

COMBINAÇÃO DE DOSES DE FÓSFORO E MAGNÉSIO NA PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO DE DUAS BRAQUIÁRIAS

JULIO CESAR RAPOSO DE ALMEIDA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **FRANCISCO ANTONIO MONTEIRO**

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de Mestre em
Agronomia, Área de Concentração: Solos e Nutrição
de Plantas

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Fevereiro – 1998

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Almeida, Julio Cesar Raposo de
Combinação de doses de fósforo e magnésio na produção e nutrição de duas
braquiárias / Julio Cesar Raposo de Almeida. -- Piracicaba, 1998.
81p.

Dissertação (mestrado) -- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998.
Bibliografia.

1. Capim braquiária 2. Clorofila 3. Composição mineral 4. Matéria seca 5. Perfilho
6. Relação fósforo-magnésio 7. Solução nutritiva 1. Título

CDD 633.2

COMBINAÇÃO DE DOSES DE FÓSFORO E MAGNÉSIO NA PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO DE DUAS BRAQUIÁRIAS

JULIO CESAR RAPOSO DE ALMEIDA

Aprovada em: 26.03.1998

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Francisco Antonio Monteiro

ESALQ/USP

Prof Dr. Quirino Augusto de Camargo Carmello

ESALQ/USP

Dr. Luciano de Almeida Corrêa

CPPSE/EMBRAPA



Prof. Dr. FRANCISCO ANTONIO MONTEIRO
Orientador

Aos meus pais
ANÉSIO E CIRLENEDINE

Aos meus irmãos
PAULO E ANÉSIO

pelo amor, apoio e incentivo

OFEREÇO.

À minha
ANA

pelo amor e dedicação

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Francisco Antonio Monteiro pela orientação, paciência e amizade.

Ao Professor Dr. Quirino Augusto de Camargo Carmello pela amizade e sempre boa vontade em ajudar.

Ao Professor Dr. Antonio Roque Dechen pela amizade e apoio.

Ao Dr. Manuel Claudio Motta Macedo e a Dr^a. Cacilda Borges do Valle pela orientação, incentivo e confiança nos primeiros passos de minha vida profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo, sem a qual não seria possível a realização desse trabalho.

Às funcionárias do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas: Lurdes Aparecida Dário de Gonzáles e Nivanda Maria de Moura pela colaboração nas análises laboratoriais e também à Edinéia C. S. Mondoni, Lúcia H. S. P. Forti, Mirtes V. Sesso, Sueli M. A. C. Bovi e Giovana M. de Oliveira pelo apoio.

Aos colegas de Curso: Eron, Lucieta, Rosinha, Zilda, Juan, Michele, Moema, Jailson, Carla, Andréia, Osvaldo, Patrícia, Renata, Josef, Régis, Juca, Anacleto, Beatriz, João Batista e Waldssimiler pela amizade e convivência produtiva.

À Ana Aparecida, minha esposa, pelo apoio, sugestões, estímulo e por todo amor dedicado.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vi
SUMMARY	viii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 O gênero <i>Brachiaria</i>	3
2.2 Fósforo	4
2.3 Magnésio	8
2.4 Inter-relação fósforo e magnésio	12
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Condições de instalação e condução do experimento	14
3.2 Doses de fósforo e de magnésio	15
3.3 Produção de matéria seca e análise do material vegetal	16
3.4 Perfilhamento	16
3.5 Estimativa do teor de clorofila	17
3.6 Delineamento experimental e análises estatísticas	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1 Produção de matéria seca	19
4.1.1 Primeiro corte	19
4.1.1.1 Total da parte aérea	19
4.1.1.2 Lâminas foliares	22
4.1.1.3 Colmos+bainhas	25
4.1.2 Segundo corte	27
4.1.2.1 Total da parte aérea	27
4.1.2.2 Lâminas foliares	28
4.1.2.3 Colmos+bainhas	31
4.1.2.4 Raízes	32

4.2 Perfilhamento	33
4.2.1 Evolução do número de perfilhos	33
4.2.2 Número total de perfilhos por vaso.....	36
4.2.3 Peso médio de perfilho.....	38
4.3 Estimativa do teor de Clorofila.....	42
4.3.1 Primeira época	42
4.3.2 Segunda época	44
4.3.3 Terceira época.....	45
4.4 Concentração e acúmulo de nutrientes no tecido vegetal.....	46
4.4.1 Concentração de fósforo	46
4.4.2 Acúmulo de fósforo	49
4.4.2.1 Primeiro corte	49
4.4.2.2 Segundo corte.....	51
4.4.3 Concentração de magnésio.....	54
4.4.3.1 Primeiro corte	54
4.4.3.1.1 Lâminas foliares	54
4.4.3.1.2 Colmos+bainhas.....	57
4.4.3.2 Segundo corte.....	59
4.4.3.2.1 Lâminas foliares	59
4.4.3.2.2 Colmos+bainhas.....	62
4.4.3.2.3 Raízes	64
4.4.4 Acúmulo de magnésio	65
4.4.4.1 Primeiro corte	65
4.4.4.2 Segundo corte.....	65
5 CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

COMBINAÇÃO DE DOSES DE FÓSFORO E MAGNÉSIO NA PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO DE DUAS BRAQUIÁRIAS.

Autor: Julio Cesar Raposo de Almeida

Orientador: Prof. Dr. Francisco Antonio Monteiro

RESUMO

Em casa-de-vegetação, durante o verão (dezembro de 1996 a março de 1997), a *Brachiaria decumbens* Stapf. cv. Basilisk e a *Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rick) Stapf. cv. Marandu foram estudadas quanto à produção de matéria seca, perfilhamento, teor de clorofila, concentração e acúmulo de nutrientes em função da combinação de doses de magnésio (4,8 - 24 - 48 e 72 mg L⁻¹) com doses de fósforo (3,1 - 15,5 e 31 mg L⁻¹) em solução nutritiva, num esquema fatorial 2x3x4, disposto em blocos completos ao acaso, com quatro repetições. As plantas foram cortadas duas vezes, sendo o primeiro corte realizado 41 dias após o transplante e o segundo 30 dias após o primeiro. O padrão de perfilhamento das espécies foi determinado, marcando-se os perfilhos novos com fios coloridos, em duas das cinco plantas de cada vaso. Efetuou-se, 67 dias após o transplante, a contagem do número total de perfilhos por vaso, o que possibilitou estimar-se o peso médio dos perfilhos. Através do clorofilômetro SPAD-502 estimou-se o teor de clorofila. As leituras foram realizadas 25, 35 e 59 dias após o transplante no terço médio das duas lâminas foliares mais velhas que ainda permaneciam verdes, no colmo principal das duas plantas utilizadas para a marcação dos perfilhos.

Embora as duas espécies tenham apresentado resposta diferenciada na produção de matéria seca em função das doses de fósforo, o comportamento das espécies à combinação das doses de magnésio e fósforo foi o mesmo, pois os efeitos de magnésio só foram significativos, quando não

houve limitação de fósforo. Em valores absolutos e relativos a *Brachiaria brizantha* apresentou maior produção de lâminas foliares do que a *Brachiaria decumbens*. Observou-se diferenças no padrão de perfilhamento das espécies em função das doses de fósforo. Constatou-se, que a dose de fósforo 31 mg L⁻¹ abreviou o ciclo de vida dos perfilhos da *Brachiaria decumbens* no primeiro corte. Verificou-se que a *Brachiaria decumbens* apresentou maior número de perfilhos por vaso, enquanto a *Brachiaria brizantha* apresentou perfilhos mais pesados. As limitações de fósforo e de magnésio implicaram em teores de clorofila mais baixo nas duas espécies, principalmente na fase de estabelecimento. A concentração de fósforo no tecido vegetal aumentou sensivelmente com o incremento da dose de fósforo na solução. Observou-se que o aumento das doses de magnésio possibilitou um maior acúmulo de fósforo, quando não houve limitação de fósforo. As duas braquiárias apresentaram grande capacidade de absorção e de acúmulo de magnésio. Apesar da *Brachiaria decumbens* ter apresentado concentração de magnésio mais elevada que a *Brachiaria brizantha* o acúmulo de magnésio foi equivalente nas duas espécies. O magnésio acumulou-se preferencialmente nas lâminas foliares.

HERBAGE YIELD AND NUTRITIONAL ASPECTS OF TWO BRAQUIARIAS GROWN IN SOLUTION WITH COMBINATION OF PHOSPHORUS AND MAGNESIUM RATES.

Author: Julio Cesar Raposo de Almeida

Adviser: Prof. Dr. Francisco Antonio Monteiro

SUMMARY

An experiment was carried out at Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Brazil, during summer (December 1996 to March 1997), to study the effects of the combination of magnesium (4,8 - 24 - 48 e 72 mg L⁻¹) and phosphorus rates (3,1 - 15,5 e 31 mg L⁻¹) in two forages grasses (*Brachiaria decumbens* Stapf. cv. Basilisk and *Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rick) Stapf. cv. Marandu). Dry matter yield, tillering, chlorophyll concentration, concentrations and contents of both magnesium and phosphorus were evaluated. The experiment was set in a complete randomized block design, with four replications in a factorial arrangement 2x3x4 (2 species, 3 phosphorus rates and 4 magnesium rates). Two harvests were done; the first one at 41 days after the seedlings transplant and the second 30 days after the first. The tillering pattern was determined by marking the new tillers of two plants with colored wires. There were five plants in each pot. The total number of tillers also were determined 67 days after the transplant. The chlorophyll meter SPAD-502 was used to estimate the chlorophyll concentration on the two oldest green leaves of the main stems. The readings of SPAD were taken 25, 35 e 59 days after the transplant.

Although the species have shown different responses to the phosphorus rates, the behavior to the combination of magnesium and phosphorus rates were the same, because the effects of magnesium was only

significant when there was no phosphorus limitation. Tiller number of *Brachiaria decumbens* increased with phosphorus rates from 15,5 to 31 mg de P L⁻¹ but not in *Brachiaria brizantha*. It was also verified that tiller life cycle of *Brachiaria decumbens* in the 31 mg de P L⁻¹ was shortened because the stems were elongating to bloom. *Brachiaria decumbens* showed larger total tiller number per pot, but *Brachiaria brizantha* had heavier tillers.

The chlorophyll concentration was low when magnesium and phosphorus rates were low, mainly at plant establishment. Increasing of phosphorus rate increased the phosphorus concentration in dry matter. The increase of magnesium rates improved phosphorus uptake and resulted in a larger phosphorus content, at no phosphorus limitation. Although the two species had high magnesium uptake capacity, *Brachiaria decumbens* had larger magnesium concentrations. Magnesium contents were the similar in two species. Increasing phosphorus rates increased the plant demand for magnesium. The magnesium accumulated mainly in the leaf blades.

1 INTRODUÇÃO

Os capins do gênero *Brachiaria* são atualmente a grande expressão em pastagens cultivadas no Brasil. Ocupando cerca de 60 milhões de hectares, constituem a principal opção para a alimentação do rebanho brasileiro de bovinos de corte. Entre as diversas espécies desse gênero, destacam-se a *Brachiaria decumbens* Stapf. e a *Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rick) Stapf., que juntas ocupam mais da metade da área com pastagens cultivadas do país.

Apesar de, certa adaptação a solos ácidos, com elevados teores de alumínio e reduzida disponibilidade de nutrientes, que a maioria dos capins desse gênero apresenta, as condições de fertilidade do solo são determinantes para o estabelecimento e a persistência das pastagens com braquiárias. Particularmente na implantação dessas forrageiras em pastagens, a adubação fosfatada e a calagem constituem práticas essenciais, não só para um desenvolvimento adequado das plantas mas, também, para a melhoria do valor nutricional dessas forrageiras.

Devido à grande limitação na disponibilidade natural de fósforo nos solos das regiões tropicais e subtropicais, o assunto tem sido enfocado ativamente pela pesquisa. Por outro lado, no que se refere ao magnésio, existe uma grande escassez de informações, principalmente porque o magnésio é adicionado ao solo juntamente com o cálcio, por ocasião da calagem, e nesse caso, não se distingue um do outro nutriente. Contudo, cabe ressaltar, que a adição de magnésio ao solo tem sido realizada, na maioria das vezes, sem se

conhecer as exigências das culturas e até mesmo, ignorando-se os teores de magnésio no solo e no corretivo.

Considerando-se a importância do magnésio para os processos relacionados à transferência de energia na planta, bem como a falta de informações a respeito das exigências de magnésio para os capins do gênero *Brachiaria*, objetivou-se avaliar o efeito de magnésio em função do fornecimento de fósforo, em termos de rendimento de matéria seca, perfilhamento, teor de clorofila e composição mineral da *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O gênero *Brachiaria*

O gênero *Brachiaria* (Griseb) é muito amplo, com cerca de 100 espécies e mais de 1000 acessos já identificados (Keller-Grein et al., 1996; Renvoise et al., 1996).

Apesar de terem surgido como opção para a alimentação do rebanho bovino no Brasil há cerca de 30 anos, os capins do gênero *Brachiaria* são atualmente a grande expressão em pastagens cultivadas. Zimmer et al. (1994) estimaram que a área de pastagem formada com braquiárias no Brasil estava em torno de 60 milhões de hectares. Nesse sentido, Miles et al. (1996) consideraram que a *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu representavam cerca de 85% da área formada no Brasil com os capins desse gênero.

A *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, originalmente coletada em Uganda, foi levada para a Austrália, lançada como variedade comercial em 1966 (Keller-Grein et al., 1996) e chegou ao Brasil em 1968 (Valle & Miles, 1994). Esse cultivar é bastante agressivo, suporta pastejos sob lotação contínua e tem palatabilidade e valor nutricional que garantem um bom desempenho animal (Leite & Euclides, 1994). Ainda que se adapte a solos ácidos com baixos teores de nutrientes, Ghisi & Pedreira (1986) relataram aumentos na produção de matéria seca dessa gramínea proporcionais às condições de fertilidade do solo.

A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu é originária do Zimbábue. Após ter sido lançada em 1984 como cultivar no Brasil pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), teve rápida adoção pelos pecuaristas, pois além de atender às necessidades do rebanho de forma semelhante à *Brachiaria decumbens* (Euclides et al., 1993) é resistente ao ataque de cigarrinhas (Cosenza et al., 1989). É recomendada para solos de média a boa fertilidade (EMBRAPA, 1985). Corrêa & Haag (1991a,b) relataram ser esse cultivar muito responsivo à adubação fosfatada.

Rao et al. (1996) reportaram existirem diferenças quanto a adaptação dos cultivares de *Brachiaria* a solos de baixa fertilidade. Esses autores ressaltaram que essa adaptação é influenciada pela capacidade de absorção e utilização de nutrientes de cada cultivar, e que o sistema radicular é um aspecto de grande importância, pois quanto mais extensas e ramificadas forem as raízes, maior será o contato com as partículas do solo e a absorção de nutrientes será favorecida.

2.2 Fósforo

Barbosa Filho (1987) ressaltou que é difícil imaginar um fenômeno na vida da planta em que o fósforo não esteja envolvido direta ou indiretamente. Segundo Mengel & Kirkby (1987) e Marschner (1995) as plantas absorvem fósforo sob as formas iônicas de H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} , de forma ativa, com gasto de energia e contra um gradiente de concentração.

Marschner (1995) relatou que o fósforo absorvido pelas raízes é rapidamente transportado através do xilema e incorporado a compostos orgânicos. Entre estes compostos destacam-se o difosfato e o trifosfato de adenosina (ADP e ATP, respectivamente), cuja participação nos processos de fotossíntese e respiração é fundamental para o armazenamento e a transferência de energia. O fósforo também faz parte dos ácidos ribonucleico

(RNA) e desoxiribonucleico (DNA), o que o torna indispensável à síntese de proteínas (Taiz & Zeiger, 1991; Salisbury & Ross, 1992; Lehninger et al., 1995).

Diversos autores apontaram o fósforo como o nutriente mais limitante ao desenvolvimento normal das culturas nos solos de regiões tropicais e subtropicais. Todavia, admitem que a baixa disponibilidade de fósforo é uma conseqüência da estreita inter-relação entre o fósforo e as características químicas e físicas desses solos (Sanches & Salinas, 1981; Fenster & Léon, 1982; Lopes, 1984; Malavolta & Kliemann, 1985; Goedert & Souza, 1986; Carriel et al., 1989; Raij, 1991; Morikawa, 1993).

Werner (1986) relatou que a baixa disponibilidade de fósforo no solo limita o perfilhamento da planta forrageira, que segundo Langer (1963) é a característica mais importante para o estabelecimento da produtividade dessas plantas, já que são os perfilhos as unidades vegetativas básicas das gramíneas. Nesse sentido, Rodrigues & Reis (1995) relataram que a produção de matéria seca dos capins é definida pelo número e peso dos perfilhos. Além disso, as gramíneas forrageiras deficientes em fósforo apresentam crescimento lento, secamento prematuro das folhas maduras e reduzido desenvolvimento do sistema radicular, dificultando o “fechamento” do pasto, e facilitando o aparecimento de plantas invasoras (Werner 1986).

As concentrações de fósforo nos tecidos vegetais são mais baixas que as de nitrogênio e potássio, e normalmente se situam entre 1 e 3 g kg⁻¹ de matéria seca. Skermam & Riveros (1992), trabalhando com 586 amostras de gramíneas forrageiras tropicais, relataram que o teor de fósforo na matéria seca variou de 0,2 a 5,8 g kg⁻¹, com média de 2,2 g kg⁻¹. Esse é um parâmetro influenciado pelas condições edafoclimáticas e também pelo estágio de desenvolvimento da planta. Consideraram que para se conseguir ganho de peso diário de 0,5 kg em bovino de 450 kg, o teor de fósforo na forragem deveria ser de pelo menos 1,7 g kg⁻¹ de matéria seca.

Rao et al. (1996) evidenciaram a influência da quantidade e disponibilidade de nutrientes nos solos para a produtividade e a qualidade das forrageiras e, conseqüentemente, para a produção animal, uma vez que a alimentação do rebanho bovino de corte é quase que exclusivamente de forragens verdes.

Na literatura encontra-se uma série apreciável de trabalhos enfocando as respostas das gramíneas forrageiras à adubação com fósforo. Werner & Haag (1972) estudaram os efeitos do fornecimento de fósforo em solução nutritiva na produção de matéria seca e na concentração de minerais em quatro forrageiras. Os resultados revelaram que o capim-gordura (*Melinis minutiflora*) respondeu até a dose de fósforo de 5 mg L⁻¹, o capim-colonião (*Panicum maximum*) e o capim-jaraguá (*Hiparrhenia rufa*) até a dose de fósforo de 40 mg P L⁻¹ e o capim-napier (*Pennisetum purpureum*) até a dose de fósforo de 125 mg L⁻¹ de solução nutritiva. Contudo, relataram que os teores de fósforo na matéria seca foram crescentes nessas forrageiras com o aumento das doses do nutriente na solução.

Num experimento com várias forrageiras, Martinez (1980) verificou que os níveis críticos de fósforo na solução nutritiva e no tecido vegetal da *Brachiaria decumbens* foram da ordem de 16,94 mg L⁻¹ e 3,2 g kg⁻¹, respectivamente.

Monteiro et al. (1993), estudando os efeitos do suprimento fósforo em solução nutritiva na produção de matéria seca de *Brachiaria decumbens*, relataram expressivo aumento de produção em função do aumento das doses de fósforo na solução. Paralelamente, os colmos+bainhas foram os componentes que mais aumentaram sua participação no total de matéria seca da parte aérea, variando de 35 para 56% do total.

Monteiro et al. (1995a), visando identificar a parte da planta mais indicada para determinação do nível crítico de fósforo em *Brachiaria decumbens*, verificaram que a concentração de fósforo nas lâminas das folhas mais novas

foi a que apresentou maior coeficiente de correlação com a produção de matéria seca da parte aérea. Segundo a equação ajustada, esses autores determinaram que o nível crítico para 90% da máxima produção, foi alcançado quando o teor de fósforo nas lâminas de folhas novas era de $1,5 \text{ g kg}^{-1}$ de matéria seca.

Num experimento com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em solução nutritiva completa e com omissão individual de nutrientes, Monteiro et al. (1995b) verificaram que a omissão de fósforo inibiu por completo o perfilhamento e limitou a produção de matéria seca da parte aérea. A produção de matéria seca da parte aérea obtida na omissão de fósforo representou 5,7% daquela obtida no tratamento que recebeu a adubação completa. Do mesmo modo, a produção de matéria seca de raízes foi sensivelmente comprometida pela omissão de fósforo, representando 8,0% da alcançada no tratamento com adubação completa. Em consequência, a omissão de fósforo resultou em concentrações de fósforo da ordem de 0,4 e $0,5 \text{ g kg}^{-1}$ de matéria seca, respectivamente, para a parte aérea e raízes. Esses valores foram muito inferiores aos 2,4 e 1,7 gramas de fósforo por quilograma de matéria seca da parte aérea e raízes, verificados no tratamento completo, respectivamente.

Almeida et al. (1995) estudaram a resposta dos cultivares Basilisk e Marandu e de mais oito acessos de *Brachiaria* spp a duas doses de calcário (1000 e 4000 kg ha^{-1}) e a três doses de fósforo (0 , 35 e 140 kg ha^{-1}) em um latossolo argiloso, em condições de casa-de-vegetação. Relataram que apesar das braquiárias não serem consideradas plantas exigentes em fertilidade, o fósforo foi um fator limitante para a produção de matéria seca para em os genótipos estudados.

Silva (1996), estudando os efeitos do suprimento de fósforo na produção da *Brachiaria decumbens* e da *Brachiaria brizantha*, por dois períodos subsequentes (34 e 28 dias), observou que o incremento nas doses de fósforo resultou em aumento no número de perfilhos, o qual não teve diferença entre

as duas espécies. Verificou também incrementos na produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, bem como na concentração de fósforo nas folhas dos capins devido ao aumento do suprimento de fósforo na solução. Contudo, a *Brachiaria brizantha* apresentou maior produção de matéria seca e teve mais elevada concentração de fósforo nos tecidos que a *Brachiaria decumbens*.

2.3 Magnésio

O magnésio é absorvido pelas raízes das plantas na forma de um cátion bivalente (Mg^{2+}), principalmente por fluxo de massa, sendo transportado e redistribuído muito facilmente através do floema (Malavolta, 1980).

Mengel & Kirkby (1987) e Marschner (1995) relataram que o magnésio é fundamental no balanço de cátions e ânions, na regulação do pH celular e na ativação de uma série de enzimas relacionadas ao metabolismo energético das plantas, como a fosfatase, a ATPase e RuBP carboxilase. Considerando tais fatos Lehninger et al. (1995) relataram que o ATP e o ADP estão predominantemente sob a forma de complexos $MgATP^{2-}$ e $MgADP^-$. Portanto, é o magnésio quem realiza a ligação entre as estruturas do pirofosfato e a enzima na maioria das reações onde o ATP participa como doador de energia.

