte		4º corte		5º corte		Total	
		N	K	N	K	N	K	N	K	N	K	N	K
ST 50	C 0	30	20	105	70	75	50	90	60	90	60	390	260
	C 1/2	30	20	105	70	75	50	90	60	90	60	390	260
	C 1	30	20	105	70	75	50	90	60	90	60	390	260
	C 2	30	20	105	70	75	50	90	60	90	60	390	260
ST 150	C 0	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
	C 1/2	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
	C 1	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
	C 2	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
ST 300	C 0	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
	C 1/2	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
	C 1	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
	C 2	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
ST 500	C 0	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
	C 1/2	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
	C 1	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
	C 2	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
ST 700	C 0	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
	C 1/2	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
	C 1	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
	C 2	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
FA 50	C 0	30	20	105	70	75	50	90	60	90	60	390	260
	C 1/2	30	20	105	70	75	50	90	60	90	60	390	260
	C 1	30	20	105	70	75	50	90	60	90	60	390	260
	C 2	30	20	105	70	75	50	90	60	90	60	390	260
FA 150	C 0	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
	C 1/2	50	30	105	70	75	50	90	60	90	60	410	270
	C 1	50	30	105	70	75	50	90	60	90	60	410	270
	C 2	30	20	105	70	75	50	90	60	90	60	390	260

Continua...

"TABELA 1, Cont."

FA 300	C 0	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
	C 1/2	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
	C 1	50	30	105	70	75	50	90	60	90	60	410	270
	C 2	30	20	105	70	75	50	90	60	90	60	390	260
FA 500	C 0	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
	C 1/2	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
	C 1	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
	C 2	50	30	105	70	75	50	90	60	90	60	410	270
FA 700	C 0	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
	C 1/2	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
	C 1	60	40	105	70	75	50	90	60	90	60	420	280
	C 2	50	30	105	70	75	50	90	60	90	60	410	270

TABELA 2: Caracterização química do LU, após a aplicação dos tratamentos e incubação (antes do plantio)¹.

Parâmetros	SUPERFOSFATO TRIPLO																			
	50 mg de P/dm ³				150 mg de P/dm ³				300 mg de P/dm ³				500 mg de P/dm ³				700 mg de P/dm ³			
	C0	C1/2	C1	C2	C0	C1/2	C1	C2	C0	C1/2	C1	C2	C0	C1/2	C1	C2	C0	C1/2	C1	C2
pH (H ₂ O)	5,1	5,1	5,0	5,3	5,3	5,2	5,2	5,3	5,2	5,1	5,1	5,3	5,4	5,2	5,4	5,4	5,1	5,3	5,3	5,5
P (mg/dm ³)	7	6	7	5	17	14	16	17	34	40	29	42	75	69	75	78	120	120	120	114
K (mg/dm ³)	112	112	108	101	106	106	106	111	109	111	105	114	109	114	115	112	111	111	114	114
Ca (mmolc/dm ³)	11	12	18	23	10	17	22	23	19	19	20	30	18	22	11	30	20	28	27	38
Mg (mmolc/dm ³)	6	6	12	13	4	9	10	15	10	8	10	15	5	10	11	19	8	10	13	14
Al (mmolc/dm ³)	2	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
H + Al (mmolc/dm ³)	45	40	40	29	45	40	36	32	45	45	32	32	45	40	36	36	45	40	40	32
S (mmolc/dm ³)	20	21	33	39	17	29	35	41	32	30	33	48	26	35	25	52	31	41	43	55
t (mmolc/dm ³)	22	22	34	40	19	31	37	42	34	32	35	49	27	36	26	53	32	42	44	56
T (mmolc/dm ³)	65	61	73	68	62	69	71	73	77	75	65	80	71	75	61	88	76	81	83	87
m (%)	9	5	3	3	11	7	5	2	6	6	6	2	4	3	4	2	3	2	2	2
V (%)	31	34	45	57	27	42	49	56	41	40	51	60	36	47	41	59	41	51	52	63

Parâmetros	FOSFATO DE ARAXÁ																			
	50 mg de P/dm ³				150 mg de P/dm ³				300 mg de P/dm ³				500 mg de P/dm ³				700 mg de P/dm ³			
	C0	C1/2	C1	C2	C0	C1/2	C1	C2	C0	C1/2	C1	C2	C0	C1/2	C1	C2	C0	C1/2	C1	C2
pH (H ₂ O)	5,8	5,5	5,1	5,5	5,4	5,3	5,2	5,5	5,4	5,2	5,3	5,4	5,5	5,3	5,3	5,4	5,4	5,4	5,2	5,4
P (mg/dm ³)	10	11	13	13	48	51	51	42	108	108	126	150	198	234	234	204	352	376	320	360
K (mg/dm ³)	94	111	105	106	119	111	103	103	95	100	105	103	111	105	111	98	100	100	97	101
Ca (mmolc/dm ³)	10	12	14	21	10	16	20	26	15	15	18	24	15	19	20	27	18	18	21	30
Mg (mmolc/dm ³)	6	8	7	10	6	4	6	9	7	6	7	10	5	5	10	12	10	5	7	12
Al (mmolc/dm ³)	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
H + Al (mmolc/dm ³)	45	40	40	29	45	40	36	29	40	36	32	29	36	36	36	29	36	36	36	29
S (mmolc/dm ³)	18	23	24	34	19	23	29	38	24	24	28	28	23	27	33	42	31	26	30	45
t (mmolc/dm ³)	19	24	25	35	21	24	30	39	25	25	29	29	24	28	34	43	332	27	31	46
T (mmolc/dm ³)	63	63	64	63	64	63	65	67	64	60	60	58	59	63	69	71	67	62	66	74
m (%)	5	4	4	3	10	4	3	3	4	4	3	4	4	4	3	2	3	4	3	2
V (%)	29	36	37	54	30	36	44	56	38	40	46	48	39	43	48	59	46	42	46	61

¹Análises realizadas conforme Vettori (1969), com modificações da EMBRAPA (1979).

TABELA 3: Acúmulo de fósforo (mg/vaso) na parte aérea do braquiário nos cinco cortes e total dos cortes (média de três repetições)..

Calagem	P(mg/dm ³)	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	5º corte	Total
SUPERFOSFATO TRIPLO							
C 0	50	4.54	9.01	3.40	4.84	2.97	24.76
	150	11.33	10.02	6.83	9.70	8.72	46.60
	300	17.46	10.91	9.88	14.12	16.03	68.40
	500	31.16	10.49	14.73	19.72	22.14	98.24
	700	45.61	12.05	22.63	30.76	29.25	140.30
	Média	22.02	10.50	11.49	15.83	15.82	63.26
C 1/2	50	4.62	7.74	3.88	5.00	4.02	25.26
	150	11.66	8.70	7.45	9.83	8.25	45.89
	300	19.73	13.34	10.27	15.37	14.26	72.97
	500	27.68	12.27	16.68	18.35	18.36	93.34
	700	39.64	14.36	22.59	24.94	20.21	121.74
	Média	20.67	11.28	12.17	14.70	13.02	71.84
C 1	50	3.37	6.20	4.28	4.89	3.53	22.37
	150	10.66	8.99	8.10	9.25	8.37	45.37
	300	19.98	10.82	10.82	16.43	13.16	71.21
	500	40.48	11.40	18.27	22.06	20.14	112.35
	700	35.81	14.52	35.48	26.93	23.24	135.98
	Média	22.06	10.39	15.39	15.91	13.69	96.82
C 2	50	3.50	6.72	4.77	6.57	4.30	25.86
	150	14.68	10.58	7.12	8.41	9.05	49.84
	300	15.50	11.01	13.30	18.06	14.70	72.57
	500	32.48	9.69	23.28	20.30	23.14	108.89
	700	45.37	16.44	37.73	31.21	30.37	161.12
	Média	22.31	10.89	17.24	16.91	16.31	83.66
FOSFATO DE ARAXÁ							
C 0	50	3.92	11.24	3.60	4.78	4.21	27.75
	150	7.36	18.71	6.15	9.79	11.90	53.91
	300	8.80	12.86	8.62	13.03	16.95	60.26
	500	12.27	27.49	13.27	15.32	20.88	89.23
	700	14.74	14.99	24.73	20.72	20.90	96.08
	Média	9.42	17.06	11.27	12.73	14.97	65.46
C 1/2	50	2.68	10.44	4.33	5.37	4.33	27.15
	150	5.54	21.15	6.66	9.52	9.63	52.50
	300	7.81	15.41	10.20	13.80	14.34	61.56
	500	14.09	30.57	14.63	15.88	15.94	91.11
	700	10.63	15.78	22.23	15.89	15.92	80.45
	Média	8.15	18.67	11.61	12.09	12.03	62.55
C 1	50	1.74	9.97	4.71	6.60	4.83	27.85
	150	3.95	22.24	7.31	8.39	9.39	51.28
	300	7.06	16.85	9.32	11.339	12.15	56.77
	500	8.57	27.40	14.15	15.50	15.94	81.56
	700	11.49	15.79	22.07	17.10	16.10	82.55
	Média	6.56	18.45	11.51	11.80	11.68	60.00
C 2	50	0.80	6.00	3.72	6.33	5.78	22.63
	150	1.48	16.17	5.82	7.32	8.90	39.69
	300	2.39	11.22	9.42	12.50	11.07	46.60
	500	4.71	32.36	13.37	14.23	12.83	77.50
	700	7.90	12.47	28.05	15.23	16.29	79.97
	Média	3.46	15.64	12.08	11.12	10.97	53.28