Outra importante função do magnésio é a de ser um agregador das subunidades dos ribossomos, sendo essencial para o processo de síntese de proteínas (Cammarano et al., 1972).

Todavia, a função mais conhecida do magnésio é a de ser o átomo central da molécula de clorofila que, segundo Salisbury & Ross (1992) e Lehninger et al.(1995), é o pigmento mais importante para o processo de fotossíntese.

Marschner (1995) afirmou que a maior fração do magnésio contido na planta está associada a ânions de ácidos orgânicos e inorgânicos armazenados nos vacúolos, ou então, sob a forma de pectatos que compõem a

lamela média da parede celular. Ressaltou ainda que apenas 15 a 20 % do magnésio contido na planta está nos cloroplastos, do qual menos da metade está associado diretamente à clorofila. Contudo, Marschner¹ mencionou que a deficiência de magnésio pode afetar o teor de clorofila e resultar em queda na taxa fotossintética, proporcionando menor produção de energia e dessa forma comprometendo o desenvolvimento das plantas, principalmente em regiões onde a intensidade luminosa é baixa.

A partir do surgimento do clorofilômetro Minolta SPAD-502, o teor de clorofila tem sido um parâmetro muito útil no monitoramento da necessidade de nitrogênio e conseqüentemente na predição da produção em diversas culturas, entre as quais se destacam o milho (*Zea mays*) (Blackmer, et al., 1993; Smeal & Zhang, 1994; Piekielek et al., 1995;), o arroz (*Oryza sativa*) (Turner et al., 1989; Peng, et al., 1995), o algodão (*Gossypium hirsutum*) (Wood et al., 1992) e o trigo (*Triticum aestivum*) (Follett et al., 1992; Fox et al., 1994).

A quantidade de informações a respeito dos teores de clorofila relacionadas com a nutrição das plantas forrageiras ainda é incipiente. Recentemente, num experimento com a *Brachiaria decumbens* cultivada em solução nutritiva, Santos (1997) avaliou o efeito de doses de nitrogênio no teor de clorofila da segunda lâmina foliar completamente expandida a partir do ápice da planta. Relatou que o teor de clorofila, estimado através do valor SPAD, constituiu um bom referencial para predizer o estado nutricional da forrageira no que se refere a nitrogênio. Na omissão de nitrogênio o valor SPAD atingiu os valores mais baixos, 17 e 23,9 respectivamente no primeiro e no segundo crescimento. Os valores mais elevados, 50,2 e 52 respectivamente no primeiro e no segundo crescimento, foram obtidos com as doses de nitrogênio de 330 e 442 mg L⁻¹.

Santos (1997) também estudou o efeito de doses de enxofre no teor de clorofila na *Brachiaria decumbens* cultivada em solução nutritiva e relatou que o

¹ MARSCHNER, H. Comunicação pessoal, 1996.

fornecimento de enxofre influenciou a estimativa do valor SPAD e os maiores teores de clorofila (valor SPAD 43,1 e 38) ocorreram quando foram fornecidos 39 e 65 mg de S L⁻¹, respectivamente para o primeiro e o segundo crescimento. Todavia, a variação do valor SPAD entre a dose que propiciou as estimativas mais altas e a omissão do nutriente foi de aproximadamente 5%.

Tendo em vista que o clorofilômetro mede a intensidade de verde das folhas, Peterson et al. (1993) citou que além de fatores genéticos (variedades e híbridos), fatores edafoclimáticos e também fatores relacionados aos tratos culturais e sanitários (temperatura, umidade, luz, tipo de solo, disponibilidade de nutrientes, espaçamento e doenças) afetam as leituras oferecidas por esse aparelho. Nesse sentido, os autores sugeriram que a utilização do clorofilômetro deve estar condicionada a uma calibração prévia, onde tais fatores sejam considerados.

Os primeiros sintomas de deficiência de magnésio nas plantas, segundo Malavolta (1980), ocorrem nas folhas mais velhas e manifestam-se por clorose internerval que pode ser seguida do desenvolvimento de coloração alaranjada, vermelha ou roxa. Em *Brachiaria decumbens*, Rao et al. (1996) relataram que a clorose internerval foi acompanhada de uma coloração arroxeadada nas extremidades do limbo foliar.

Skerman & Riveros (1992), avaliando a concentração de magnésio na matéria seca em 280 gramíneas forrageiras, observaram uma variação de 0,4 a 9 g kg⁻¹, tendo a média permanecido ao redor de 3,6 g kg⁻¹.

Premazzi (1991), ao submeter a *Brachiaria brizantha* a quatro níveis de saturação por bases no solo, encontrou variação na concentração de magnésio na matéria seca da parte aérea de 1,0 a 11,9 g kg⁻¹ e na matéria seca raízes de 0,4 a 1,9 g kg⁻¹.

Plantas com baixas concentrações de magnésio são consequência da baixa disponibilidade desse nutriente na solução do solo. Todavia, a disponibilidade de magnésio na solução do solo é determinada pelo balanço

iônico entre o magnésio, o potássio, o cálcio e o nitrogênio na forma amoniacal (NH_4^+), a ponto do excesso de um provocar a diminuição da absorção dos outros, o que segundo Malavolta (1989) se dá por inibição competitiva.

Cabe ressaltar que além da importância do magnésio para a nutrição do vegetal, esse nutriente constitui um fator de qualidade da forragem, pois concentrações na matéria seca inferiores a 2 g kg^{-1} foram associadas com o distúrbio conhecido por tetania das pastagens ou hipomagnesia (Huang & Grunes, 1992).

Mesmo sem se conhecer as exigências específicas das culturas em magnésio, e por vezes ignorando-se os teores de magnésio do solo e do calcário, a calagem tem sido a principal forma de adição de magnésio ao solo. Dessa forma, os efeitos do fornecimento de magnésio são ainda pouco detalhados, pois seus efeitos normalmente não se distinguem dos efeitos do cálcio ou da redução da acidez do solo.

Marun (1990) estudou o comportamento de gramíneas forrageiras a alterações na relação Ca/Mg (1,4; 4; 9 e 18) em um latossolo da região dos Campos das Vertentes em Minas Gerais. Verificou que ao aumentar a relação Ca/Mg no solo ocorreu diminuição da produção de matéria seca das braquiárias decumbens e brizantha e do capim-colonião mas não afetou o capim-andropogon (*Andropogon gayanus*). Conquanto tenham os três primeiros capins apresentado produções semelhantes, as braquiárias tiveram concentração e acúmulo de magnésio na matéria seca cerca de duas vezes maior que o verificado no capim-colonião, em todas as relações Ca/Mg. Esses resultados são um indicativo da possível maior exigência em magnésio pelas braquiárias.

Através dos resultados de um experimento com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em solução nutritiva completa e com omissão individual de nutrientes, Monteiro et al. (1995b) verificaram que a omissão de magnésio ocasionou uma redução de 45% na produção de matéria seca da parte aérea, de 70% nas

raízes e de 32% no número de perfilhos. Observaram também drástica redução na concentração de magnésio na matéria seca da parte aérea e das raízes quando não supriram magnésio na solução.

Recentemente, Corrêa (1996) apontou a carência de resultados envolvendo magnésio na adubação de plantas forrageiras. Estudando o comportamento de três cultivares de *Panicum maximum* em relação ao fornecimento de nitrogênio e magnésio, concluiu que apenas na dose mais elevada de nitrogênio (378 mg L⁻¹) ocorreram diferenças na produção de matéria seca da parte aérea devido ao fornecimento de magnésio.

Sarkis et al. (1996), estudando o efeito de doses de magnésio no rendimento da matéria seca e no perfilhamento de *Brachiaria brizantha* em solução nutritiva, em dois períodos de avaliação, mencionaram que sintomas de deficiência ocorreram apenas nas doses de magnésio 0 e 1,2 mg L⁻¹ e que na omissão do nutriente na solução a rebrota das plantas cortadas foi menos vigorosa.

2.4 Inter-relação fósforo e magnésio

Há aproximadamente meio século já se admitiu que o magnésio atuava como carregador de fósforo (Cooper et al., 1947; Eisenmenger & Kucinski, 1947; Troug et al., 1947; Zimmerman, 1947). Atualmente prefere-se justificar a inter-relação entre fósforo e magnésio como consequência da necessidade de magnésio para as reações de transferência de energia na célula (Bergmann, 1992). Nesse sentido, Malavolta (1989) afirmou que existe um efeito sinérgico entre esses dois nutrientes, uma vez que a presença de magnésio no substrato aumenta a absorção de fósforo pelas plantas.

Crocomo & Malavolta (1964), para averiguar os efeitos da limitação de magnésio nos processos de transferência do fósforo (principalmente aquele relacionado à fosforilação oxidativa), estudaram a absorção e a translocação do ³²P por raízes destacadas de plântulas de cevada (*Hordeum vulgare*), em

função da concentração de magnésio na solução nutritiva. Constataram que a concentração de magnésio igual a 10^{-4} M proporcionou os maiores índices de absorção e translocação do radioisótopo, e que a ausência ou a elevação da concentração de magnésio inibiu a absorção e a translocação de ^{32}P .

Vitti et al. (1994) avaliaram a eficiência agronômica do multifosfato magnesiano na cultura do milho e da soja (*Glycine max*) em dois latossolos, e verificaram que o multifosfato magnesiano foi superior aos superfosfatos simples e triplo, em ambos os solos, para a cultura do milho. Para a soja encontraram diferenças apenas no solo de textura argilosa, tendo o multifosfato magnesiano maior eficiência agronômica que os superfosfatos simples e triplo.

Cristancho & Estrada (1996) estudaram os efeitos da aplicação de magnésio sob a forma de calcário dolomítico e sulfato de magnésio na disponibilidade de fósforo para o milho num oxissolo. Verificaram que a elevação nos teores de magnésio no solo, proporcionado pelas duas fontes, aumentaram o aproveitamento de fósforo pela planta, e também ressaltaram que o calcário dolomítico foi superior ao sulfato de magnésio.

Informações relacionadas à exigência das braquiárias em magnésio são necessárias, principalmente no que se refere à interação com outros nutrientes, entre os quais se destaca o fósforo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Condições de instalação e condução do experimento

O experimento para estudar o comportamento de duas espécies de braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf. cv. Basilisk e *Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rick) Stapf. cv. Marandu), em função da combinação de doses de fósforo com doses de magnésio em solução nutritiva, foi realizado em casa-de-vegetação do Setor de Nutrição Mineral de Plantas, do Departamento de Química, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP, no período de verão, durante os meses de dezembro de 1996 a março de 1997.

Foram utilizados vasos plásticos com capacidade para 3,6 litros, os quais continham sílica como substrato. Inicialmente, transplantaram-se para os vasos dez plântulas, que foram obtidas a partir de sementes germinadas em bandejas com areia lavada. Para que cinco plantas permanecessem em cada vaso fizeram-se desbastes aos 15 e 20 dias após o transplante.

As soluções nutritivas foram adicionadas, pela primeira vez, três dias após o transplante. Estas permaneceram nos vasos durante o dia e foram drenadas à noite. O volume de um litro de solução foi ajustado diariamente com água deionizada. As trocas de soluções foram efetuadas a cada quinze dias, a contar da primeira adição de solução e também a partir do primeiro corte. Assim sendo, do transplante até o primeiro corte, as soluções nutritivas foram colocadas três vezes, enquanto do primeiro corte ao segundo corte foram efetuadas outras duas renovações.

3.2 Doses de fósforo e de magnésio

A partir da solução nutritiva completa proposta por Sarruge (1975), as doses de fósforo foram ajustadas em 3,1 - 15,5 e 31 mg L⁻¹ e as doses de magnésio em 4,8 - 24 - 48 e 72 mg L⁻¹, mantendo-se as concentrações originais dos demais nutrientes, conforme composição apresentada na Tabela 1. Cada dose de fósforo foi combinada com uma de magnésio, de tal modo que 12 combinações fósforo-magnésio foram estudadas num esquema fatorial.

Tabela 1 – Volumes de solução estoque utilizadas na preparação das soluções nutritivas, em função das doses de fósforo e magnésio⁽¹⁾.

Doses dos nutrientes												
P (mg L ⁻¹)	3,1				15,5				31			
	4,8	24	48	72	4,8	24	48	72	4,8	24	48	72
Mg (mg L ⁻¹)	Volume (mL)											
Solução Estoque												
KH ₂ PO ₄ M	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1
KNO ₃ M	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ca(NO ₃) ₂ M	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
MgSO ₄ M	0,2	1	2	2	0,2	1	2	2	0,2	1	2	2
KCl M	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5				
MgCl ₂ M				1				1				1
Na ₂ SO ₄ M	1,8	1			1,8	1			1,8	1		
Micronutrientes ⁽²⁾	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fe EDTA ⁽³⁾	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

(M) - Concentração da solução estoque (Molar = 1mol L⁻¹)

¹ Concentração de macronutrientes na solução nutritiva de Sarruge : N (210 mg L⁻¹); K (234 mg L⁻¹); Ca (200 mg L⁻¹) e S (64 mg L⁻¹).

² Composição da solução de micronutrientes: H₃BO₃ (2,86 g L⁻¹); MnCl₂ .4H₂O (1,81 g L⁻¹); ZnCl₂ (0,10 g L⁻¹); CuCl₂ (0,04 g L⁻¹) e H₂MoO₄ .H₂O (0,02 g L⁻¹).

³ Procedimento para preparação de 1 litro da solução de Fe-EDTA: Dissolveram-se 26,2 g de EDTA dissódico em 286 mL de NaOH (M), misturaram-se 24,0 g de FeSO₄ .7H₂O, arejou-se por uma noite e completou-se o volume com água deionizada.

3.3 Produção de matéria seca e análise do material vegetal

A produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), através dos componentes matéria seca das lâminas foliares (MSF) e dos colmos+bainhas (MSCB), foi avaliada duas vezes. A primeira avaliação ocorreu 41 dias após o transplante e a segunda 30 dias após o primeiro corte, quando também se avaliou a produção de matéria seca do sistema radicular (MSR). Os cortes foram efetuados a 5 e a 0 cm do substrato, para o primeiro e segundo cortes respectivamente, tão logo foi observado o início do alongamento do colmo para emissão da inflorescência.

Após a secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 65°C durante 72 horas, pesou-se o material colhido. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley e submetidas à digestão nítrico-perclórica para a determinação das concentrações dos nutrientes: fósforo por colorimetria do metavanadato e magnésio por espectrofotometria de absorção atômica conforme metodologia descrita por Sarruge & Haag (1974).

Estimou-se também a quantidade de fósforo e de magnésio acumulada nas lâminas foliares, nos colmos+bainhas e nas raízes das plantas, o que permitiu o cálculo do total acumulado pela planta e da distribuição percentual dos nutrientes entre os componentes da planta.

3.4 Perfilhamento

Durante todo o período experimental, efetuou-se o acompanhamento da evolução do perfilhamento em duas das cinco plantas presentes em cada vaso, conforme metodologia descrita por Dawies et al.² citados por Corsi et al. (1994). A evolução do perfilhamento foi efetuada através da marcação dos

² DAWIES, A.; EVANS, M. E.; SANT, F. I. Changes in origin, type and rate of production of ryegrass tillers in the post-flowering period in reaction to seasonal growth. In: WRIGTH, C. E., Ed. PLANT PHYSIOLOGY AND HERBAGE PRODUCTION. British Grassland Society, *ocasional symposium*, 13, Hurley, 1981, p.73-80

perfilhos novos com fios coloridos, em oito épocas (25, 31, 35, 42, 46, 51, 61 e 71 dias após o transplante), sendo utilizada uma cor para cada época, à exceção da primeira época após o primeiro corte (41 dias) quando foram utilizadas duas cores, uma para marcar os perfilhos novos e outra para aqueles provenientes de rebrota. Aos 67 dias após o transplante realizou-se também a contagem do número total de perfilhos das cinco plantas de cada vaso. A partir da matéria seca da parte aérea do segundo corte (MSPA2) e do número total de perfilhos por vaso, estimou-se o peso médio de perfilho.

3.5 Estimativa do teor de clorofila

Com o clorofilômetro SPAD-502, estimou-se o teor de clorofila (valor SPAD) aos 25 e aos 35 dias após o transplante e aos 18 dias após o primeiro corte.

Tendo em vista a facilidade de redistribuição do fósforo e do magnésio das partes mais velhas das plantas para as mais novas, estimou-se o teor de clorofila no terço médio das duas lâminas foliares mais velhas que ainda permaneciam verdes (L1 e L2 da base para o ápice) do colmo principal das duas plantas utilizadas no acompanhamento da evolução do perfilhamento.

3.6 Delineamento experimental e análises estatísticas

O experimento foi instalado de acordo com um esquema fatorial 2x3x4 (duas espécies forrageiras, três doses de fósforo e quatro doses de magnésio), o qual foi disposto em blocos completos ao acaso, com quatro repetições. As 96 unidades experimentais foram os vasos contendo cinco plantas cada um.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico SAS-System for Windows release 6.11 (SAS Inst. Inc., 1996). Os resultados foram submetidos à análise de variância e no caso do teste F significativo a no mínimo 90% de probabilidade ($P < 0,10$), fez-se o desdobramento das interações.

Para o desdobramento das interações que envolviam espécies, ajustaram-se equações para representar as respostas das forrageiras ao aumento das doses dos nutrientes e compararam-se as espécies em cada dose do nutriente através do teste F, uma vez que tratava-se de apenas duas espécies.

No desdobramento das interações que envolviam doses de fósforo e doses de magnésio, objetivou-se identificar em quais doses de fósforo ocorreu o efeito devido às doses de magnésio. A partir daí foram ajustadas equações que representassem a resposta do capim às doses de magnésio, dentro de cada dose de fósforo, que apresentou significância para o efeito de doses de magnésio.

Para o número e peso médio de perfilhos utilizou-se o teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade. A evolução do perfilhamento de cada espécie foi apresentada levando-se em consideração o número médio de perfilhos de duas plantas e o intervalo de confiança da média a 95% de probabilidade numa distribuição 't': $\bar{s}_x . t_{(0,05;n-1)}$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção de matéria seca

4.1.1 Primeiro corte

4.1.1.1 Total da parte aérea

A análise de variância da produção de matéria seca da parte aérea no primeiro corte (MSPA1) revelou significância ($P < 0,01$) para a interação entre espécies e doses de fósforo e também para a interação entre doses de fósforo e doses de magnésio.

No desdobramento da interação entre espécies e doses de fósforo, a resposta na MSPA1 de cada espécie foi representada através de equações apresentadas na Figura 1. Verifica-se que a *Brachiaria decumbens* apresentou incremento linear na MSPA1, ao passo que a da *Brachiaria brizantha* ajustou-se a um modelo quadrático. De um modo geral, esses resultados concordam com os apresentados por Martinez (1980), Monteiro et al. (1993), Monteiro et al. (1995b), Almeida et al. (1996) e Silva (1996), que descreveram uma resposta acentuada dessas forrageiras ao fósforo.

Comparando-se as espécies dentro de cada dose de fósforo, verificou-se que a *Brachiaria brizantha* teve produção de MSPA1 significativamente ($P < 0,01$) maior que a da *Brachiaria decumbens* na dose de fósforo $15,5 \text{ mg L}^{-1}$, não ocorrendo diferença significativa ($P > 0,10$) entre as espécies, nas doses de fósforo $3,1$ e 31 mg L^{-1} (Figura 2).

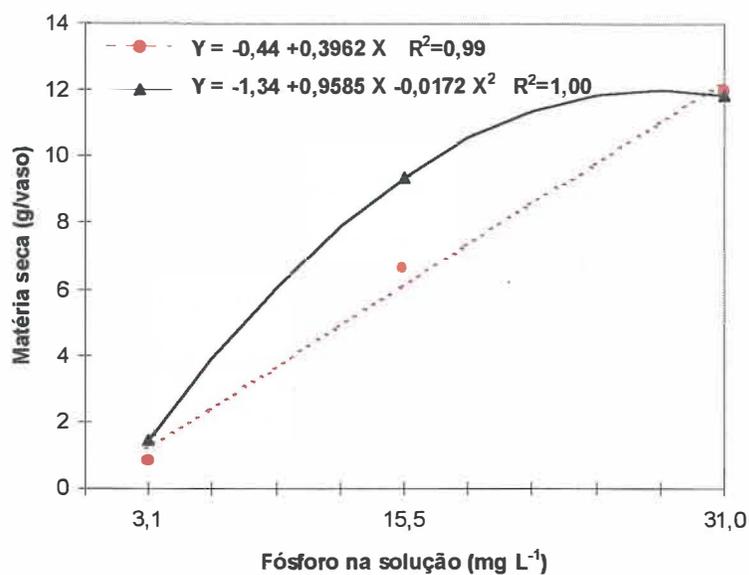


Figura 1 – Produção de matéria seca da parte aérea da *Brachiaria decumbens* (o) e da *Brachiaria brizantha* (Δ), no primeiro corte, em função de doses de fósforo na solução nutritiva.

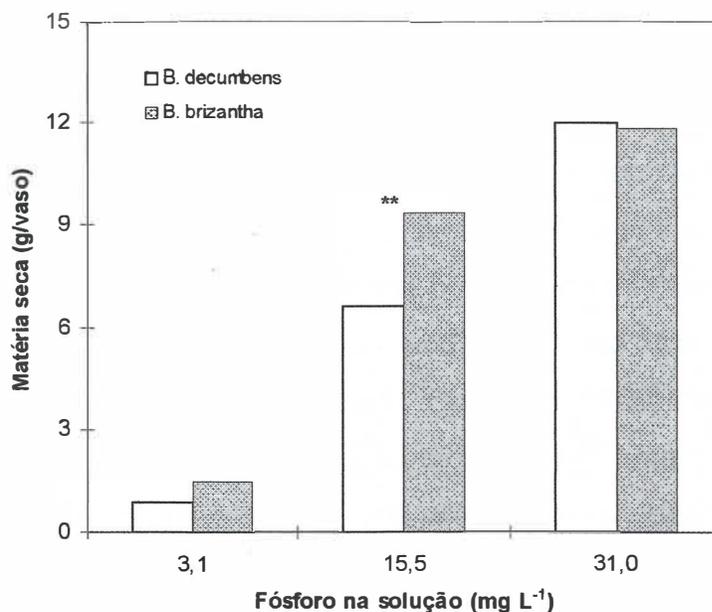


Figura 2 - Produção de matéria seca da parte aérea da *Brachiaria decumbens* e da *Brachiaria brizantha*, no primeiro corte em função de doses de fósforo na solução nutritiva.

** Indicam diferença significativa ($P < 0,01$) entre as espécies, dentro de cada dose de fósforo.

O desdobramento da interação entre as doses de fósforo e as doses de magnésio revelou um efeito significativo ($P < 0,01$) das doses de magnésio dentro da dose 15,5 mg de P L⁻¹, não tendo sido verificada significância ($P > 0,10$) das doses de magnésio dentro das doses de fósforo 3,1 e 31 mg L⁻¹. Diante desses resultados, ajustou-se uma equação para representar a resposta na produção de MSPA1 às doses de magnésio na dose de fósforo 15,5 mg L⁻¹. Verifica-se na Figura 3, que o aumento da dose de magnésio possibilitou um maior aproveitamento do fósforo na dose de fósforo 15,5 mg L⁻¹. Assim, constata-se que o fornecimento de magnésio implica em aumento da produção de matéria seca quando não houver limitação severa de fósforo.

Observando-se a Figura 3 percebe-se que a produção média obtida na dose de magnésio 24 mg L⁻¹ foi superior à estimada pela equação e também ficou acima da média da dose de magnésio 48 mg L⁻¹, mas ficou abaixo da média da dose de magnésio 72 mg L⁻¹. Tal resultado sobre o ponto de vista biológico, é de difícil compreensão. Pode-se admitir, nesse caso, que o efeito de magnésio seja consequência da limitação imposta pela dose de magnésio 4,8 mg L⁻¹. Por outro lado, levando-se em conta que para o balanceamento do enxofre das soluções nutritivas que apresentavam concentrações de magnésio de 4,8 e 24 mg L⁻¹ empregou-se Na₂SO₄, é possível cogitar-se também, que a presença do sódio nessas soluções tenha beneficiado as plantas. Malavolta & Paulino (1991) chegaram a incluir o sódio na lista dos micronutrientes, baseando-se no trabalho de Ando & Oguchi (1990)³, que relataram a importância do sódio para as plantas do ciclo C₄. No entanto, essa segunda hipótese parece ser menos provável, uma vez que Silva (1992), ao submeter o capim-andropogon (*Andropogon gayanus* cv. Planaltina) e o capim-tobiatã (*Panicum maximum*) a três concentrações de sódio em solução nutritiva (0, 100 e 200 mg L⁻¹) não obteve efeitos significativos para esse elemento nesses capins.

³ ANDO, J.; OGUCHI, Y. A possible role of sodium in chlorophyll biosynthesis of sodium requiring C₄ plants. INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 14, Kyoto, 1990, v.4 p.152-157.

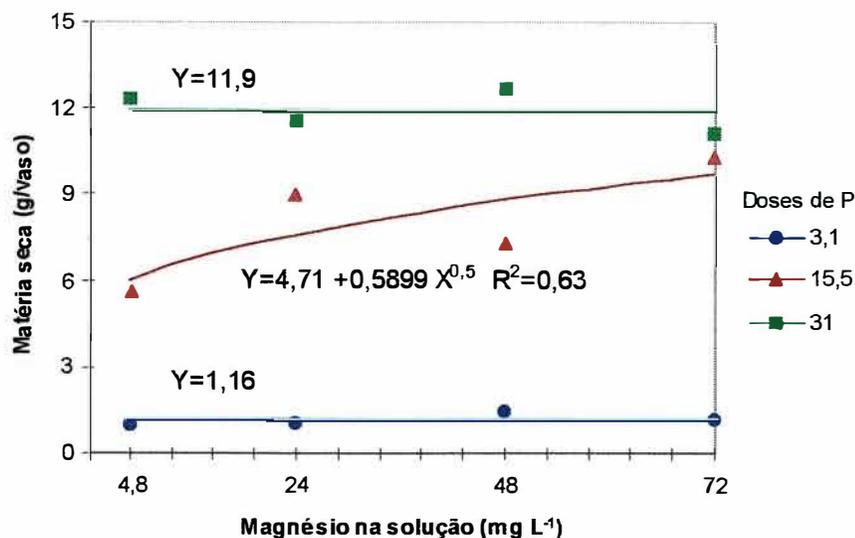


Figura 3 - Produção de matéria seca média da parte aérea de duas braquiárias em função de doses de magnésio, dentro de cada dose de fósforo na solução nutritiva.

4.1.1.2 Lâminas foliares

A análise de variância da produção de matéria seca de lâminas foliares no primeiro corte (MSF1) revelou significância ($P < 0,01$) para a interação entre as espécies e as doses de fósforo e, também, para a interação entre as doses de fósforo e as doses de magnésio.

No desdobramento da interação entre as espécies e as doses de fósforo ajustaram-se equações do segundo grau para representar a resposta na produção de MSF1 de cada uma das espécies (Figura 4). Através dessas equações, constata-se incrementos expressivos na produção de MSF1 das duas braquiárias, com o aumento das doses de fósforo.

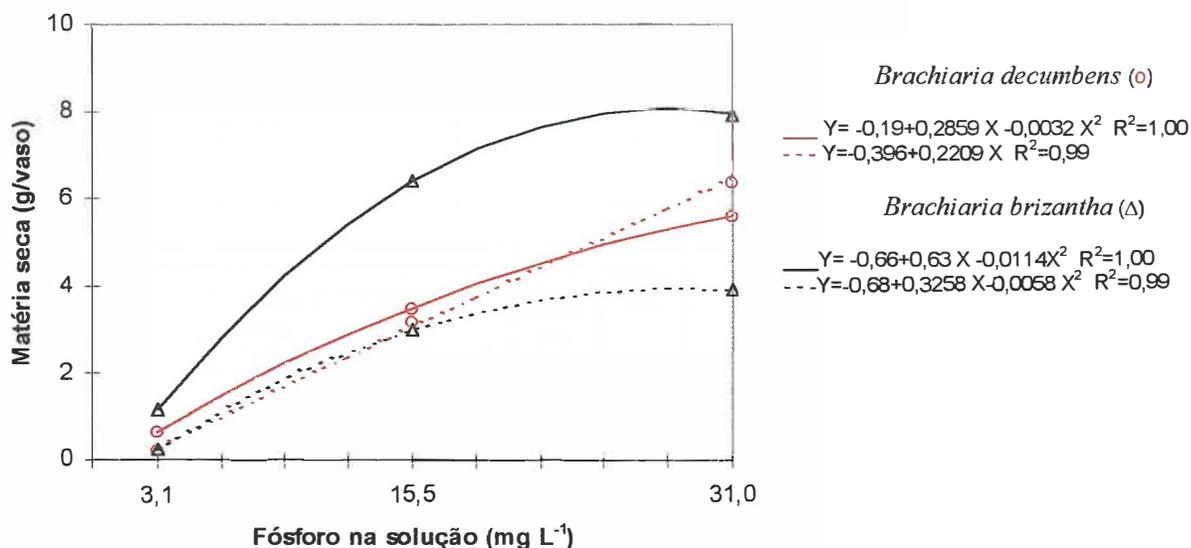


Figura 4 – Produção de matéria seca de lâminas foliares (MSF1 —) e de colmos+bainhas (MSCB1 - -) no primeiro corte da *Brachiaria decumbens* (o) e da *Brachiaria brizantha* (Δ), decorrente do suprimento de fósforo.

Comparando-se as espécies dentro de cada dose de fósforo, verifica-se através da Figura 5, que a *Brachiaria brizantha* apresentou produção de MSF1 significativamente ($P < 0,01$) maior que a da *Brachiaria decumbens* nas doses de fósforo 15,5 e 31 mg L⁻¹, fato não observado na dose de fósforo 3,1 mg L⁻¹ ($P > 0,10$). Na mesma figura, observa-se que em termos de participação percentual da produção de MSF1 no montante da MSPA1, a *Brachiaria brizantha* apresentou maior porcentagem de lâminas foliares do que a *Brachiaria decumbens*, resultado que coincidiu com aqueles apresentados por Alcântara (1987). O mesmo autor ressaltou, que esse é um aspecto de grande relevância, pois os maiores valores de proteínas e de digestibilidade encontravam-se nas folhas das gramíneas, estando, portanto, a qualidade da forrageira na dependência da quantidade de folhas em relação à de colmos.

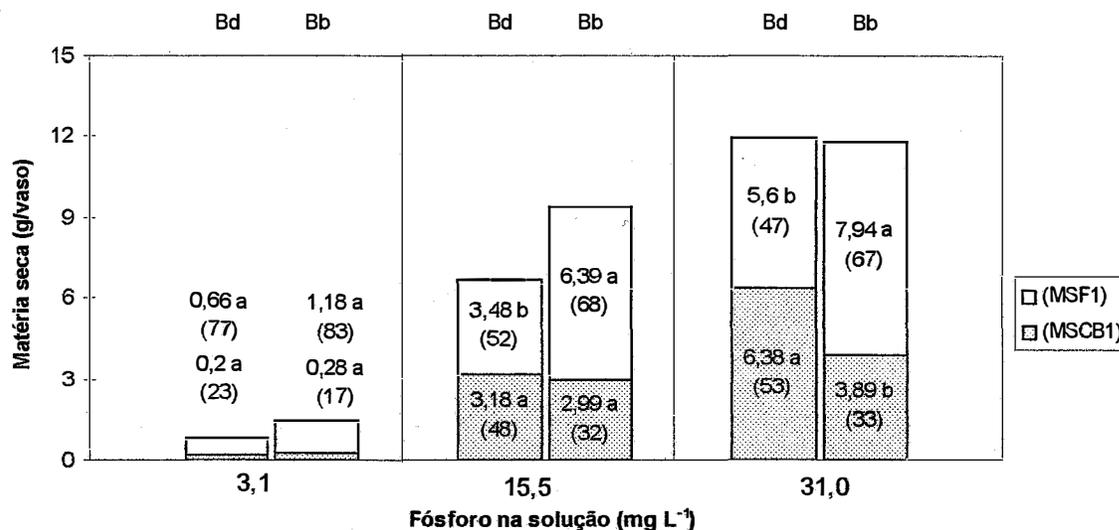


Figura 5 - Produção de matéria seca de lâminas foliares (MSF1) e de colmo+ bainhas (MSCB1) no primeiro corte da *Brachiaria decumbens* (Bd) e *Brachiaria brizantha* (Bb), dentro de cada dose de fósforo.

Letras diferentes indicam diferenças significativas ($P < 0,01$) entre as espécies dentro de cada dose de fósforo. Os números entre parênteses referem-se ao percentual da produção de cada componente em relação à produção de matéria seca da parte aérea.

O desdobramento da interação entre as doses de fósforo e as doses de magnésio revelou efeito significativo ($P < 0,01$) das doses de magnésio dentro da dose de fósforo 15,5 mg L⁻¹, o que não ocorreu nas doses de fósforo 3,1 e 31 mg L⁻¹ ($P > 0,10$). Assim, ajustou-se a equação apresentada na Figura 6 para representar a resposta na produção de MSF1 às doses de magnésio na dose de fósforo 15,5 mg L⁻¹. Através dessa equação, constatou-se que a dose de magnésio 4,8 mg L⁻¹ não foi suficiente para suprir a demanda das braquiárias, limitando a produção de MSF1.

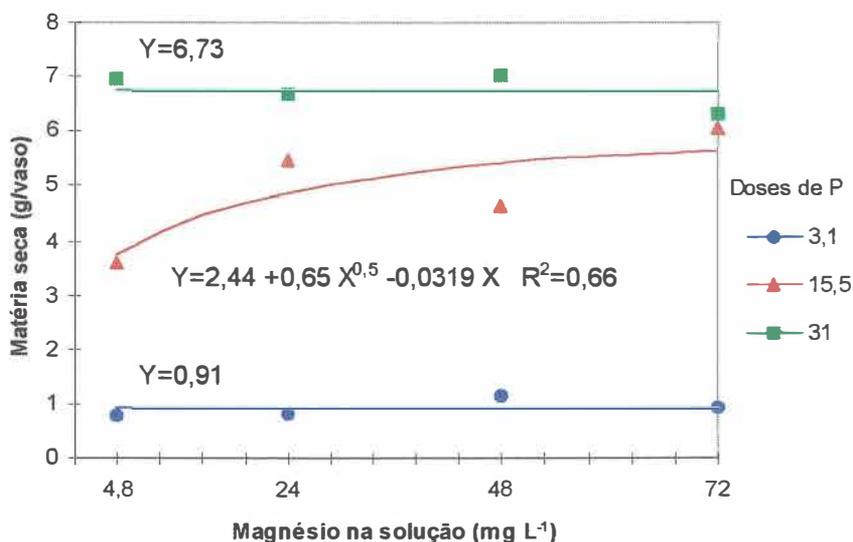


Figura 6 – Produção média de matéria seca de lâminas foliares de duas braquiárias no primeiro corte, em função de doses de magnésio dentro de cada dose de fósforo na solução nutritiva.

4.1.1.3 Colmos+bainhas

Através da análise de variância para a produção de matéria seca de colmos+bainhas no primeiro corte (MSCB1) observou-se, de forma similar à MSPA1 e à MSF1, efeito significativo ($P < 0,01$) para a interação entre as espécies e as doses de fósforo e para a interação entre as doses de fósforo e as doses de magnésio.

Efetuada-se o desdobramento da interação entre espécies e doses de fósforo, foram ajustadas equações para representar a resposta na produção de MSCB1 de cada espécie. Na Figura 4, observa-se que a *Brachiaria decumbens* apresentou incremento linear na produção de MSCB1 em função das doses de fósforo, enquanto a *Brachiaria brizantha* apresentou variação na produção de MSCB1, segundo um modelo quadrático.

Comparando-se as espécies dentro de cada dose de fósforo verificou-se que nas duas doses de fósforo mais baixas, não ocorreram diferenças

significativas ($P > 0,10$) para MSCB1 entre as espécies (Figura 5). Na dose de fósforo 31 mg L^{-1} porém, a *Brachiaria decumbens* teve produção de MSCB1 significativamente ($P < 0,01$) maior do que a *Brachiaria brizantha*. Entretanto, deve ser ressaltado que a *Brachiaria decumbens* na dose de fósforo 31 mg L^{-1} apresentava-se em plena fase de alongamento do colmo para emissão da inflorescência e, segundo Gomide (1994), é nessa fase em que ocorre a maior taxa de produção de matéria seca. Todavia, esse autor afirmou ser esse um processo que resulta em diminuição da relação folha/colmo e leva a uma diminuição do valor nutritivo da forrageira, caracterizada por maior teor de fibra, menor teor de proteína e conseqüentemente menor digestibilidade da matéria seca.

Assim sendo, constatou-se que a dose de fósforo 31 mg L^{-1} abreviou o ciclo de vida dos perfilhos da *Brachiaria decumbens*, propiciando que nessa dose a produção de MSPA1 das duas espécies fossem equivalentes.

Em termos percentuais, o aumento das doses de fósforo resultou em maior participação da MSCB1 no montante da MSPA1 da *Brachiaria decumbens*, fato que também já havia sido observado por Monteiro et al. (1993).

O desdobramento da interação entre as doses de fósforo e as doses de magnésio revelou um efeito significativo ($P < 0,01$) das doses de magnésio apenas na dose de fósforo $15,5 \text{ mg L}^{-1}$, não sendo detectado efeito significativo ($P > 0,10$) de magnésio nas demais doses de fósforo. Sendo assim, o efeito das doses de magnésio na produção de MSCB1 foi representado através da equação apresentada na Figura 7, a qual revelou aumentos da ordem de 83% na produção de MSCB1, em função do aumento da dose de magnésio de 4,8 para 72 mg L^{-1} .

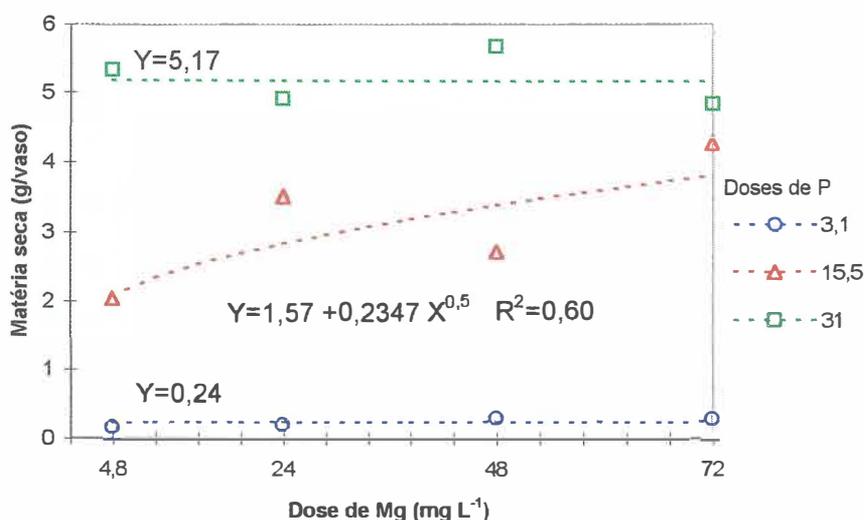


Figura 7 - Produção média de matéria seca de colmos+bainhas (MSCB1) de duas braquiárias no primeiro corte, em função das doses de magnésio dentro de cada dose de fósforo.

4.1.2 Segundo corte

4.1.2.1 Total da parte aérea

A análise de variância da produção de matéria seca da parte aérea do segundo corte (MSPA2) detectou diferença significativa ($P < 0,01$) entre as espécies, sendo que a *Brachiaria brizantha* teve produção de MSPA2 maior do que a da *Brachiaria decumbens*. Constatou-se também significância ($P < 0,09$) para a interação entre as doses de fósforo e as doses de magnésio.

O desdobramento da interação revelou o efeito significativo ($P < 0,01$) das doses de magnésio nas doses de fósforo 15,5 e 31 mg L⁻¹, não existindo efeito significativo ($P > 0,10$) para doses de magnésio dentro da dose de fósforo 3,1 mg L⁻¹. Representou-se a variação na produção de MSPA2 das forrageiras em função das doses de magnésio através de modelos inversos, observando-se que a dose de magnésio 4,8 mg L⁻¹ limitou a produção de MSPA2 nas doses de fósforo 15,5 e 31 mg L⁻¹ (Figura 8).

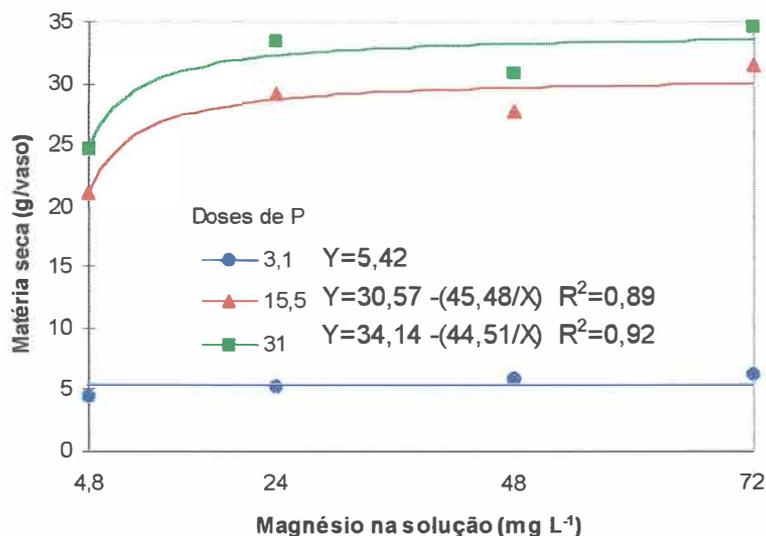


Figura 8 - Produção média de matéria seca da parte aérea (MSPA2) das braquiárias no segundo corte em função das doses de magnésio dentro de cada dose de fósforo.

4.1.2.2 Lâminas foliares

A análise de variância da produção de matéria seca de lâminas foliares no segundo corte (MSF2) revelou significância ($P < 0,01$) para as doses de magnésio e para a interação entre as espécies e as doses de fósforo.

Para representar o efeito das doses de magnésio na produção de lâminas foliares, ajustou-se uma equação inversa, que possibilitou verificar-se a inadequação da dose de 4,8 mg de $Mg L^{-1}$ em suprir as exigências das plantas (Figura 9).

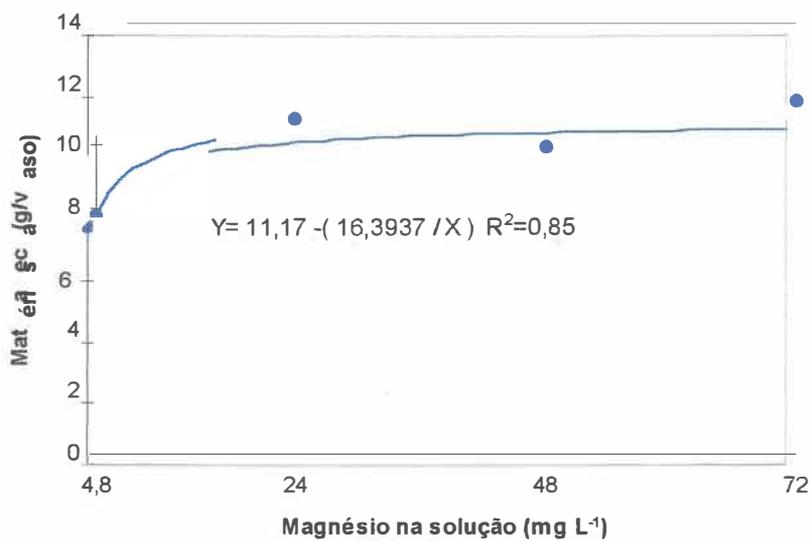


Figura 9 – Produção média de matéria seca de lâminas foliares no segundo corte (MSF2) de duas braquiárias em função das doses de magnésio.

No desdobramento da interação entre as espécies e as doses de fósforo, demonstrou-se o incremento produção de MSF2 nas duas espécies, através de equações do segundo grau (Figura 10). A comparação entre as espécies dentro de cada dose de fósforo (Figura 11) mostrou, de forma similar ao observado no primeiro corte, que a produção de MSF2 da *Brachiaria brizantha* foi significativamente ($P < 0,01$) maior que a da *Brachiaria decumbens* nas doses de fósforo 15,5 e 31 mg L⁻¹. Na mesma figura verifica-se que a produção de MSF2 possibilitou que a *Brachiaria brizantha* tivesse produção de MSPA2 mais elevada que a *Brachiaria decumbens*, uma vez que não houve diferença significativa entre as espécies, quando se considerou a produção de MSCB2. De forma semelhante ao observado no primeiro corte, a participação relativa da MSF2 no montante da MSPA2 foi maior na *Brachiaria brizantha* do que na *Brachiaria decumbens*.