TABELA 4: Acúmulo de cálcio (mg/vaso), na parte aérea do braquiário, nos cinco cortes e total dos cortes, (média de três repetições).

P(mg/dm ³)	Calagem	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	5º corte	Total
SUPERFOSFATO TRIPLO							
50	C 0	8.64	67.50	41.18	42.73	60.21	220.27
	C 1/2	11.70	87.82	61.26	66.67	89.58	317.03
	C 1	9.39	78.73	72.24	40.02	100.31	330.69
	C 2	8.82	71.25	71.82	81.42	118.16	351.47
	Média	9.64	76.32	61.62	57.71	92.06	304.86
150	C 0	33.25	98.89	100.30	100.34	98.03	430.81
	C 1/2	45.29	91.54	111.01	133.46	152.95	532.92
	C 1	41.63	91.80	124.30	143.22	161.09	562.04
	C 2	50.28	101.36	107.83	140.40	145.91	545.78
	Média	42.61	95.90	110.86	129.35	139.49	517.89
300	C 0	84.61	102.83	113.85	129.28	112.72	543.43
	C 1/2	84.19	120.22	126.12	156.47	158.92	642.59
	C 1	93.78	123.27	127.96	198.03	162.26	705.31
	C 2	71.90	115.84	126.72	176.15	168.91	659.52
	Média	83.62	115.54	123.66	164.98	150.70	637.71
500	C 0	100.94	110.30	124.57	159.75	157.88	653.43
	C 1/2	97.98	107.96	126.84	177.73	185.43	695.43
	C 1	105.17	96.23	125.35	203.77	202.81	733.32
	C 2	112.78	87.11	113.00	206.68	220.41	733.32
	Média	104.22	100.40	122.44	186.98	191.63	703.87
700	C 0	118.85	103.34	110.82	187.52	172.67	689.86
	C 1/2	111.80	121.26	124.92	189.75	187.42	735.16
	C 1	106.05	142.26	131.33	245.63	229.83	855.10
	C 2	123.09	131.96	136.61	224.05	244.92	860.63
	Média	114.95	124.70	125.92	211.73	208.71	785.19
FOSFATO DE ARAXÁ							
50	C 0	10.39	107.49	71.83	75.33	60.68	325.71
	C 1/2	7.47	99.41	81.58	83.33	83.33	359.11
	C 1	7.09	95.54	84.98	95.68	92.39	375.68
	C 2	3.99	51.90	55.43	99.23	92.73	303.31
	Média	7.23	88.58	73.45	88.39	82.28	340.95
150	C 0	36.25	146.87	110.74	135.16	131.63	560.66
	C 1/2	24.19	154.78	119.24	151.83	162.59	612.63
	C 1	12.43	160.35	121.90	142.45	180.36	617.49
	C 2	8.17	112.70	99.03	107.77	144.61	471.86
	Média	24.17	146.97	112.73	134.30	154.80	565.66
300	C 0	50.35	141.77	120.43	170.06	189.63	672.57
	C 1/2	36.18	148.80	133.64	198.14	216.98	703.41
	C 1	27.54	183.45	126.55	190.80	202.81	731.14
	C 2	9.04	109.87	114.24	170.91	190.83	594.90
	Média	30.78	145.97	122.25	170.39	194.45	647.09
500	C 0	67.32	153.25	103.36	186.76	183.51	694.19
	C 1/2	62.75	178.42	116.00	207.68	222.06	786.91
	C 1	38.75	172.53	109.40	195.12	202.81	731.14
	C 2	14.44	178.60	100.23	200.45	191.98	682.70
	Média	45.81	170.70	107.25	197.50	200.09	723.73
700	C 0	78.33	158.79	131.03	186.99	179.65	735.78
	C 1/2	62.95	145.34	129.91	191.82	227.08	757.09
	C 1	55.48	87.14	128.49	219.08	242.79	732.98
	C 2	21.05	129.36	120.92	206.28	239.88	715.49
	Média	54.45	130.16	127.59	201.04	222.35	735.33

TABELA 5 : Acúmulo de magnésio (mg/vaso) na parte aérea do braquiário, nos cinco cortes e total dos cortes (média de três repetições).

P(mg/dm ³)	Calagem	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	5º corte	Total
SUPERFOSFATO TRIPLO							
50	C 0	8.76	32.32	13.89	9.00	8.33	73.30
	C 1/2	15.89	45.89	31.92	23.38	21.58	138.67
	C 1	10.60	51.34	49.06	32.63	37.54	181.17
	C 2	13.23	59.48	70.79	63.85	79.80	287.15
	Média	12.12	47.26	41.40	32.15	36.81	170.07
150	C 0	27.87	32.13	18.49	8.19	7.16	93.84
	C 1/2	50.76	44.37	34.33	18.80	15.18	163.44
	C 1	57.13	53.58	53.98	27.87	17.63	210.19
	C 2	103.61	68.54	73.87	57.29	34.30	337.61
	Média	59.84	49.65	45.17	28.04	18.57	201.27
300	C 0	68.46	30.15	10.82	8.12	6.23	144.42
	C 1/2	105.17	48.54	21.92	12.81	9.66	198.10
	C 1	166.32	61.30	34.68	25.51	17.38	305.16
	C 2	196.46	84.44	70.45	44.81	28.76	424.92
	Média	134.10	56.11	34.47	22.81	15.51	268.15
500	C 0	90.01	28.19	10.93	8.79	6.50	144.42
	C 1/2	110.48	51.44	17.58	12.01	9.24	200.75
	C 1	247.05	67.20	27.09	20.35	14.34	376.03
	C 2	454.92	73.38	53.50	43.42	27.32	652.54
	Média	225.61	55.05	27.27	21.14	14.35	343.43
700	C 0	125.43	31.59	10.11	8.87	5.77	181.77
	C 1/2	151.58	55.96	19.85	12.53	10.67	250.59
	C 1	232.85	89.82	32.37	24.20	15.72	394.96
	C 2	469.12	127.43	59.10	40.12	33.92	729.69
	Média	244.74	76.20	30.36	21.43	16.52	389.25
FOSFATO DE ARAXÁ							
50	C 0	10.81	32.54	20.37	11.70	6.13	81.55
	C 1/2	8.40	46.98	35.29	23.86	19.66	134.19
	C 1	7.82	58.39	54.13	49.83	34.99	205.16
	C 2	3.26	49.16	50.07	69.04	69.00	240.53
	Média	7.57	46.77	40.00	38.61	32.44	165.36
150	C 0	23.42	44.12	12.12	7.37	6.00	93.03
	C 1/2	20.00	59.89	32.13	17.02	11.37	140.41
	C 1	11.83	81.65	61.49	35.30	24.32	214.59
	C 2	3.53	87.00	77.43	69.72	74.71	312.39
	Média	14.69	68.16	45.79	32.35	29.10	190.10
300	C 0	11.92	32.73	12.42	7.26	7.21	71.54
	C 1/2	14.32	55.31	29.15	16.48	10.38	125.64
	C 1	12.74	112.30	53.12	29.40	17.33	224.89
	C 2	4.34	96.89	90.50	89.31	62.03	343.07
	Média	10.83	74.31	33.80	35.61	24.24	191.28
500	C 0	17.75	42.30	12.22	7.26	5.16	84.63
	C 1/2	28.70	73.14	19.38	12.30	11.69	145.21
	C 1	19.50	92.20	43.51	28.22	16.76	200.19
	C 2	8.96	130.15	150.14	74.00	43.34	406.59
	Média	18.73	84.45	56.31	30.44	19.24	209.15
700	C 0	24.73	34.83	11.98	7.13	5.47	83.81
	C 1/2	28.92	60.30	24.31	10.67	11.22	135.42
	C 1	35.18	87.31	42.51	26.08	16.27	207.35
	C 2	18.54	131.41	118.38	55.40	43.32	367.05
	Média	26.84	78.46	49.29	24.82	19.07	198.41

APÉNDICE

TABELA 1: Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) da produção de matéria seca da parte aérea do braquiário em função das fontes de P (F), doses de P (D) e níveis de calagem (C), nos cinco cortes e total dos cortes.