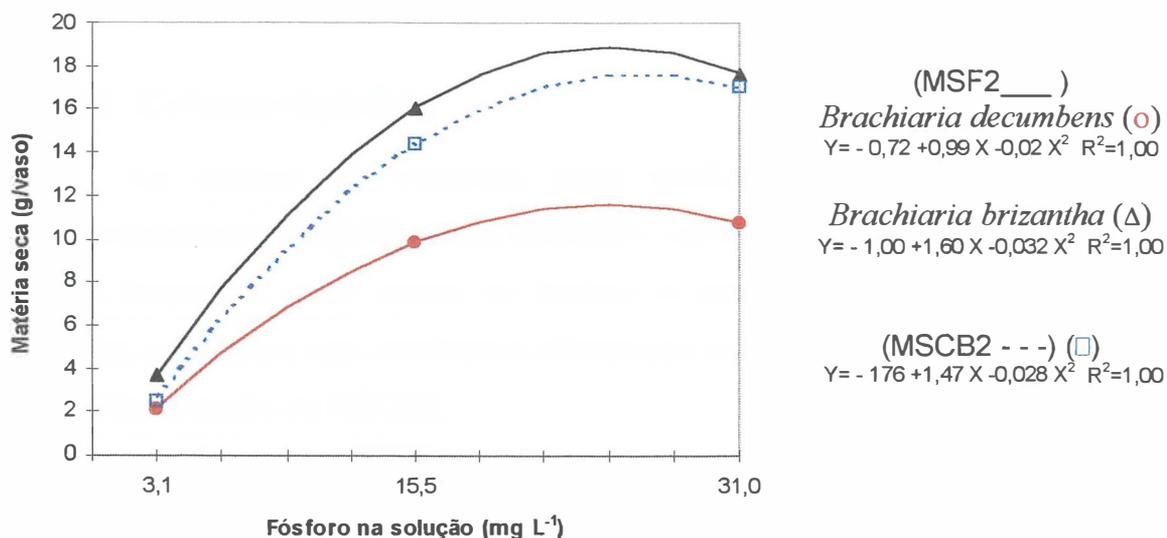


Figura 10 - Produção de matéria seca de lâminas foliares (MSF2___) da *Brachiaria decumbens* e da *Brachiaria brizantha*, e média das duas espécies para a produção de colmos+ bainhas (MSCB2 - - -), no segundo corte, em função do suprimento de fósforo.

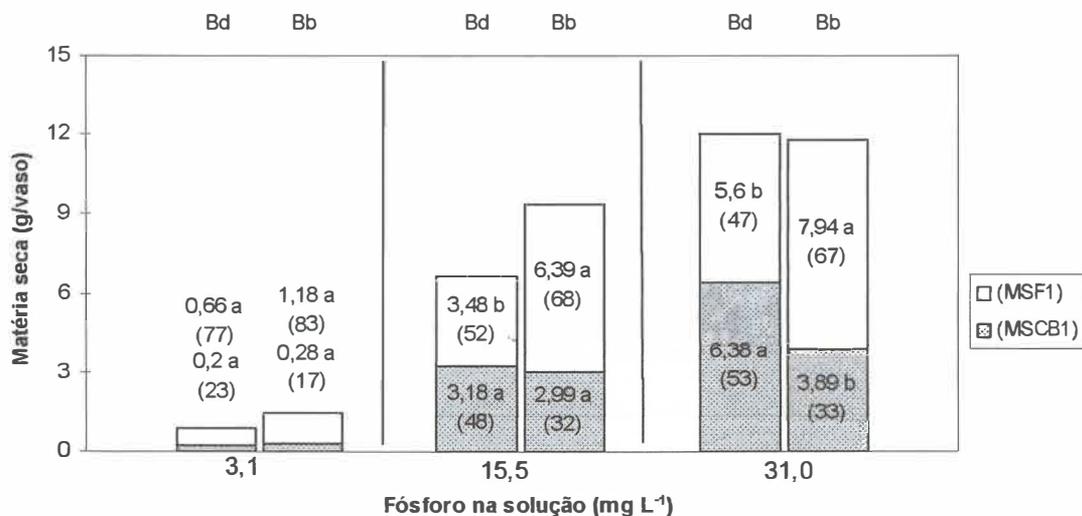


Figura 11 - Produção de matéria seca de lâminas foliares (MSF2) e colmos+ bainhas (MSCB2) no segundo corte de *Brachiaria decumbens* (Bd) e *Brachiaria brizantha* (Bb), em função de doses de fósforo na solução nutritiva.

Letras diferentes indicam diferença significativa ($P < 0,01$) entre as espécies dentro de cada dose de fósforo. Os números entre parênteses referem-se ao percentual de cada componente em relação à matéria seca da parte aérea.

4.1.2.3 Colmos+bainhas

Na análise de variância para produção de matéria seca de colmos+bainhas no segundo corte (MSCB2), verificou-se significância ($P < 0,04$) para a interação entre doses de fósforo e doses de magnésio. As duas espécies estudadas não mostraram diferenças significativas ($P > 0,10$) entre si quanto à produção de MSCB2.

Efetuu-se o desdobramento da interação e foram detectados efeitos significativos ($P < 0,01$) para magnésio nas doses de fósforo 15,5 e 31 mg L^{-1} . Nessas doses de fósforo foram ajustadas equações para representar a produção MSCB2 em função das doses de magnésio (Figura 12). Novamente se constatou que a dose de magnésio 4,8 mg L^{-1} foi limitante para a produção de MSCB2.

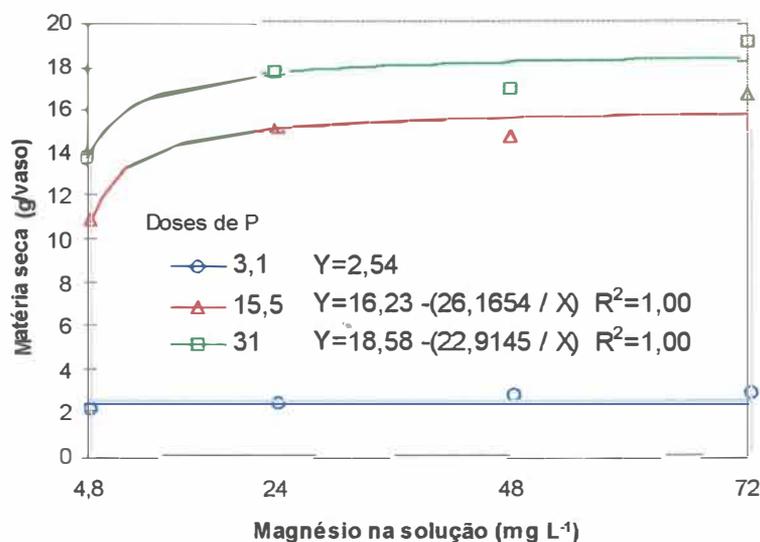


Figura 12 - Produção média de matéria seca de colmos+bainhas no segundo corte (MSCB2) de duas braquiárias, em função das doses de magnésio dentro de cada dose de fósforo.

4.1.2.4 Raízes

A análise de variância da produção de matéria seca de raízes (MSR) revelou significância ($P < 0,01$) apenas para a interação entre as espécies e as doses de fósforo. Efeitos ou interações relacionados com as doses de magnésio não foram significativos ($P > 0,10$).

No desdobramento da interação, ajustaram-se equações do segundo grau para expressar a resposta de cada espécie ao suprimento de fósforo. Verifica-se, através da Figura 13, que a produção de MSR foi severamente limitada pela dose mais baixa de fósforo, fato já observado anteriormente por Werner (1986) e Monteiro et al. (1995b).

A comparação da produção de MSR das espécies dentro de cada dose de fósforo mostrou que a *Brachiaria brizantha* teve produção significativamente ($P < 0,01$) mais elevada do que a *Brachiaria decumbens* nas doses de fósforo 15,5 e 31 mg L⁻¹ (Figura 14).

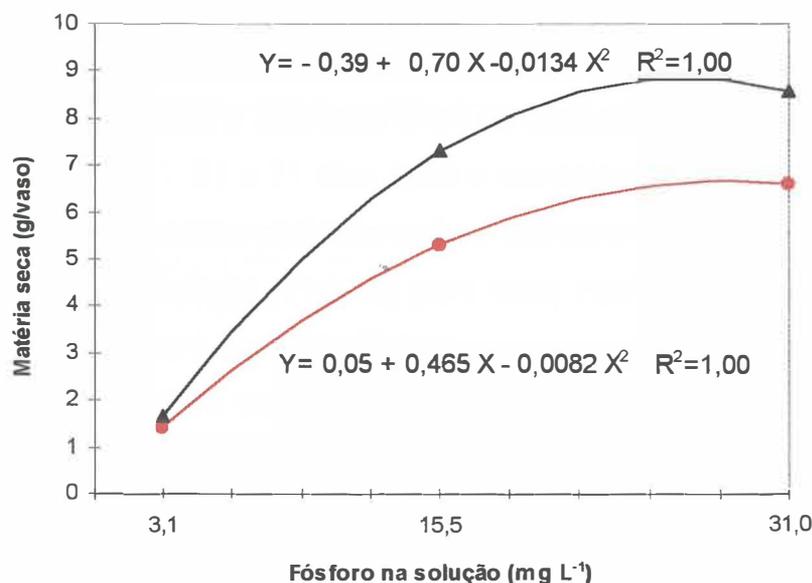


Figura 13 - Produção de matéria seca de raízes (MSR) da *Brachiaria decumbens* (o) e da *Brachiaria brizantha* (Δ), em função de doses das fósforo na solução nutritiva.

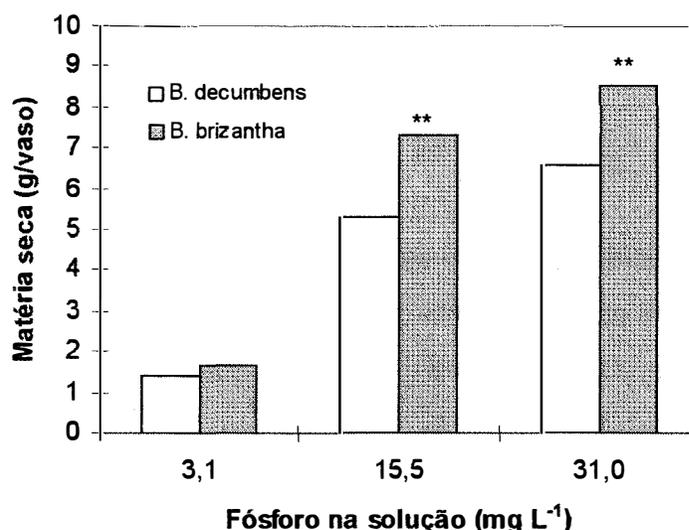


Figura 14 - Produção de matéria seca de raízes (MSR) da *Brachiaria decumbens* e da *Brachiaria brizantha*, em função das doses de fósforo na solução nutritiva.

** Indicam diferença significativa ($P < 0,01$) pelo teste F entre as espécies dentro de cada dose de fósforo.

4.2 Perfilhamento

4.2.1 Evolução do número de perfilhos

A análise de variância do número de perfilhos de duas plantas revelou significância ($P < 0,05$) para a interação entre as espécies e as doses de fósforo, em cinco (25 - 31 - 35 - 61 e 71 dias após o transplante) dos oito períodos de avaliação. Nos três primeiros períodos após o primeiro corte (42 - 46 e 51 dias) não se detectou significância ($P > 0,10$) para essa interação, mas houve efeito significativo ($P < 0,01$) para doses de fósforo.

Ainda que tenham sido detectados efeitos significativos ($P < 0,10$) das doses de magnésio no perfilhamento aos 35 - 42 - 46 e 51 dias após o transplante e significância ($P < 0,05$) para a interação tripla aos 25 dias após o transplante, discutir-se-á os efeitos e as interações que envolveram doses de magnésio, considerando-se o número total de perfilhos por vaso, uma vez que, os resultados da análise de variância do número de perfilhos de duas plantas

realizado aos 61 e 71 dias após o transplante não traduziram com eficiência os resultados da análise de variância do total de perfilhos por vaso, embora tenham apresentado correlação de 88%. Sendo assim, tem-se que, em estudos dessa natureza, a estimativa do número de perfilhos deva ser obtida a partir de mais de duas plantas.

Diante de tais resultados, optou-se por apresentar-se o padrão de perfilhamento de cada espécie, em função das doses de fósforo, levando-se em consideração o número médio de perfilhos de duas plantas e o intervalo de confiança da média a 95% de probabilidade numa distribuição 't': $\bar{x} \pm t_{(0,05;n-1)} \cdot s_x$.

Através da Figura 15, verifica-se que o aumento das doses de fósforo estimulou o perfilhamento das forrageiras já na fase de estabelecimento, o que está de acordo com o relatado por Werner & Haag (1972), Werner (1986) e Monteiro et al. (1995b). Contudo, observa-se na mesma figura, que o aumento da dose de fósforo de 15,5 para 31 mg L⁻¹ proporcionou um incremento no número de perfilhos na *Brachiaria decumbens*, mais acentuado do que na *Brachiaria brizantha*.

Levando-se em consideração que a *Brachiaria decumbens* na dose de fósforo 31 mg L⁻¹, no momento do corte encontrava-se em plena fase de alongamento dos colmos, sendo que sete dos dezesseis vasos desse tratamento chegaram a emitir a folha bandeira, verificou-se que o fornecimento de fósforo abreviou o ciclo de vida dos perfilhos dessa espécie, já que nas doses mais baixas, esse fenômeno não foi observado. Verificou-se que, do total de perfilhos da *Brachiaria decumbens*, após o primeiro corte, 51, 61 e 39 % eram proveniente de meristemas apicais, respectivamente nas doses de fósforo 3,1 - 15,5 e 31 mg L⁻¹. Para a *Brachiaria brizantha*, observou-se que 70, 59 e 55% dos perfilhos existentes após o primeiro corte, eram provenientes de meristemas apicais. Gomide (1994) salientou que após um corte ou uma desfolha, a rebrota das gramíneas forrageiras dá-se à partir de meristemas apicais remanescentes ou de gemas basilares, e que a predominância de um ou de outro, depende da idade fisiológica da planta.

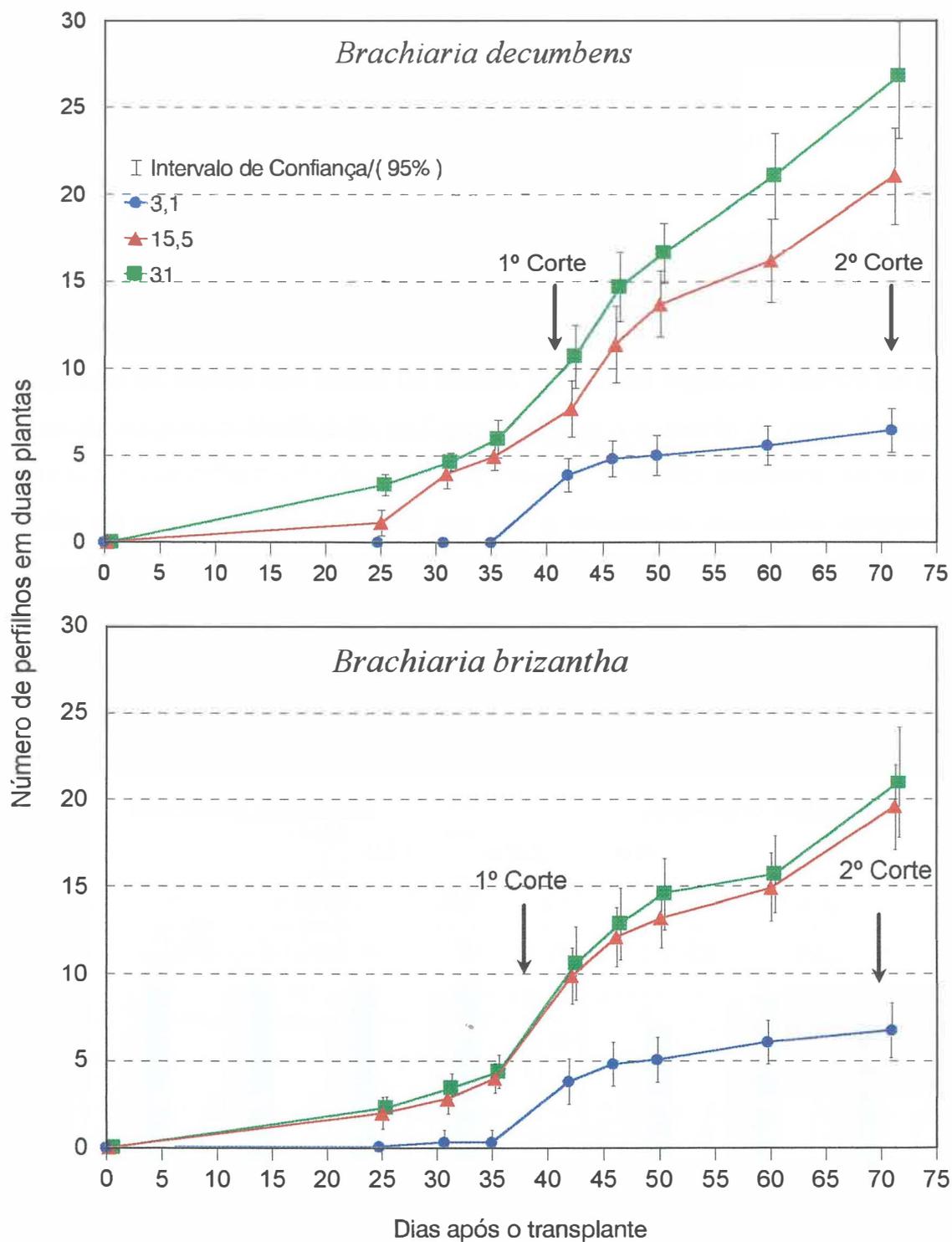


Figura 15 - Evolução do número perfilhos em *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha*, em função de doses de fósforo na solução nutritiva.

4.2.2 Número total de perfilhos por vaso

Considerando-se a avaliação do número total de perfilhos referente às cinco plantas de cada vaso, realizada aos 67 dias após o transplante, a análise de variância detectou significância ($P < 0,04$) para a interação tripla entre os fatores espécies, doses de fósforo e doses de magnésio.

No desdobramento dessa interação, procurou-se inicialmente identificar os efeitos das doses de fósforo para cada espécie e dentro de cada dose de magnésio. Verifica-se na Figura 16, que o aumento da dose de fósforo estimulou o perfilhamento das duas espécies. Entretanto, observou-se que nas doses de magnésio de 4,8 e 48 mg L⁻¹, a *Brachiaria decumbens* apresentou diferenças significativas para todas as doses de fósforo, o que não foi constatado nas doses de magnésio 24 e 72 mg L⁻¹, uma vez que nessas duas últimas, não houve diferença significativa entre as doses de fósforo 15,5 e 31 mg L⁻¹. Para a *Brachiaria brizantha*, as diferenças entre todas as doses de fósforo não ocorreram apenas na dose de magnésio 24 mg L⁻¹.

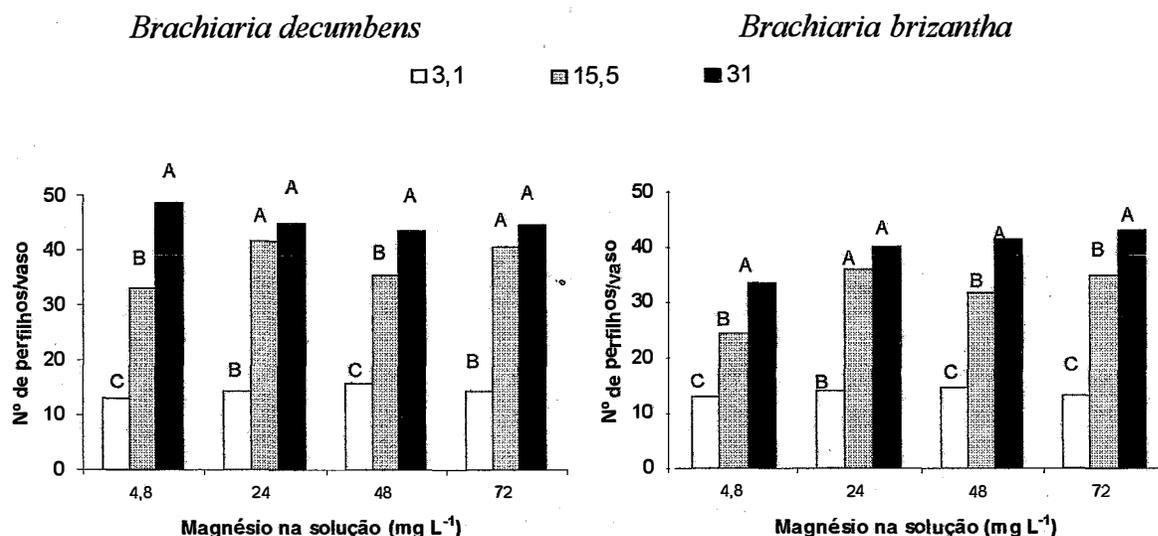


Figura 16 - Número de perfilhos em *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha*, 67 dias após o transplante, em função das doses das fósforo dentro de cada dose de magnésio.

Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as doses de fósforo dentro de cada dose de magnésio, em cada uma das espécies através do teste de Tukey a 5%.

Ainda considerando o desdobramento da interação tripla constatou-se efeito significativo ($P < 0,01$) devido às doses de magnésio, para as duas espécies, na dose de fósforo $15,5 \text{ mg L}^{-1}$ (Figura 17). Diante de tal resultado, efetuou-se, para cada espécie, a comparação da média do número de perfilhos nas doses de magnésio dentro da dose de fósforo $15,5 \text{ mg L}^{-1}$ e constatou-se que na dose de magnésio $4,8 \text{ mg L}^{-1}$ o número de perfilhos da *Brachiaria decumbens* foi menor do que o observado na dose de magnésio 24 mg L^{-1} . Para a *Brachiaria brizantha* observou-se que a dose de magnésio $4,8 \text{ mg L}^{-1}$ limitou o perfilhamento e diferiu das doses de magnésio 24 e 72 mg L^{-1} .

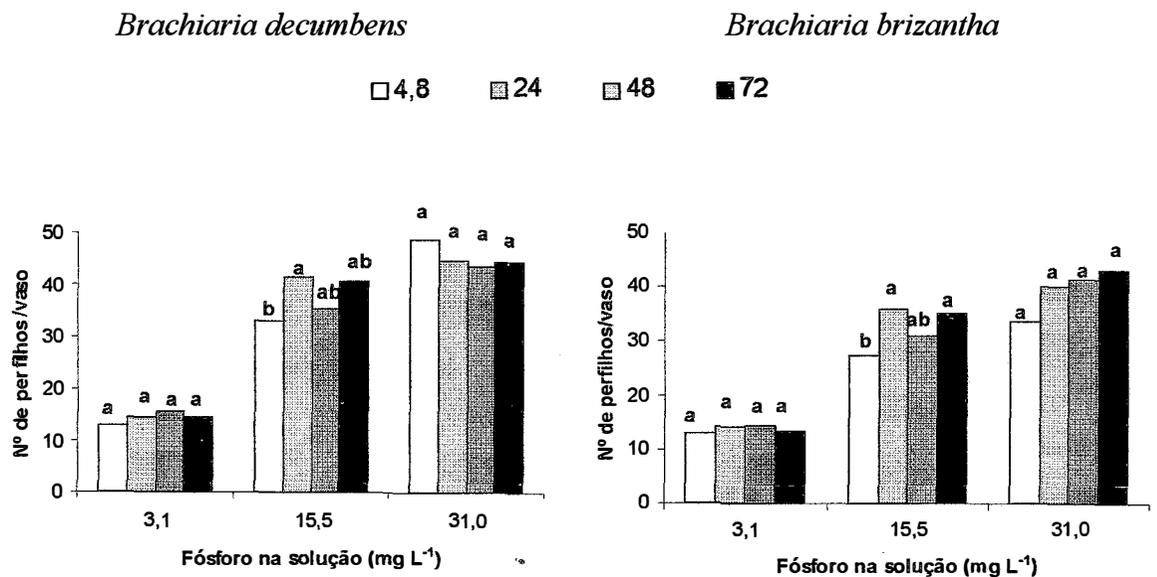


Figura 17 - Número de perfilhos em *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha*, 67 dias após o transplante, em função das doses de magnésio dentro de cada dose de fósforo.

Letras diferentes indicam diferença entre as doses de magnésio dentro de cada dose de fósforo, em cada espécie através do teste de Tukey a 5%.

Comparando-se as espécies em cada combinação fósforo-magnésio (Figura 18), foi constatado que dentro da dose de fósforo $15,5 \text{ mg L}^{-1}$, apenas na dose de magnésio 48 mg L^{-1} não ocorreu diferença significativa entre as

espécies, sendo que nas demais doses de magnésio, a *Brachiaria decumbens* apresentou número de perfilhos significativamente maior que da *Brachiaria brizantha*. Dentro da dose de fósforo 31 mg L⁻¹ constatou-se diferença significativa entre as espécies nas doses de magnésio 4,8 e 24 mg L⁻¹, e nessas duas doses de magnésio, a *Brachiaria decumbens* apresentou maior número de perfilhos.

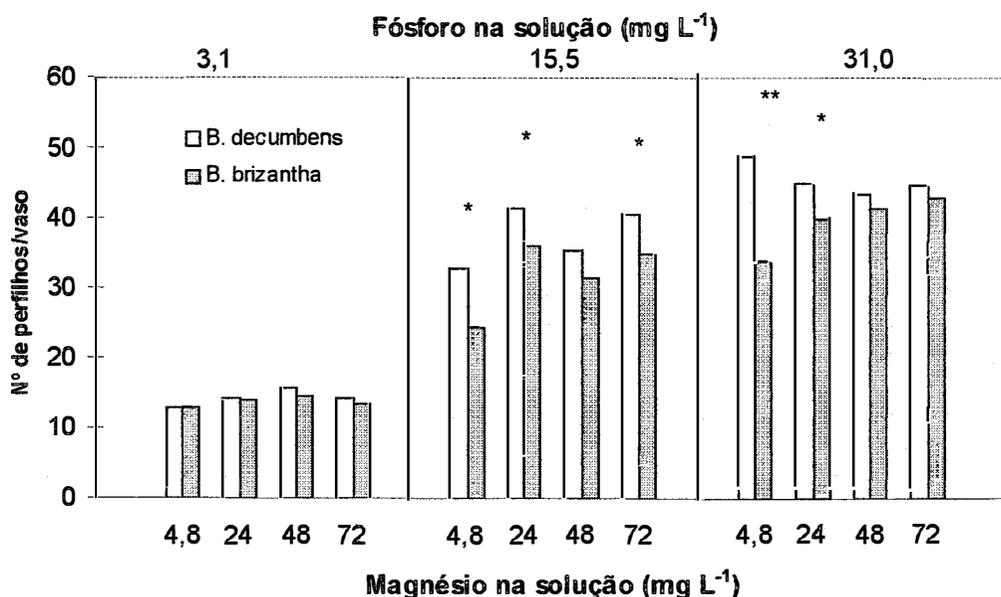


Figura 18 - Número de perfilhos em *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha*, 67 dias após o transplante, em função das doses de fósforo e dentro de cada dose de magnésio na solução nutritiva,

* e ** indicam diferença significativa entre às espécies em cada dose de magnésio e dentro de cada dose de fósforo respectivamente a 5 % e 1 % pelo teste F.

4.2.3 Peso médio de perfilho

Considerando o perfilho como unidade vegetativa básica das gramíneas, Rodrigues & Reis (1995) relataram que a produção de matéria seca dos capins é definida pelo número e pelo peso dos perfilhos. Nesse sentido, estimou-se o peso médio dos perfilhos através da relação entre a MSPA2 e o

número total de perfilhos por vaso. A análise de variância dessa variável revelou significância ($P < 0,06$) para a interação tripla.

Para o desdobramento da interação, efetuou-se dentro de cada espécie, a comparação das doses de fósforo dentro de cada dose de magnésio. Observa-se na Figura 19, que o aumento na dose de fósforo de 3,1 para 15,5 mg L⁻¹ resultou em incremento no peso médio dos perfilhos das duas espécies. Contudo, foram observadas diferenças significativas entre as doses 15,5 e 31 mg de P L⁻¹ apenas para a *Brachiaria decumbens* na dose de magnésio 4,8 mg L⁻¹ e para a *Brachiaria brizantha* na dose 48 mg de Mg L⁻¹ e em ambos os casos a maior dose de fósforo implicou em redução no peso médio dos perfilhos.

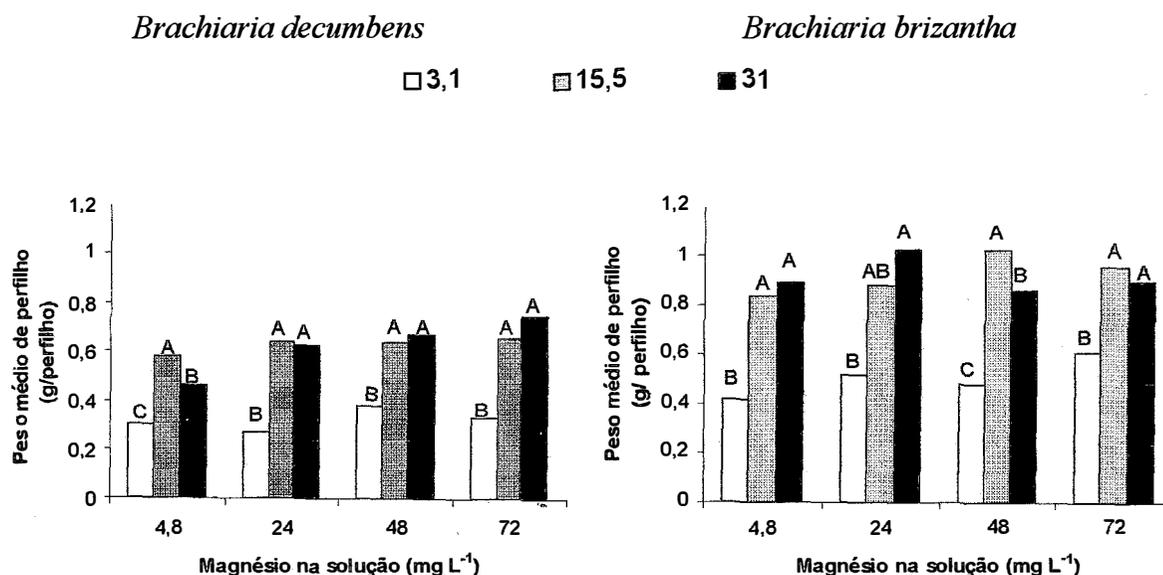


Figura 19 – Peso médio dos perfilhos da *Brachiaria decumbens* e da *Brachiaria brizantha*, 67 dias após o transplante, em função das doses de fósforo e dentro de cada dose de magnésio.

Letras diferentes indicam diferença significativa entre as doses de fósforo dentro de cada dose de magnésio, através do teste de Tukey a 5%.

Confrontando-se esses resultados com os da Figura 16, nota-se que a redução do peso médio dos perfilhos foi acompanhada do aumento no número

de perfilhos. Silva & Pedreira (1997) relataram que a competição por nutrientes, água e luz que se estabelece entre os perfilhos, representa um mecanismo de compensação tamanho/densidade de perfilhos, pois em pastos baixos e bem pastejados desenvolvem-se altas densidades de perfilhos pequenos, enquanto que os pastos mais altos desenvolvem densidades mais baixas de perfilhos grandes.

Para cada espécie, efetuou-se também a comparação das dose de magnésio dentro de cada dose de fósforo. Na Figura 20, verifica-se que o peso médio dos perfilhos da *Brachiaria brizantha* não foi influenciado pelas doses de magnésio em todas as doses de fósforo estudadas. Por outro lado, observou-se na dose de fósforo 31 mg L⁻¹ que o peso médio dos perfilhos da *Brachiaria decumbens* na dose de magnésio 4,8 mg L⁻¹ foi mais baixo do que o da dose de magnésio 72 mg L⁻¹.

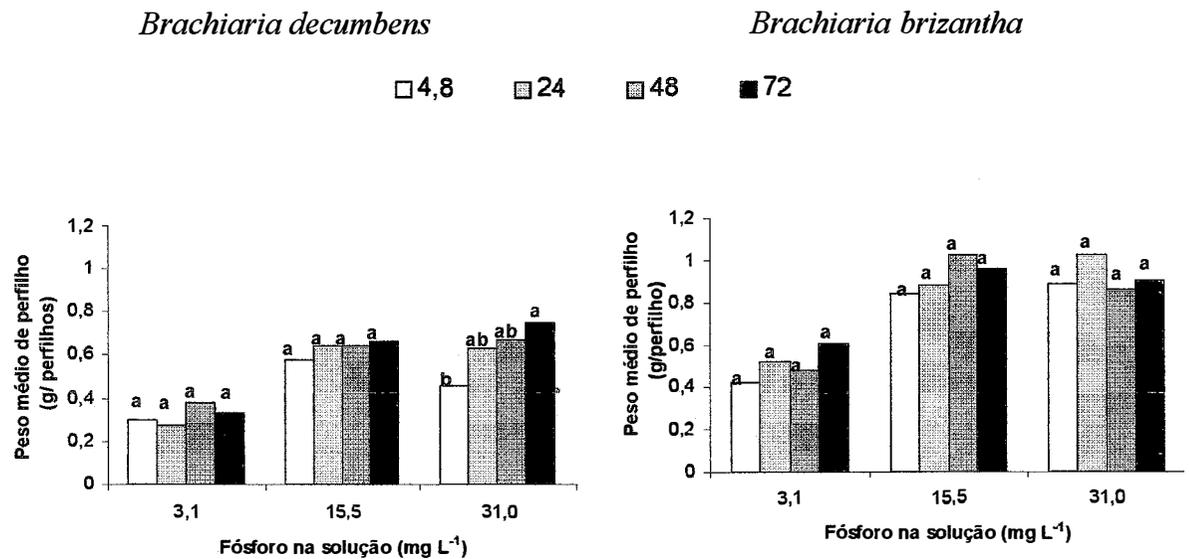


Figura 20 - Peso médio dos perfilhos de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* aos 67 dias após o transplante em função de doses de magnésio dentro de cada dose de fósforo.

Letras diferentes indicam diferença significativa entre as doses de magnésio dentro de cada dose de fósforo, através do teste de Tukey a 5%.

Ainda considerando o desdobramento da interação tripla, tratou-se de comparar as espécies dentro de cada combinação entre as doses de fósforo e as doses de magnésio. Consta-se, através da Figura 21, que a *Brachiaria brizantha*, na maior parte das comparações, apresentou peso médio de perfilho mais alto do que a *Brachiaria decumbens*. Todavia, não se verificou diferenças significativas ($P>0,10$) entre as espécies quando a dose de fósforo 3,1 mg L⁻¹ foi combinada com as doses de magnésio 4,8 e 48 mg L⁻¹ e, também, quando a dose de fósforo 31 mg L⁻¹ foi combinada com a dose de magnésio 72 mg L⁻¹.

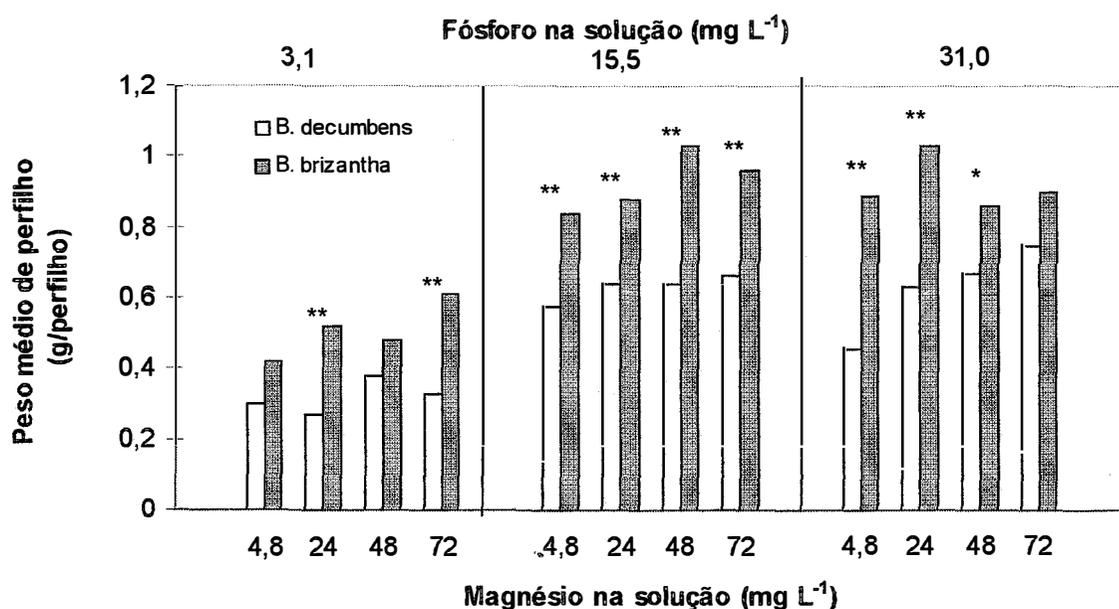


Figura 21 – Peso médio dos perfilhos da *Brachiaria decumbens* e da *Brachiaria brizantha*, 67 dias após o transplante, em função de doses de fósforo e doses de magnésio na solução nutritiva.

* e ** indicam diferença significativa entre espécies dentro de cada dose de fósforo e dentro de cada dose de magnésio, respectivamente a 5 % e 1 % de probabilidade pelo teste F.

4.3 Estimativa do teor de clorofila

4.3.1 Primeira época

O resultado da análise de variância do valor SPAD, que corresponde a estimativa do teor de clorofila na primeira lâmina foliar (L1) aos 25 dias após o transplante, revelou significância ($P < 0,01$) para as espécies e para as doses de fósforo. Para a segunda lâmina foliar (L2), na mesma época, verificou-se significância ($P < 0,02$) para a interação entre espécies e doses de fósforo. Efeitos devido às doses de magnésio também revelaram-se significativos para L1 ($P < 0,05$) e L2 ($P < 0,07$).

O teor de clorofila na L1 da *Brachiaria brizantha* foi significativamente ($P < 0,01$) mais alto do que o verificado na *Brachiaria decumbens*, em todas as doses de fósforo e está representado na Figura 22. Nota-se nessa figura, que a faixa de maior incremento no teor de clorofila, para ambas as espécies, ocorreu até a dose de fósforo $15,5 \text{ mg L}^{-1}$, demonstrando que a deficiência de fósforo pode limitar a síntese de clorofila.

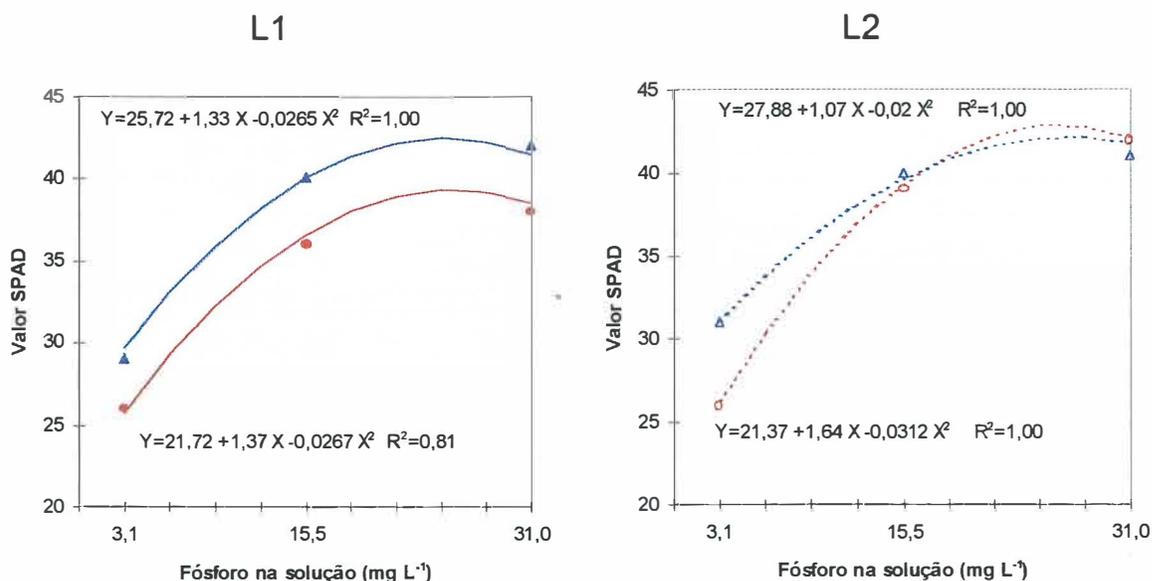


Figura 22 - Teor de clorofila (valor SPAD) nas duas lâminas foliares mais velhas (L1 e L2), ainda verdes, de *Brachiaria decumbens* (o) e *Brachiaria brizantha* (Δ), em função das doses de fósforo na solução nutritiva.

Para o desdobramento da interação entre as espécies e as doses de fósforo, ajustaram-se equações para representar a variação no teor de clorofila na L2, em função das doses de fósforo para cada espécie. Observa-se, na Figura 22, que o teor de clorofila na L2 também foi determinado pelas doses de fósforo. No entanto, ao contrário de L1, só se verificou diferença significativa ($P < 0,01$) entre as espécies na dose mais baixa de fósforo na solução nutritiva.

O efeito das doses de magnésio no teor de clorofila em L1 e L2 está representado na Figura 23. Constatou-se que, o teor de clorofila em L1 esteve relacionado linearmente com o fornecimento de magnésio. De forma não similar, verifica-se que o teor de clorofila em L2 foi limitado apenas pela dose de magnésio $4,8 \text{ mg L}^{-1}$.

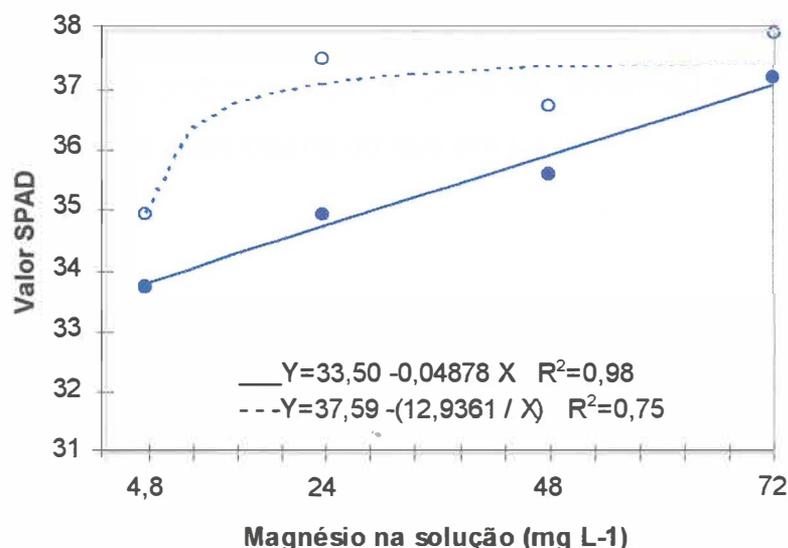


Figura 23 – Teor médio de clorofila (valor SPAD) nas lâminas foliares (L1 ___ e L2- - -) de duas braquiárias em função de doses de magnésio na solução nutritiva.

4.3.2 Segunda época

Para a estimativa do teor de clorofila realizada aos 35 dias após o transplante nas duas lâminas foliares (L1 e L2), a análise de variância revelou significância ($P < 0,01$) para doses de fósforo.

Mesmo sendo o magnésio, o elemento central da molécula de clorofila, efeito das doses de magnésio no teor de clorofila nas lâminas foliares das braquiárias foram detectados apenas na primeira época de avaliação. Esse fato pode ser interpretado como consequência da facilidade de redistribuição do magnésio na planta, das partes mais velhas para as mais novas e também dos colmos e raízes para as lâminas foliares onde sua demanda é maior.

Para representar o efeito das doses de fósforo no teor de clorofila em L1 e em L2, ajustaram-se equações do segundo grau (Figura 24), as quais demonstraram novamente que a faixa de maior incremento no teor de clorofila foi até a dose de fósforo $15,5 \text{ mg L}^{-1}$, e que a deficiência de fósforo limitou a síntese de clorofila em ambas as folhas. Contudo, observou-se que os teores de clorofila em L1 foram mais baixos do que em L2.

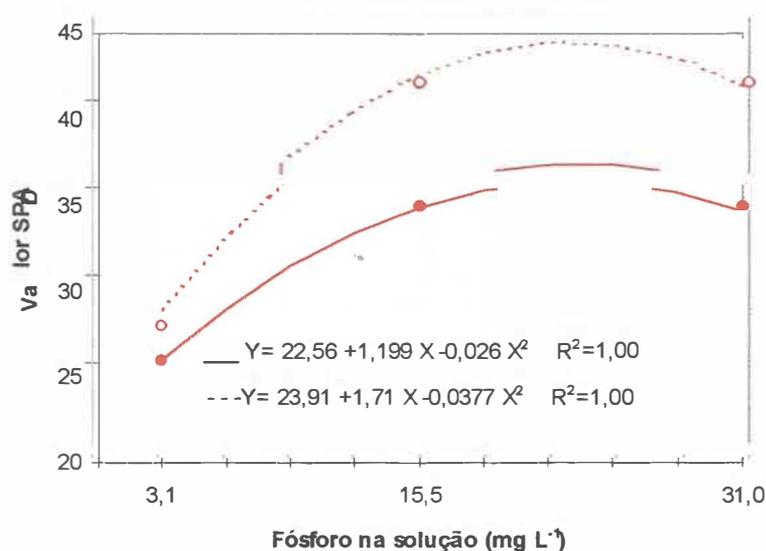


Figura 24 – Teor médio de clorofila (valor SPAD) na duas lâminas foliares mais velhas (L1 ___ e L2 - -), ainda verdes, de duas braquiárias em função de doses de fósforo na solução nutritiva

4.3.3 Terceira época

A análise de variância da estimativa do teor de clorofila realizada 18 dias após o primeiro corte, revelou significância para a interação entre espécies e doses de fósforo para L1 ($P < 0,01$) e L2 ($P < 0,07$).