Causas de Variação	Quadrado Médio					
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	5º corte	Total
F	633,9723**	1,7929 ^{ns}	1,2384 ⁺	0,4249 ^{ns}	1,2039 ^{ns}	655,8999**
D	272,0055**	40,0376**	8,8030**	103,6962**	88,1231**	1956,114**
C	30,4907**	5,0376**	27,4196**	30,0909**	78,0588**	237,4385**
FxD	40,6011**	3,4376**	1,3592**	3,7467*	2,2221*	62,0860**
FxC	31,2527**	6,4957**	0,9789 ⁺	0,0623 ^{ns}	0,8843 ^{ns}	56,9085**
DxC	2,5908*	4,1935**	1,1657**	2,1022 ⁺	1,7595*	10,8449*
FxDxC	4,0654**	4,07228**	0,7345*	0,4409 ^{ns}	0,4429 ^{ns}	9,9191 ^{ns}
Resíduo	1,2322,	0,8218	0,37226	1,13074	0,8963	6,21165
CV (%)	17,28	7,28	6,08	8,50	6,70	4,54
Média	6,42	12,46	10,03	11,88	14,13	54,93

^{ns}, ⁺, *, ** não significativo, significativo pelo teste F à 10, 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

TABELA 2: Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) dos teores de fósforo na matéria seca da parte aérea do braquiário em função das fontes de P (F), doses de P (D) e níveis de calagem (C), nos cinco cortes e total dos cortes.

Causas de Variação	Quadrado Médio				
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	5º corte
F	11,7187**	9,4641**	1,5075**	2,3519**	0,3774**
D	3,0361**	1,8673**	16,7633**	4,4603**	4,1151**
C	0,3027**	0,0380 ⁺	0,0173 ^{ns}	0,2652**	1,2404**
FxD	2,8389**	2,1288**	0,1753**	0,5412**	0,3722**
FxC	0,3314**	0,0201 ^{ns}	0,4579**	0,0773**	0,1186**
DxC	0,3201**	0,0240 ^{ns}	0,0697**	0,0505**	0,1378**
FxDxC	0,3047**	0,03376*	0,1401**	0,0262 ^{ns}	0,03281*
Resíduo	0,0639	0,01558	0,0155	0,01792	0,0158
CV (%)	12,14	11,05	9,93	11,97	13,47
Média	2,08	1,13	1,25	1,12	0,93

^{ns}, ⁺, *, ** não significativo, significativo pelo teste F à 10, 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

TABELA 3: Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) do acúmulo de fósforo na matéria seca da parte aérea do braquiário em função das fontes de P (F), doses de P (D) e níveis de calagem (C), nos cinco cortes e total dos cortes.

Causas de Variação	Quadrado Médio				
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	5º corte
F	6702,53**	1408,08**	176,7872**	398,9543**	149,8668**
D	2147,66**	467,2595**	1959,016**	1037,342**	1150,370**
C	36,1252**	18,8536**	67,8978**	2,3651 ^{ns}	54,9092**
FxD	814,4728**	378,6444**	31,8074**	113,8838**	96,3631**
FxC	65,1029**	21,8442**	44,8671**	20,4083**	34,9366**
DxC	21,4294**	6,6008**	25,1008**	6,3654**	15,9870**
FxDxC	27,4977**	8,5873**	16,3289**	5,7743**	7,9360**
Resíduo	2,6210	1,5765	0,90447	1,4205	2,1328
CV (%)	11,39	8,86	7,42	8,71	10,82
Média	14,208	14,17	12,82	13,69	13,49
Total					268,53

^{ns}, *, ** não significativo, significativo pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

TABELA 4: Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) dos teores de cálcio na matéria seca da parte aérea do braquiário em função das fontes de P (F), doses de P (D) e níveis de calagem (C), nos cinco cortes e total dos cortes.