Considerando a estimativa do teor de clorofila em L1, o desdobramento da interação entre as espécies e as doses de fósforo revelou a significância ($P < 0,01$) das doses de fósforo apenas para a *Brachiaria brizantha*, e para o qual foi ajustado um modelo linear (Figura 25).

Em relação à estimativa do teor de clorofila em L2, o desdobramento da interação entre as espécies e as doses de fósforo mostrou significância ($P < 0,01$) das doses de fósforo apenas na *Brachiaria decumbens* (Figura 25). Embora os efeitos relacionados ao suprimento de fósforo no teor de clorofila tenham ocorrido nessa terceira época, os resultados são muito menos expressivos do que os encontrados nas avaliações nas outras duas épocas.

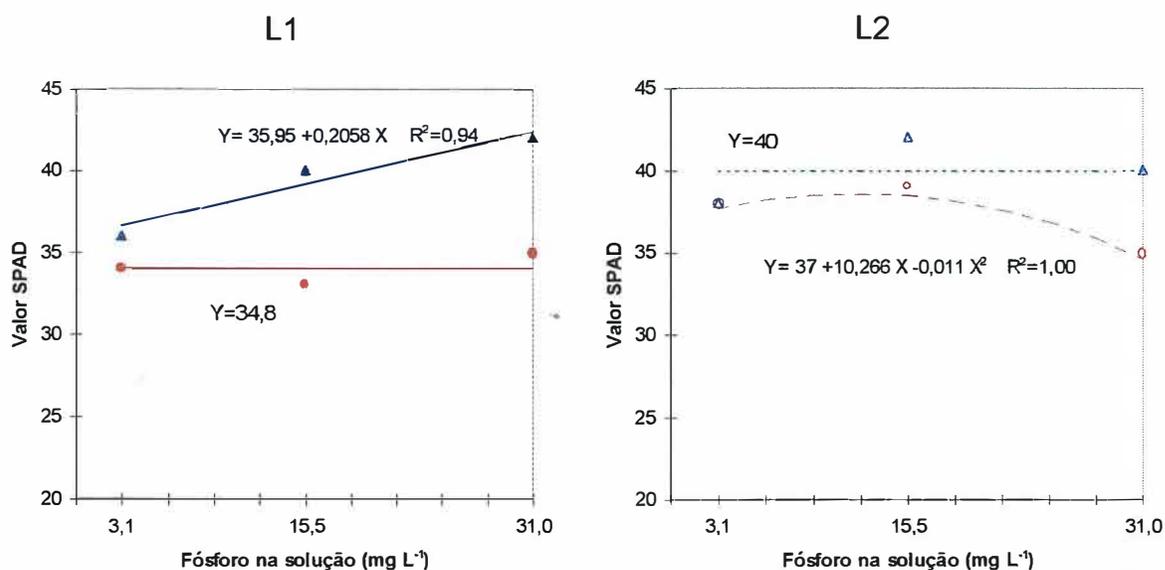


Figura 25 - Teor de clorofila nas duas lâminas foliares mais velhas (L1 e L2), ainda verdes, de *Brachiaria decumbens* (o) e *Brachiaria brizantha* (Δ), em função de doses de fósforo na solução nutritiva.

Constatou-se que, o teor de clorofila foi influenciado por aspectos nutricionais relacionados ao fornecimento de fósforo e de magnésio, principalmente na fase de estabelecimento (25 e 35 dias após o transplante). Isso confirma a necessidade de se considerar aspectos nutricionais ligados a outros nutrientes, além do nitrogênio, no uso do clorofilômetro conforme, sugerido por Peterson et al. (1993) e também mencionado por Santos (1997) em um estudo com enxofre.

4.4 Concentração e acúmulo de nutrientes no tecido vegetal

4.4.1 Concentração de fósforo

Através da análise de variância da concentração de fósforo na MSF1, MSCB1, MSF2, MSCB2 e MSR constatou-se diferença significativa ($P < 0,01$) entre as espécies em quase todos os componentes da planta, com exceção da MSCB2, que não mostrou significância ($P > 0,10$). Detectou-se significância ($P < 0,01$) para as doses de fósforo na concentração deste nutriente em todos os componentes da parte aérea. Encontrou-se também significância para as doses de magnésio em termos da concentração de fósforo na MSF2 ($P < 0,08$) e na MSCB2 ($P < 0,01$). Nenhuma das interações foi significativa ($P > 0,10$).

Verifica-se, através da Figura 26, que a concentração de fósforo nas lâminas foliares no primeiro e no segundo corte (F1 e F2) e nos colmos+bainhas no primeiro corte (CB1) foram mais altas na *Brachiaria decumbens* que na *Brachiaria brizantha*. Nas raízes, observou-se que a *Brachiaria brizantha* que apresentou concentração de fósforo mais alta que a *Brachiaria decumbens*. Esses resultados são opostos aos observados por Silva (1996), que encontrou concentração de fósforo na parte aérea mais alta na *Brachiaria brizantha* que na *Brachiaria decumbens* e não observou diferença significativa entre as espécies, no que se refere à concentração de fósforo nas raízes.

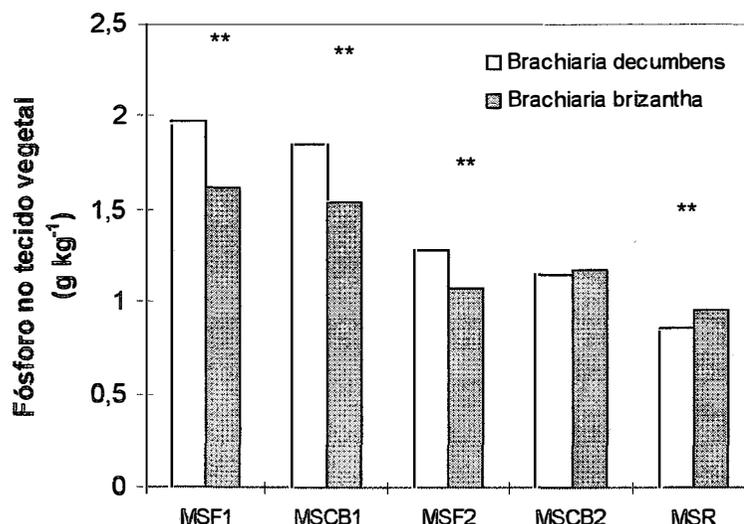


Figura 26 – Concentração de fósforo na matéria seca das lâminas foliares (MSF), dos colmos+bainhas (MSCB) e das raízes (MSR), respectivamente no primeiro (1) e no segundo (2) corte, de duas braquiárias.

** implicam em diferença significativa entre as espécies pelo teste F a 1 % de probabilidade.

O efeito das doses de fósforo na concentração de fósforo na MSF1 e na MSCB1 foi representado através de equações de segundo grau e no segundo corte esse efeito foi linear em todos os componentes da planta, inclusive nas raízes. Assim, observa-se na Figura 27, que o aumento das doses de fósforo na solução nutritiva proporcionou um incremento na concentração de fósforo em todos os componentes da planta. Ainda que sejam poucos os estudos que relacionem o fornecimento de fósforo e a concentração do nutriente nos diversos componentes da planta forrageira, os resultados apresentados na literatura são unânimes em ressaltar que o aumento da dose de fósforo sempre resulta em aumento da concentração desse nutriente no tecido vegetal (Werner & Haag, 1972; Martinez, 1980; Monteiro et al., 1995a; Monteiro et al. 1995b; Silva, 1996; Rao et al., 1996).

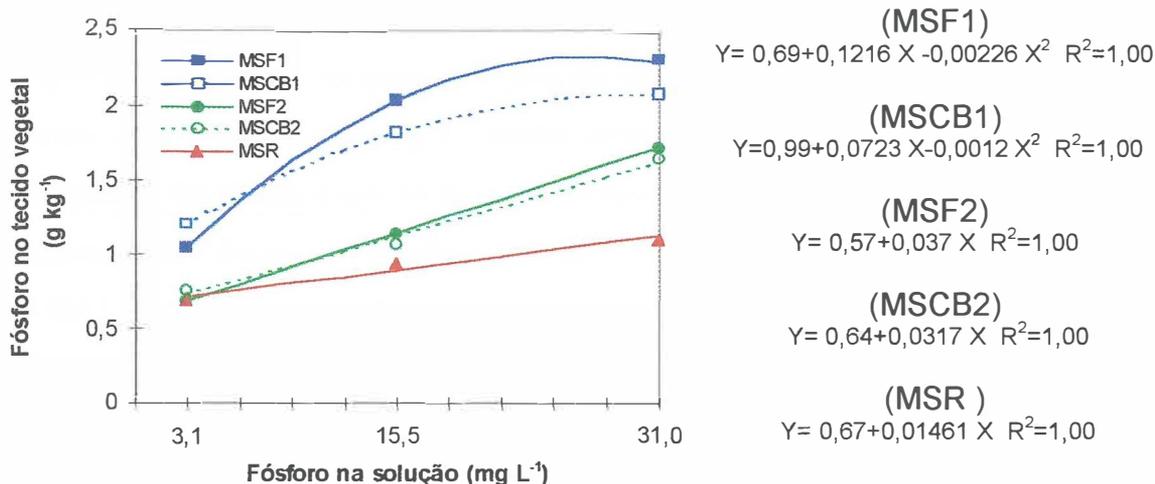


Figura 27 – Concentração média de fósforo na matéria seca das lâminas foliares (MSF), dos colmos+bainhas (MSCB) e das raízes (MSR) de braquiária, em função de doses de fósforo, respectivamente no primeiro (1) e segundo(2) corte.

Na mesma figura, observa-se que o menor incremento da concentração de fósforo no tecido vegetal, em função do aumento das doses desse nutriente na solução nutritiva, ocorreu na MSR, parte que também apresentou as mais baixas concentrações de fósforo. Verificou-se ainda, que a concentração de fósforo na MSF2 e MSCB2 representou aproximadamente metade daquela observada na MSF1 e MSCB1.

Para representar os efeitos das doses de magnésio na concentração de fósforo na MSF2 e na MSCB2, conseguiu-se ajuste significativo apenas para equações do terceiro grau:

$$Y_{(MSF2)} = 1,35 - 0,0297 X + 0,00098 X^2 - 0,000008 X^3 \quad R^2 = 1,00$$

$$Y_{(MSCB2)} = 1,42 - 0,045 X + 0,0015 X^2 - 0,000013 X^3 \quad R^2 = 1,00.$$

Embora, equações do terceiro grau dificultem a compreensão e explicação de fenômenos biológicos, constatou-se que na dose de magnésio 24 mg L⁻¹ as concentrações de fósforo na MSF2 e ns MSCB2 foram mais baixas do que as detectadas na demais doses de magnésio. Por outro lado, ainda que a dose de magnésio 4,8 mg L⁻¹ tenha apresentado concentração de fósforo equivalente às doses mais altas de magnésio, essa igualdade se deveu a um possível efeito de concentração de fósforo, uma vez que a dose de magnésio 4,8 mg L⁻¹ limitou a produção.

4.4.2 Acúmulo de fósforo

4.4.2.1 Primeiro corte

A análise de variância do acúmulo de fósforo na MSPA1 mostrou significância ($P < 0,01$) para a interação entre espécies e doses de fósforo e também para a interação entre doses de fósforo e doses de magnésio. O mesmo ocorreu, quando se fez a análise de variância do acúmulo de fósforo em cada componente da parte aérea.

É notório, que o acúmulo de nutriente numa planta está diretamente relacionado com a quantidade e a disponibilidade do nutriente no substrato e com a capacidade da planta em absorver esse nutriente. Diante desse fato, procurou-se, no desdobramento das interações das doses de fósforo com as espécies ou com as doses de magnésio, identificar os efeitos dos dois últimos fatores, dentro de cada dose de fósforo.

Considerando o acúmulo de fósforo na parte aérea, fez-se o desdobramento da interação entre as espécies e as doses de fósforo e constatou-se uma diferença significativa ($P < 0,01$) entre as espécies somente na dose 31 mg L⁻¹. Nessa dose de fósforo, a *Brachiaria decumbens* acumulou

maior quantidade de fósforo no tecido vegetal que a *Brachiaria brizantha* (Figura 28).

Quando considerou-se o acúmulo de fósforo na MSF1 e na MSCB1, o desdobramento da referida interação revelou diferença significativa ($P < 0,01$) entre as espécies, dentro das doses de fósforo de 15,5 e 31 mg L⁻¹, nesses dois componentes. Assim, verifica-se que a maior proporção do fósforo absorvido pela *Brachiaria brizantha* permaneceu nas lâminas foliares, enquanto na *Brachiaria decumbens* o fósforo absorvido distribuiu-se entre a MSF1 e a MSCB1, quase na mesma proporção.

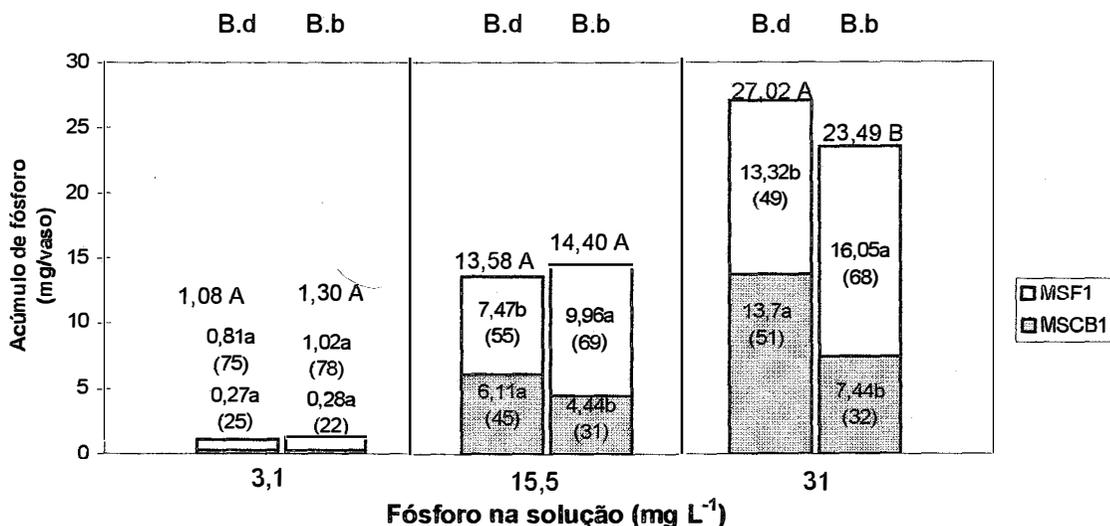


Figura 28 - Acúmulo e distribuição percentual de fósforo na matéria seca das lâminas foliares (MSF) e dos colmos+bainhas (MSCB) no primeiro corte de *Brachiaria decumbens* (B.d) e *Brachiaria brizantha* (B.b).

Letras diferentes indicam diferença significativa entre as espécies pelo teste F ($P < 0,01$) dentro de cada dose de fósforo, maiúsculas para MSPA1 e minúsculas para as partes amostradas).

Levando-se em consideração que, após a primeira adição de solução nutritiva, efetuaram-se mais duas renovações até a data do primeiro corte, observou-se um baixo aproveitamento de fósforo, pois do total de fósforo fornecido às plantas nesse primeiro período de crescimento, recuperou-se

através da MSPA1 em no máximo 31%. O menor aproveitamento ocorreu na dose de fósforo $3,1 \text{ mg L}^{-1}$, que foi de cerca de 12%.

No desdobramento da interação entre as doses de fósforo e as doses de magnésio, em termos de acúmulo de fósforo na MSPA1, detectaram-se efeitos significativos ($P < 0,05$) das doses de magnésio dentro das doses de fósforo 15,5 e 31 mg L^{-1} . Contudo, conseguiu-se um ajuste significativo de equação apenas para a dose de fósforo $15,5 \text{ mg L}^{-1}$ e nesse caso, constatou-se uma variação linear de fósforo acumulado na MSPA1 dessas forrageiras, em função das doses de magnésio (Figura 29).

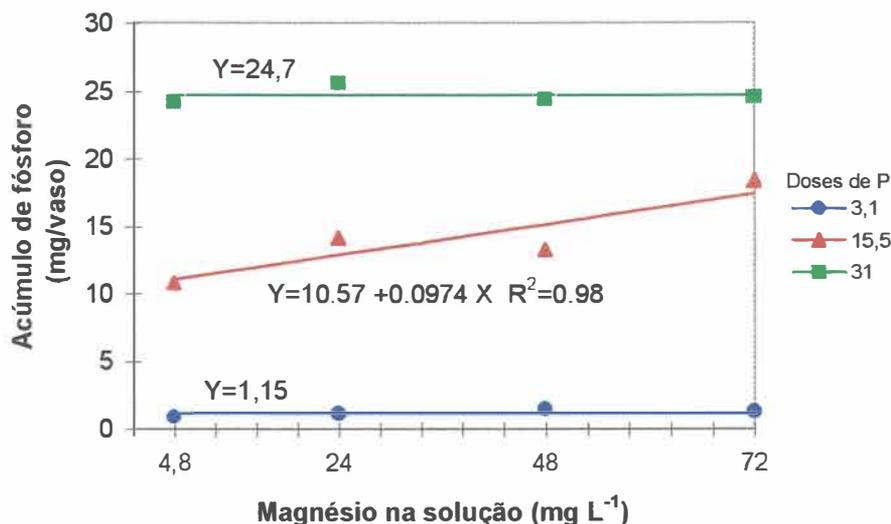


Figura 29 - Acúmulo de fósforo, na matéria seca da parte aérea de duas braquiárias no primeiro corte, em função de doses de magnésio dentro de cada dose de fósforo.

4.4.2.2 Segundo corte

A análise de variância do acúmulo de fósforo na planta inteira no segundo corte revelou significância ($P < 0,01$) para a interação entre as espécies e as doses de fósforo e também para a interação entre as doses de fósforo e as doses de magnésio. Considerando-se as análises de variância do

acúmulo de fósforo em cada parte amostrada da planta, observou-se nas lâminas foliares, interação significativa ($P < 0,01$) entre as espécies e as doses de fósforo e também entre as doses de fósforo e as doses de magnésio ($P < 0,07$). Em relação ao acúmulo de fósforo nos colmos+bainhas, observou-se significância ($P < 0,01$) apenas para a interação entre as doses de fósforo e as doses de magnésio. Para as raízes, ocorreu interação significativa ($P < 0,01$) entre as espécies e as doses de fósforo.

Assim, como nos resultados do primeiro corte, objetivou-se no desdobramento das interações entre as doses de fósforo com as espécies ou com as doses de magnésio, identificar os efeitos dos dois últimos fatores dentro de cada dose de fósforo.

No desdobramento da interação entre as espécies e as doses de fósforo, constatou-se diferença significativa ($P < 0,01$) entre as espécies nas doses de fósforo de 15,5 e 31 mg L⁻¹, para o acúmulo de fósforo na MSF2, na MSR e na MSPA2. Através da Figura 30 constata-se que o acúmulo de fósforo nas lâminas foliares, nas raízes e na planta inteira foram sempre maiores na *Brachiaria brizantha* do que na *Brachiaria decumbens*.

Considerando-se a quantidade de fósforo acumulado pelas plantas, no segundo período de crescimento, nota-se que nesse período houve maior aproveitamento do fósforo. Contudo, após o primeiro corte, ainda permaneceram nos vasos parte da MSCB1 e toda a MSR do primeiro crescimento, o que certamente contribuiu sobremaneira para o acúmulo de fósforo no segundo período de crescimento.

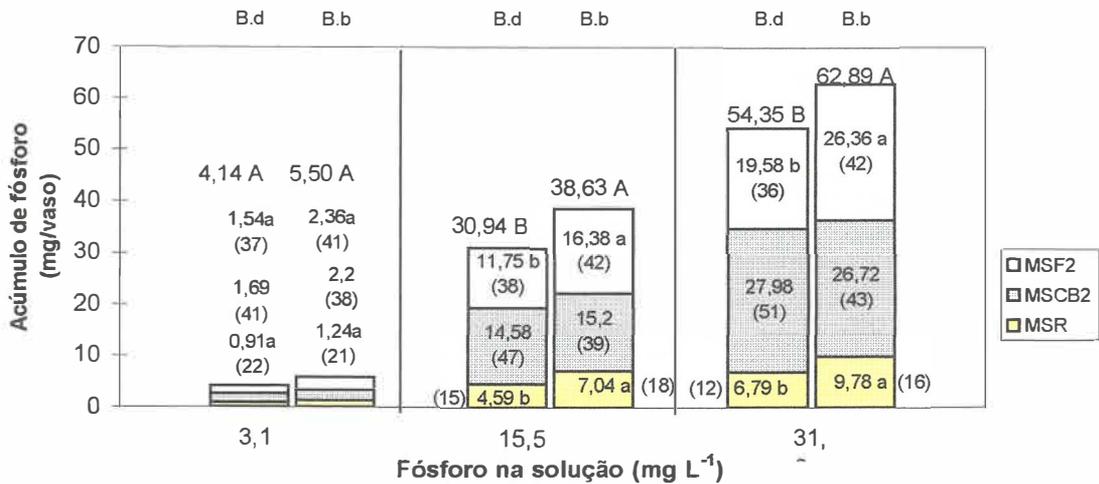


Figura 30 - Acúmulo e distribuição percentual de fósforo na matéria seca das lâminas foliares (MSF2), dos colmos+bainhas (MSCB2) e das raízes (MSR) da *Brachiaria decumbens* (B.d) e da *Brachiaria brizantha* (B.b) no segundo corte.

Letras diferentes indicam diferença significativa entre espécies dentro de cada dose de fósforo, maiúsculas para MSPA2 e minúsculas para as partes amostradas.

Considerando-se o acúmulo de fósforo nas plantas, realizou-se o desdobramento da interação entre as doses de fósforo e as doses de magnésio e obteve-se significância ($P < 0,05$) para as doses de magnésio nas doses de fósforo de 15,5 e 31 mg L⁻¹. Assim, para representar o efeito das doses de magnésio no acúmulo de fósforo na planta inteira, ajustaram-se equações do segundo grau e linear, para as doses de fósforo 15,5 e 31 mg L⁻¹, respectivamente. Através delas constatou-se que o aumento das doses de magnésio possibilitou maior absorção e conseqüentemente, maior acúmulo de fósforo na planta nas duas doses mais altas de fósforo (Figura 31). Esses resultados vêm a confirmar a inter-relação entre fósforo e magnésio para os processos de absorção de fósforo e transferência de energia, como foi relatado por Crocomo & Malavolta (1964), Malavolta et al. (1989) e Bergmann (1992), e também que um suprimento adequado de magnésio possibilita maior aproveitamento do fósforo tal como foi mencionado por Vitti et al. (1995) e Cristancho & Estrada (1996).