Causas de Variação	Quadrado Médio				
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	5º corte
F	0,3741 ^{ns}	279,0755**	0,137 ^{ns}	22,3603**	52,7748**
D	25,3447**	20,3554**	90,8959**	181,7590**	125,1064**
C	1,3147	7,5359**	33,5871**	8,7382**	3,2844**
FxD	8,2651**	15,6620**	4,3071**	4,3639**	12,6673**
FxC	1,0118 ^{ns}	3,7435**	13,1632**	18,3319**	11,7065**
DxC	1,9598*	1,0188 ^{ns}	1,5856 ⁺	1,6820*	2,1920**
FxDxC	0,8651 ^{ns}	2,9772**	1,3298 ^{ns}	2,0082**	1,0126 ^{ns}
Resíduo	0,5607	0,7182	0,9191	0,7824	0,6275
CV (%)	9,93	8,76	8,83	6,88	6,91
Média	7,54	9,68	10,86	12,85	11,46

^{ns}, *, ** não significativo, significativo pelo teste F a 10, 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

TABELA 5: Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) do acúmulo de cálcio na matéria seca da parte aérea do braquiarão em função das fontes de P (F), doses de P (D) e níveis de calagem (C), nos cinco cortes e total dos cortes.

Causas de Variação	Quadrado Médio				
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	5º corte
F	45796,68**	33243,37**	0,114 ^{ns}	2542,15**	6501,23**
D	23679,77**	10913,26**	13757,16**	66009,64**	59493,91**
C	1493,78**	1591,06**	1128,79**	5942,06**	12301,87**
FxD	3918,28**	4216,13**	565,56**	960,71**	1927,84**
FxC	2386,81**	1300,31**	759,34**	2442,03**	1963,10**
FxD	171,86**	627,51**	113,6103*	526,71**	525,17**
FxDxC	280,40**	1419,93**	118,8577*	251,06**	341,66*
Resíduo	39,8608	64,4371	51,3824	103,2225	144,2710
CV (%)	12,31	6,74	6,58	6,51	7,33
Média	51,29	119,15	108,93	156,09	163,88
Total					599,35

ns, *, **, não significativo, significativo pelo teste F à 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

TABELA 6: Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) dos teores de magnésio na matéria seca da parte aérea do braquiarão em função das fontes de P (F), doses de P (D) e níveis de calagem (C), nos cinco cortes e total dos cortes.

Causas de Variação	Quadrado Médio				
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	5º corte
F	2317,9228**	42,9603**	24,8266**	6,3480**	2,2742**
D	139,1190**	4,0903**	3,5239**	18,5372**	15,1306**
C	460,6550**	117,3939**	185,7398**	93,5544**	44,8748**
FxD	267,2228**	3,7912**	8,1192**	0,6209**	1,0774**
FxC	370,1177**	3,3770**	9,3051**	3,9020**	2,9354**
FxD	50,1639**	1,6706**	3,5626**	1,3919**	2,0117**
FxDxC	31,0863**	0,8428**	5,3262**	0,3349**	0,4849**
Resíduo	2,4346	0,2465	0,3443	0,0791	0,0665**
CV (%)	17,46	9,77	14,76	11,54	16,09
Média	8,94	5,08	3,97	2,44	1,60

** significativo pelo teste F à 1% de probabilidade

TABELA 7: Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) do acúmulo de magnésio na matéria seca da parte aérea do braquiarão em função das fontes de P (F), doses de P (D) e níveis de calagem (C), nos cinco cortes e total dos cortes.

Causa de Variação	Quadrado Médio				
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	5º corte
F	426632,4**	5478,30**	4208,41**	1504,36**	447,99**
D	69851,63**	3173,36**	109,87**	475,94**	1344,04**
C	44104,88**	18277,16**	26223,85**	15866,63**	10213,06**
FxD	54425,29**	920,97**	893,65**	128,79**	219,11**
FxC	56225,97**	345,51**	1539,74**	782,80**	439,76**
FxDxC	8831,99**	986,34**	697,75**	80,46**	297,70**
FxDxC	9007,40**	268,34**	772,95**	91,072**	165,61**
Resíduo	90,8269	16,7049	20,6202	7,6337	11,2436
CV (%)	12,68	6,45	10,94	9,67	15,11
Média	75,15	63,40	41,50	28,56	22,19
Total					230,80

** significativo pelo teste F à 1% de probabilidade