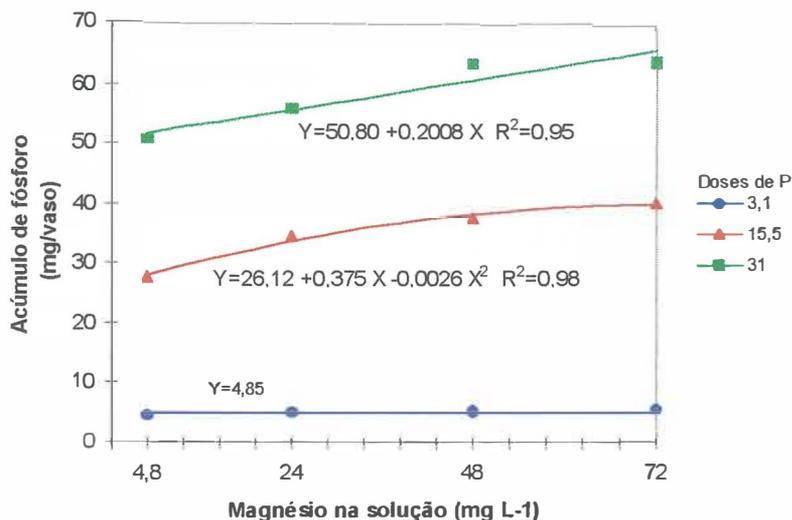


Figura 31 - Acúmulo de fósforo na matéria seca total da planta de braquiária do segundo corte, em função de doses de magnésio dentro de cada dose de fósforo.

4.4.3 Concentração de magnésio

4.4.3.1 Primeiro corte

4.4.3.1.1 Lâminas foliares

A análise de variância da concentração de magnésio na MSF1 detectou significância ($P < 0,01$) para as interações entre as espécies e as doses de magnésio e entre as doses de magnésio e as doses de fósforo. Verificou-se também que a interação entre as espécies e as doses de fósforo foi significativa ($P < 0,05$).

Desdobrou-se a interação entre as espécies e as doses de magnésio, e através das equações apresentadas na Figura 32, verifica-se que a concentração de magnésio na MSF1 aumentou consideravelmente, à medida em que se elevaram as doses de magnésio na solução, para ambas as espécies. Da mesma forma, Marun (1990) e Premazzi (1991) também detectaram elevação na concentração de magnésio, quando aumentaram a disponibilidade desse nutriente. Contudo, mesmo tendo determinado a

concentração de magnésio na matéria seca da parte aérea, esses autores detectaram concentrações de magnésio mais elevadas do que as observadas na MSF1 no presente experimento.

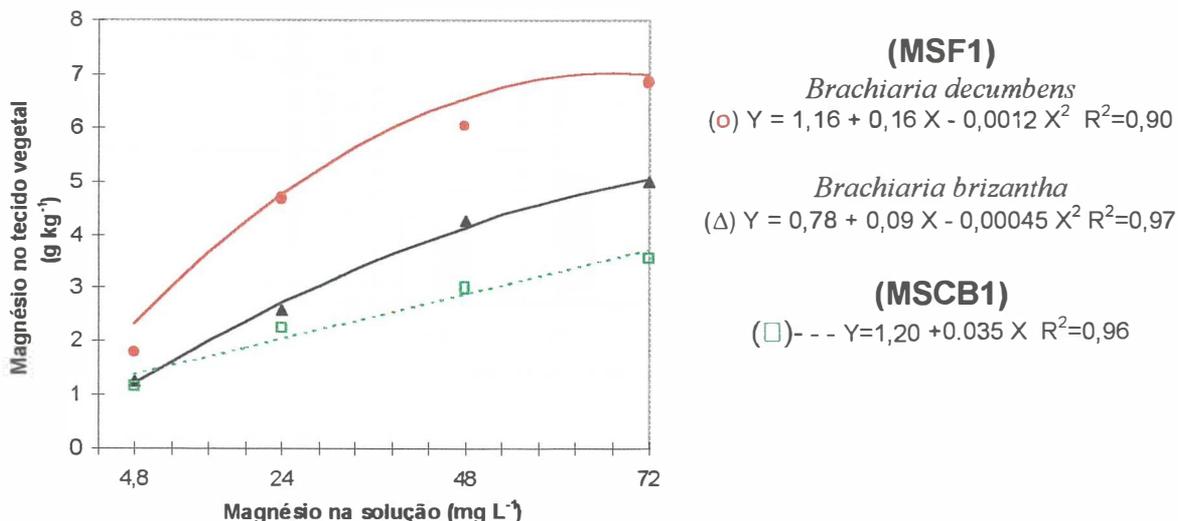


Figura 32 - Concentração de magnésio na matéria seca das lâminas foliares (MSF1___) da *Brachiaria decumbens* (o) e da *Brachiaria brizantha* (Δ) e a médias das duas espécies (□) na matéria seca dos colmos+bainhas (MSCB1 - - -), em função das doses de magnésio, no primeiro corte.

Quando se compararam as espécies dentro de cada dose de magnésio (Figura 33), constatou-se que a *Brachiaria decumbens* apresentou concentração de magnésio na MSF1, mais elevada que a *Brachiaria brizantha* em todas as doses de magnésio, exceto a de 4,8 mg L⁻¹. Nesse aspecto, os resultados apresentados por Marun (1990), demonstraram pouca variação na concentração de magnésio entre as espécies.

Desdobrou-se também a interação entre as espécie e as doses de fósforo (Figura 34). Verificou-se, que o aumento das doses de fósforo elevou a concentração de magnésio na MSF1 da *Brachiaria brizantha* e diminuiu na *Brachiaria decumbens*. Comparando-se as espécies dentro de cada dose de fósforo, constatou-se que a concentração de magnésio na MSF1 da *Brachiaria decumbens* foi mais elevada (P<0,01) que na *Brachiaria brizantha*, em todas as doses de fósforo (Figura 35).

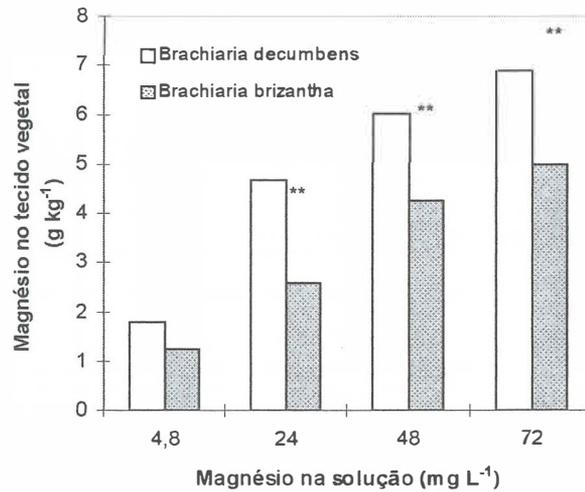


Figura 33 – Concentração de magnésio em lâminas foliares de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha*, em função das doses de magnésio, no primeiro corte

** Indicam diferença significativa entre as espécies dentro de cada dose de magnésio a 1% pelo teste F.

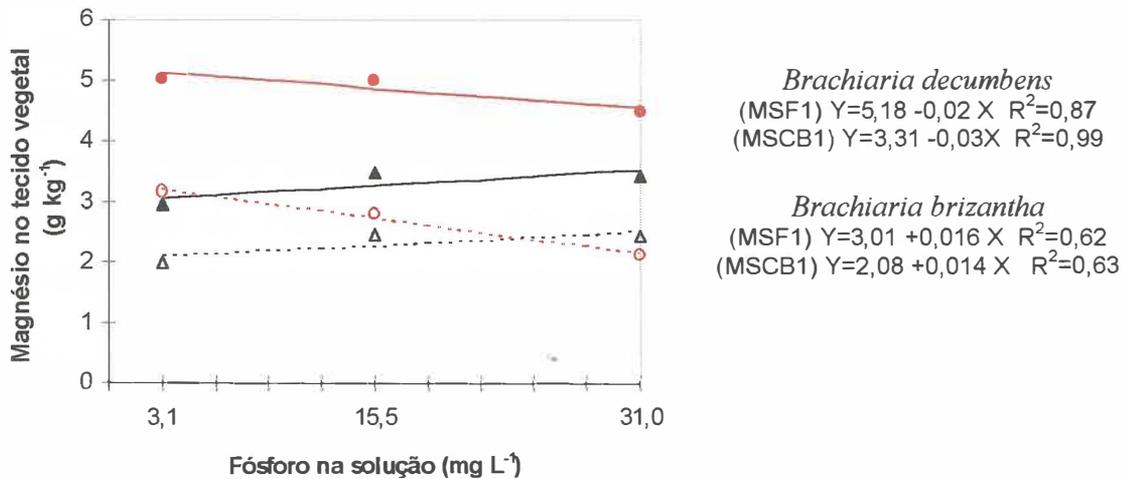


Figura 34 – Concentração de magnésio na matéria seca das lâminas foliares (MSF1___) e dos colmos+bainhas (MSCB1- -) de *Brachiaria decumbens* (o) e *Brachiaria brizantha* (Δ), em função de doses de fósforo no primeiro corte.

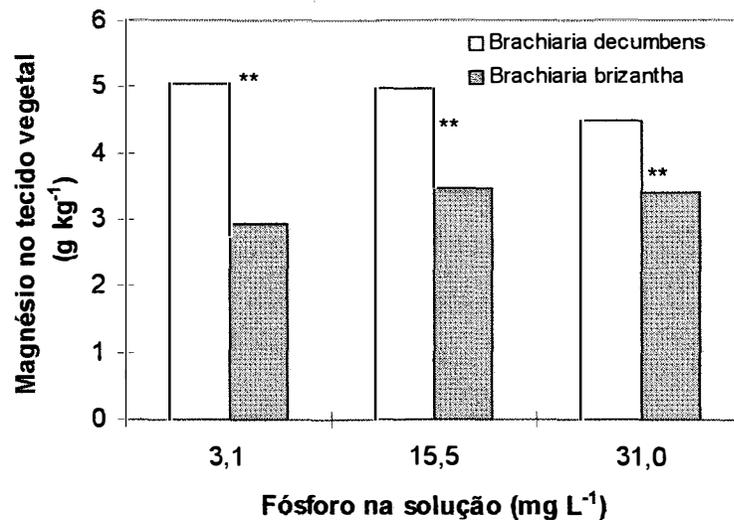


Figura 35 – Concentração de magnésio na matéria seca das lâminas foliares de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* em função das doses de fósforo, no primeiro corte.

** indicam diferenças significativas entre as espécies dentro de cada dose de fósforo a 1% pelo teste F.

No desdobramento da interação entre as doses de fósforo e as doses de magnésio, os efeitos significativos ($P < 0,01$) foram verificados para as doses de magnésio dentro de cada uma das doses de fósforo. Através da Figura 36 observa-se que o aumento nas doses de fósforo ocasionou redução na concentração de magnésio nas duas doses mais baixas de magnésio e aumentos nas duas doses mais elevadas.

4.4.3.1.2 Colmos+bainhas

A análise de variância da concentração de magnésio na MSCB1 revelou significância ($P < 0,01$) para as doses de magnésio e para a interação entre as espécies e doses de fósforo.

Conforme apresentado na Figura 32, o aumento da concentração de magnésio na solução nutritiva resultou em um incremento linear na concentração de magnésio na MSCB1. Todavia, esse aumento foi menor que o observado na MSF1.

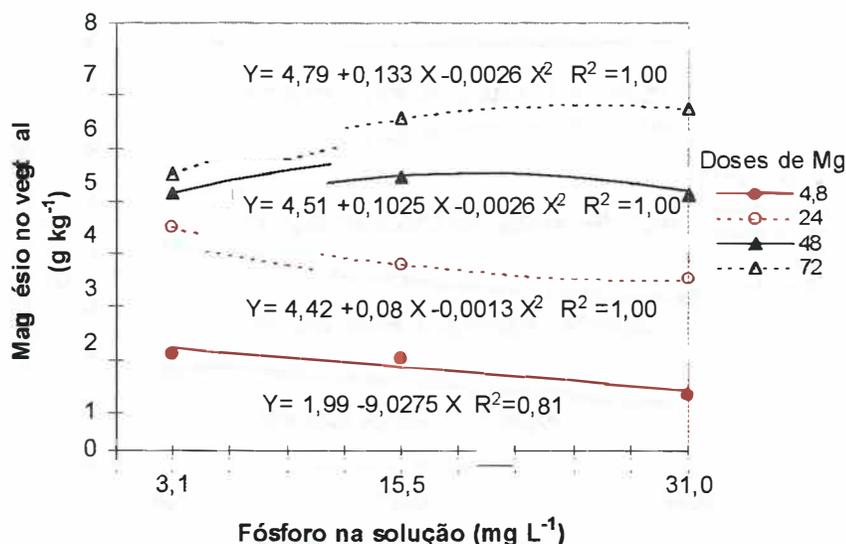


Figura 36 – Concentração média de magnésio na matéria seca das lâminas foliares de braquiária, em função de doses de fósforo dentro de cada dose de magnésio no primeiro corte.

A interação entre as espécies e as doses de fósforo foi desdobrada, ajustando-se equações para representar o efeito do fornecimento de fósforo na concentração de magnésio na MSCB1 (Figura 34). Do mesmo modo, como foi observado na MSF1, verificou-se que o aumento da dose de fósforo provocou uma redução na concentração de magnésio na MSCB1 da *Brachiaria decumbens*, mas elevou a concentração de magnésio na MSCB1 da *Brachiaria brizantha*. Dentro de cada dose de fósforo, compararam-se as espécies (Figura 37) e verificou-se que a *Brachiaria decumbens* teve concentrações de magnésio mais elevadas que a *Brachiaria brizantha* dentro das doses de fósforo 3,1 e 15,5 mg L⁻¹. Entretanto, na dose de fósforo 31 mg L⁻¹, a concentração de magnésio na MSCB1 da *Brachiaria decumbens* foi mais baixa que a da *Brachiaria brizantha*, e isso pode ter ocorrido em função de um efeito de diluição, já que o aumento da dose de fósforo promoveu um acentuado incremento na produção de MSCB1 da *Brachiaria decumbens*, que alterou sobremaneira a proporção de MSF1 em relação a MSCB1 (conforme foi apresentado na Figura 5).

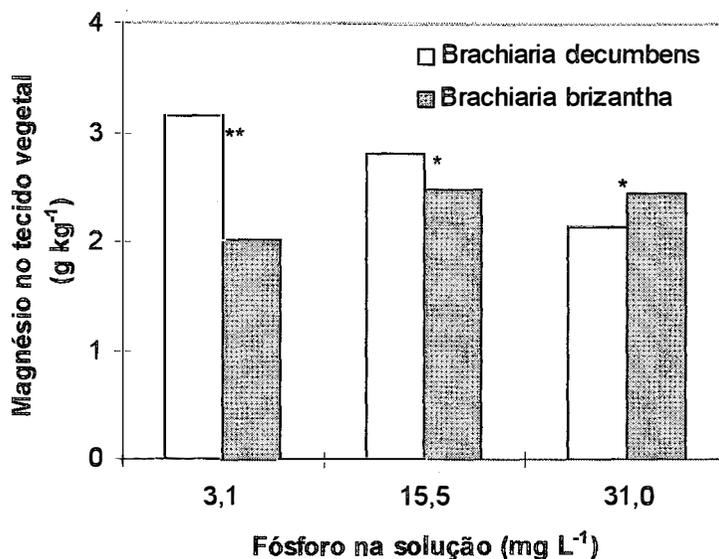


Figura 37 - Concentração média de magnésio nas lâminas foliares do segundo corte de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha*, em função das doses de fósforo na solução

** e * indicam respectivamente diferenças significativas entre as espécies a 1% e 5% pelo teste F.

4.4.3.2 Segundo corte

4.4.3.2.1 Lâminas foliares

A análise de variância da concentração de magnésio na MSF2 revelou existir interação significativa ($P < 0,01$) entre as doses de magnésio e as espécies e também entre as doses de magnésio e as doses de fósforo.

De forma semelhante ao que aconteceu no primeiro corte, e com o relatado por Marum (1990) e Premazzi (1991), o desdobramento da interação entre as doses de magnésio e as espécies, revelou que as concentrações de magnésio na MSF2 aumentaram à medida em que se elevaram as doses de magnésio na solução (Figura 38).

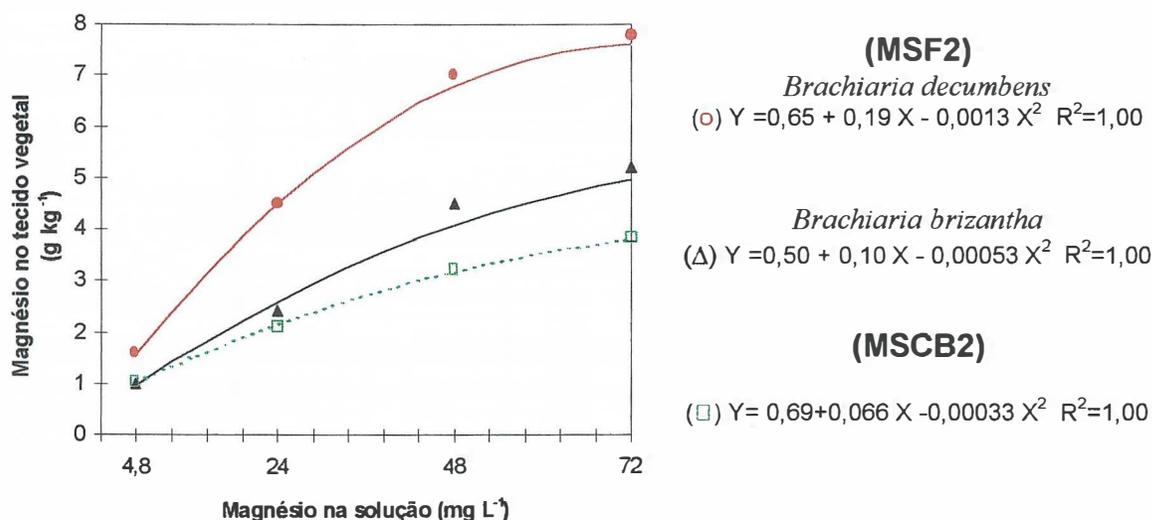


Figura 38 - Concentração de magnésio na matéria seca das lâminas foliares (MSF2 ____) de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* e média das duas espécies na matéria seca dos colmos+bainhas (MSCB2 - - -) do segundo corte, em função de doses de magnésio.

Observou-se também, quando se fez a comparação das espécies dentro de cada dose de magnésio (Figura 39), que a concentração de magnésio na MSF2 da *Brachiaria brizantha*, com exceção da dose de magnésio 4,8 mg L⁻¹, foi mais baixa do que a da *Brachiaria decumbens*. Contudo, pode-se verificar no item referente ao acúmulo de magnésio, que as espécies não apresentaram diferença na quantidade de magnésio acumulada. Assim sendo, as diferenças entre espécies, que ocorreram na concentração de magnésio devem-se a um efeito de diluição e não propriamente a uma diferença na exigência de magnésio, por essas duas espécies forrageiras. Os resultados obtidos por Marun (1990), reforçam essa hipótese, já que a variação na concentração de magnésio na matéria seca da parte aérea foi quase inexpressiva.

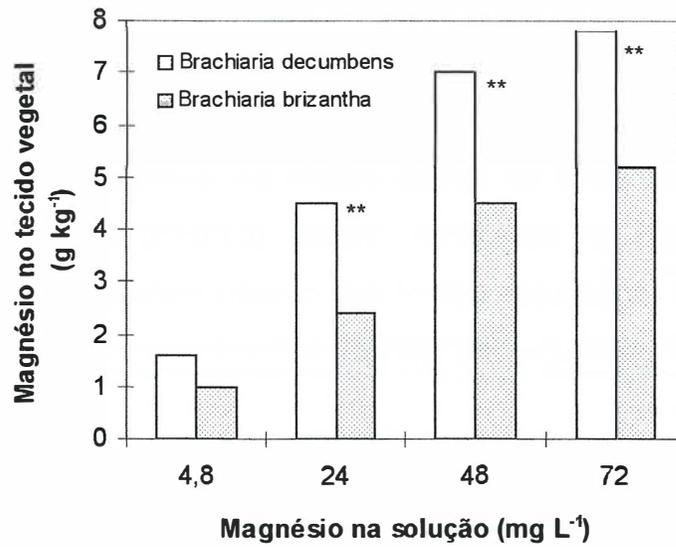


Figura 39 - Concentração de magnésio na matéria seca das lâminas foliares de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* do segundo corte, em função de doses de magnésio.

** indicam diferença significativa entre espécies dentro de cada dose de magnésio a 1% pelo teste.

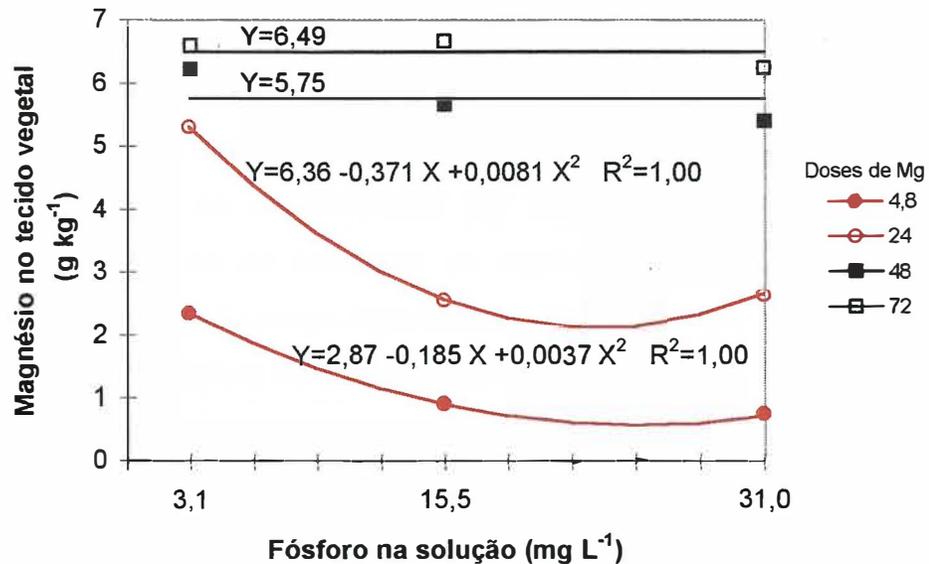


Figura 40 - Concentração média de magnésio na matéria seca das lâminas foliares de braquiária no segundo, em função de doses de fósforo, dentro de cada dose magnésio.

Através do desdobramento da interação entre as doses de fósforo e as doses de magnésio foi possível identificar efeito significativo ($P < 0,01$) das doses de fósforo dentro das doses de magnésio 4,8 e 24 mg L⁻¹. Para as duas doses mais altas de magnésio, os efeitos devido ao fornecimento de fósforo não foram significativos ($P > 0,10$). Assim, verifica-se na Figura 40, que o aumento das doses de fósforo (dentro dos limites estudados) conduziu a uma redução expressiva nas concentrações de magnésio, quando, foram fornecidos apenas 4,8 e 24 mg L⁻¹.

4.4.3.2.2 Colmos+bainhas

A análise de variância da concentração de magnésio na MSCB2 revelou significância para a interação entre as espécies e doses de fósforo ($P < 0,06$) e para a interação entre as doses de fósforo e as doses de magnésio ($P < 0,04$).

Efetou-se o desdobramento da interação envolvendo as espécies, ajustando-se equações para representar as alterações na concentração de magnésio, ocasionadas pelo aumento das doses de fósforo. Através da Figura 41, verifica-se que o fornecimento de fósforo na solução nutritiva resultou em redução acentuada na concentração de magnésio na MSCB2 das duas espécies. Contudo, ao se comparar as espécies dentro de cada dose de fósforo, constatou-se diferença significativa ($P < 0,01$) entre essas, apenas na dose mais baixa de fósforo na solução nutritiva.

Efetou-se o desdobramento da interação entre as doses de fósforo e as doses de magnésio e foi observado, que com o aumento das doses de fósforo ocorreram, dentro dos limites estudados, reduções na concentração de magnésio na MSCB2, independentemente da dose de magnésio utilizada (Figura 42). Isso demonstra, que numa situação de deficiência de magnésio, o nutriente contido nos colmos+bainhas é translocado para as lâminas foliares, onde certamente é mais requisitado.

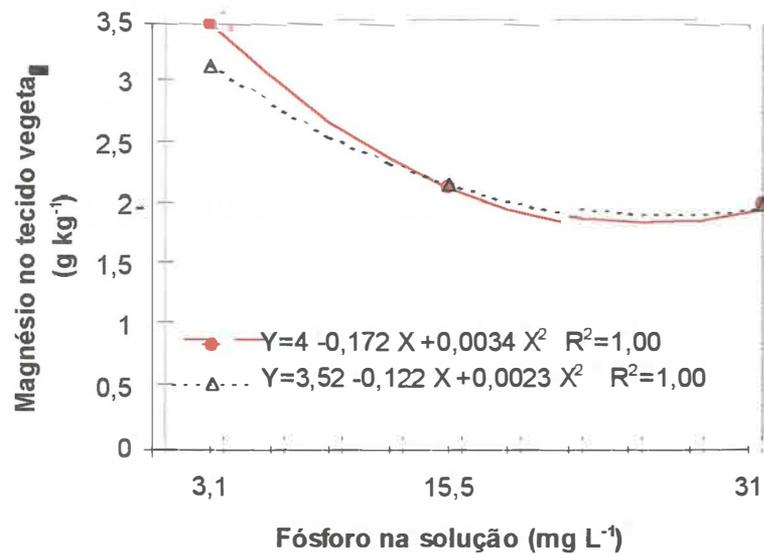


Figura 41 - Concentração de magnésio na matéria seca dos colmos+bainhas da *Brachiaria decumbens* (○) e da *Brachiaria brizantha* (Δ), em função de doses de fósforo.

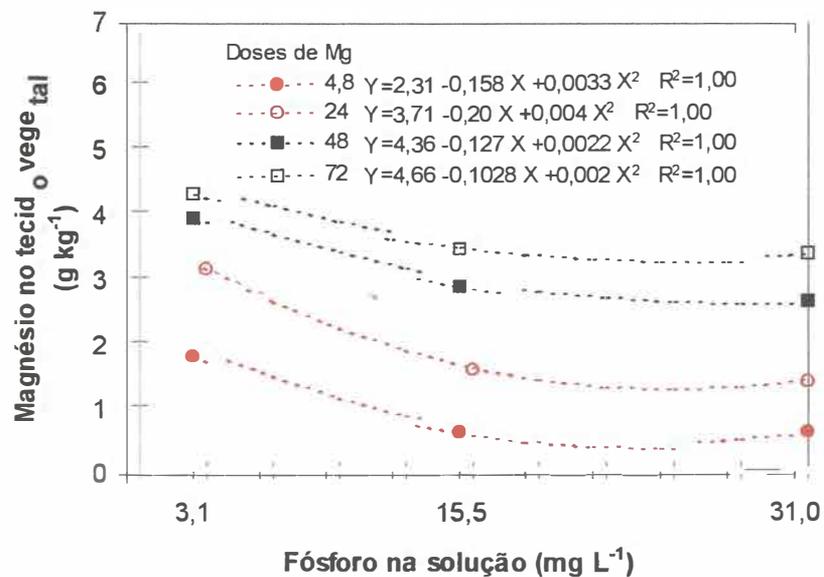


Figura 42 – Concentração média de magnésio na matéria seca de colmos+bainhas (MSCB2) no segundo corte, em função de doses de fósforo, dentro de cada dose de magnésio.

4.4.3.2.3 Raízes

A análise de variância da concentração de magnésio nas raízes revelou significância ($P < 0,08$) para a interação entre as doses de fósforo e as doses de magnésio. Assim sendo, desdobrou-se a interação ajustando-se equações para representar as alterações na concentração de magnésio, em função do fornecimento de fósforo dentro de cada dose de magnésio.

Os resultados apresentados na Figura 43 demonstram, que com o aumento das doses de fósforo, há uma redução nos teores de magnésio nas raízes, mesmo quando esse nutriente é fornecido em doses elevadas.

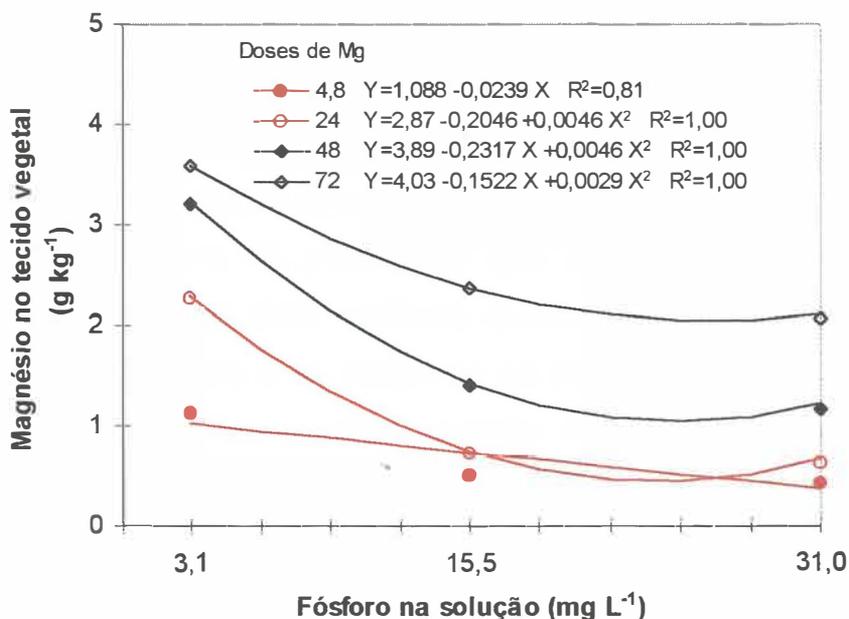


Figura 43 - Concentração média de magnésio na matéria seca de raízes de braquiária após o segundo corte, em função de doses de fósforo dentro de cada dose de magnésio.

4.4.4 Acúmulo de magnésio

4.4.4.1 Primeiro corte

A análise de variância do acúmulo de magnésio na MSPA1 revelou significância ($P < 0,01$) apenas para a interação entre as doses de fósforo e as doses de magnésio. Contudo, ao se efetuar a análise de variância do acúmulo de magnésio na MSF1 e MSCB1 separadamente, foi observado que além da interação entre as doses de fósforo e as doses de magnésio, ocorreu também, significância ($P < 0,01$) para a interação entre as espécies e as doses de fósforo nas duas partes amostradas.

Embora as espécies tenham apresentado acúmulo de magnésio na MSPA1 equivalente, já que não se detectou efeito significativo ($P > 0,10$) para as espécies ou para as interações que envolveram esse fator, optou-se por focar a distribuição do magnésio acumulado na MSF1 e na MSCB1 para cada espécie separadamente, uma vez que as espécies apresentaram comportamentos diferenciados no que se refere à produção de lâminas foliares e colmos+bainhas (conforme foi apresentado na Figura 5).

Através da Figura 44, observa-se que a quantidade de magnésio acumulada na MSPA1 das duas espécies aumentou à medida em que se elevam as doses de fósforo e de magnésio na solução nutritiva. Na mesma figura, verifica-se ainda, que a maior porção do magnésio absorvido foi direcionado para a MSF1 em ambas as espécies, mesmo tendo a *Brachiaria decumbens* apresentado, proporcionalmente, maior produção de MSCB1 do que de MSF1.

4.4.4.2 Segundo corte

No segundo corte, observou-se através da análise de variância do acúmulo de magnésio na planta inteira, significância ($P < 0,01$) para a interação entre as doses de fósforo e as doses de magnésio. No que se refere ao

acúmulo de magnésio em cada uma das partes, além da interação entre as doses de fósforo e as doses de magnésio, a análise de variância revelou significância ($P < 0,03$) para as espécies na MSF2, interação significativa ($P < 0,06$) entre as espécies e as doses de fósforo na MSCB2 e em relação à MSR, detectou-se significância ($P < 0,01$) para a interação entre as espécies e as doses de fósforo e entre espécies e doses de magnésio.

Assim, como no primeiro corte, embora as espécies não tenham apresentado diferenças quanto ao acúmulo de magnésio na MSPA2 equivalente, já que não se detectou efeito significativo ($P > 0,10$) para as espécies ou para as interações que envolveram esse fator, preferiu-se focar a distribuição do magnésio acumulado entre a MSF2, MSCB2 e MSR, para cada espécie, separadamente.

Observa-se, através da Figura 45, que as duas braquiárias estudadas possuem grande capacidade de absorção de magnésio. Pode-se notar também, que aumentando-se a dose de fósforo de 3,1 para 15,5 mg L⁻¹, o aumento da absorção de magnésio é mais expressivo do que quando o aumento da dose de fósforo é de 15,5 para 31 mg L⁻¹.

Embora tenham as espécies apresentado diferenças na proporção de MSF2 e MSCB2 (conforme foi apresentado na Figura 11), verifica-se que o acúmulo de magnésio na MSF2 das duas espécies, praticamente se equivalem.

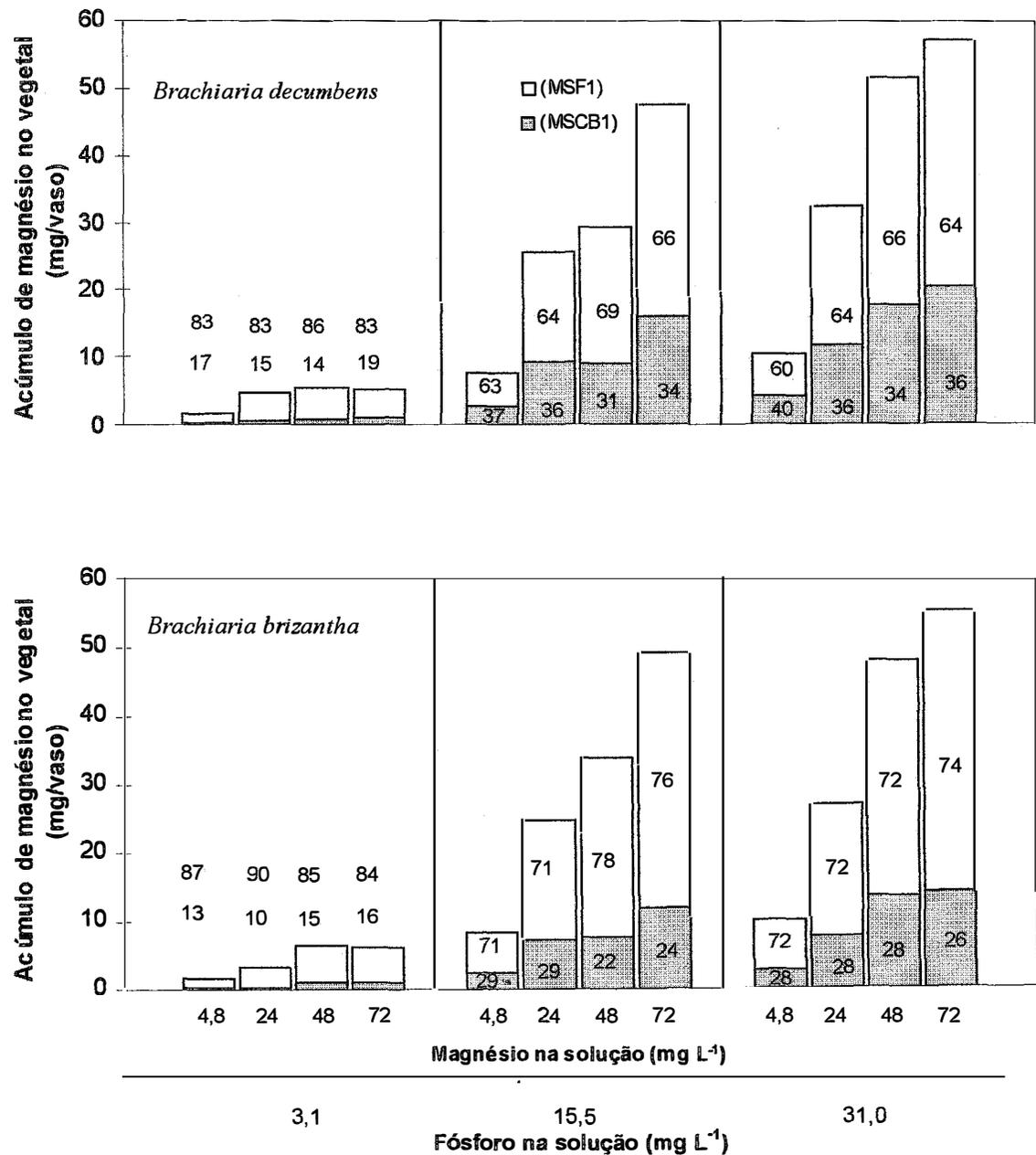


Figura 44 - Acúmulo e distribuição percentual de magnésio na matéria seca da parte aérea de duas braquiárias, em função de doses de fósforo e doses de magnésio, no primeiro corte.

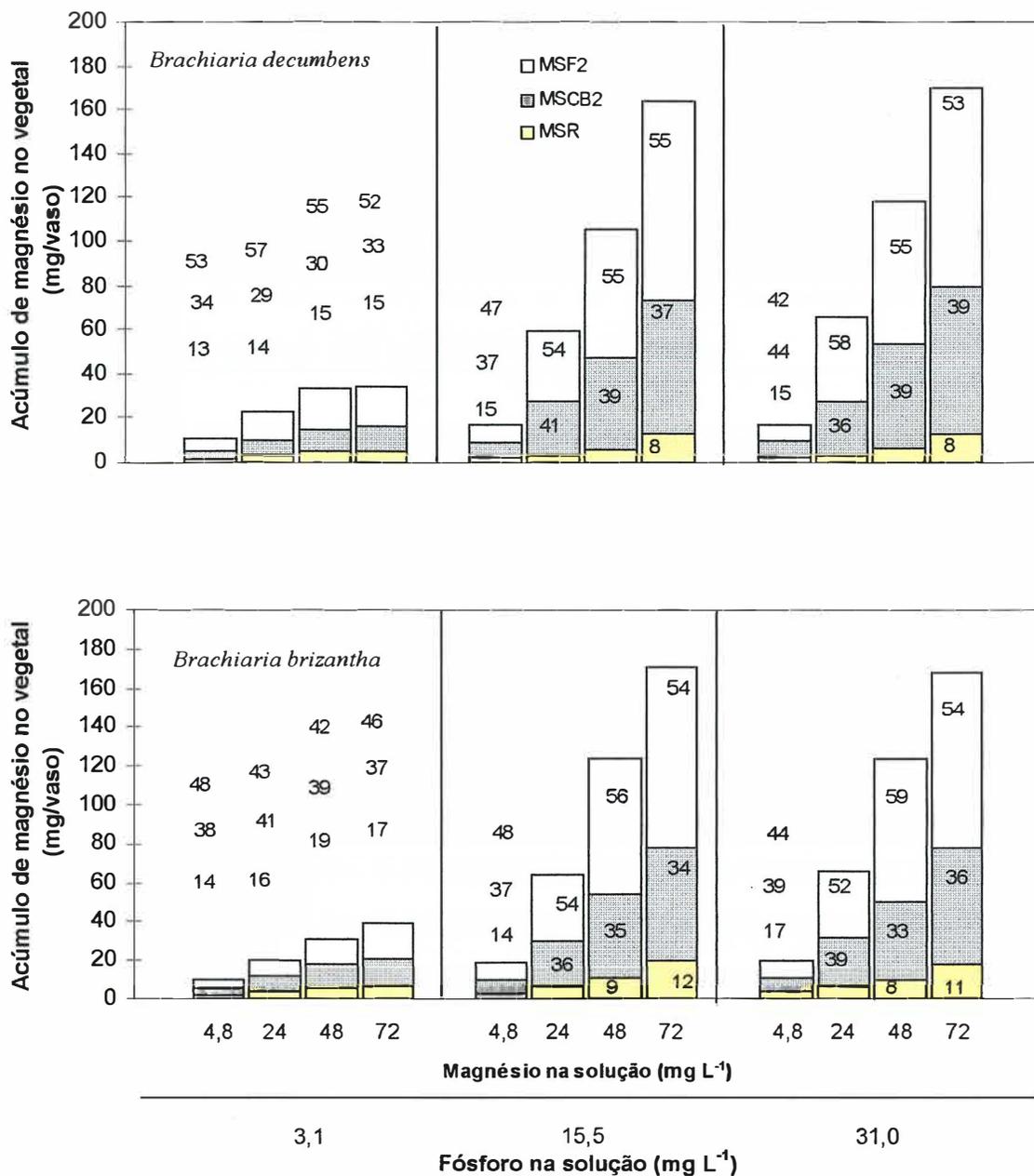


Figura 45 - Acúmulo e distribuição de magnésio na matéria seca de duas braquiárias, em função das doses de fósforo e das doses de magnésio, no segundo corte.

5 CONCLUSÕES

- As espécies de braquiária apresentaram respostas diferentes ao fósforo.
- O comportamento das espécies à combinação das doses de magnésio e das doses de fósforo não diferiu e os efeitos de magnésio só foram significativos quando não houve limitação de fósforo.
- A *Brachiaria brizantha* apresentou maior produção de lâminas foliares do que a *Brachiaria decumbens*.
- A dose de fósforo 31 mg L⁻¹ abreviou o ciclo de vida dos perfilhos da *Brachiaria decumbens*, no primeiro período de crescimento.
- A *Brachiaria decumbens* apresentou maior número de perfilhos por vaso, mas por outro lado a *Brachiaria brizantha* apresentou perfilhos mais pesados.
- As limitações de fósforo e de magnésio implicaram em um teor de clorofila mais baixo nas duas espécies, principalmente na fase de estabelecimento.
- O aumento nas doses de magnésio possibilitou maior acúmulo de fósforo, quando não houve limitação de fósforo.
- As braquiárias apresentaram grande capacidade de absorção e de acúmulo de magnésio, principalmente quando se elevou a disponibilidade de fósforo para essas forrageiras. A maior proporção do magnésio absorvido acumulou-se nas lâminas foliares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, P. B. Origem das braquiárias e suas características morfológicas de interesse forrageiro. In: ENCONTRO SOBRE CAPINS DO GÊNERO *Brachiaria*, 1., Nova Odessa, 1986. **Anais**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1987. p.1-18.
- ALMEIDA, J. C. R. de; MACEDO, M. C. M.; VALLE; C. B. do. Eficiência de diferentes fontes e doses de fósforo na produção de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em areia quartzosa. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO. 8, Brasília. 1996, **Anais**. Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1996. p. 350-353.
- BARBOSA FILHO, M. P. **Nutrição e adubação do arroz**: sequeiro e irrigado. Piracicaba: POTAFÓS, 1987. 129p. (Boletim Técnico, 9)
- BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants**: development, visual and analytical diagnosis. New York: Gustave Fischer Verlag, 1992. 741p.
- BLACKMER, A. M.; SCHEPERS, J. S.; VIGIL M. Chlorophyll meter readings in corn affected by plant spacing. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.24, p.2507-2516, 1993.

CAMMARANO, P.; FELSANI, A.; GENTILE, M.; GUALERZI, C.; ROMERO, C.; WOLF, G. Formation of active hybrid 80-S particles from subunits of pea seedlings and mamalian liver ribossomes. **Biochimic Biophysic Acta**, v.281, p.625-642, 1972.

CARRIEL, J. M.; WERNER, J. C.; ABRAMIDES, P. L. G.; MONTEIRO; F. A.; MEIRELLES, N. M. F. Limitações nutricionais de um solo podzóico vermelho-amarelo para o cultivo de três gramíneas forrageiras. **Boletim de Indústria Animal**, v.46, p.61-73, 1989.

COOPER, H. P.; PADEN, W. R.; GARMAN, W. H. Some factors influencing the availability of magnesium in soil and magnesium contents of certain crop plants. **Soil Science**, v.63, p.27-41, 1947.

CORRÊA, B. D. Doses de nitrogênio e de magnésio afetando aspectos produtivos e bioquímicos dos capins Colônia, Tanzânia-1 e Vencedor. Piracicaba, 1996. 76p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo.

CORRÊA, L. de A.; HAAG, H. P. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em latossolo vermelho-amarelo, álico:1: ensaio em casa-de-vegetação. **Scientia Agricola**, v.50, p.99-108, 1993a.

CORRÊA, L. de A.; HAAG, H. P. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em latossolo vermelho-amarelo, álico:2: experimento de campo. **Scientia Agricola**, v.50, p.109-116, 1993b.

CORSI, M.; BALSALOBRE, M. A.; SANTOS, P. M.; SILVA, S. C. da Bases para o estabelecimento do manejo de pastagens de braquiária. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 11., Piracicaba, 1994. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1994. p.249-266.

COSENZA, G. W.; ANDRADE, R P. de; GOMES, D. T; ROCHA, C. M. C. da Resistência de gramíneas forrageiras à cigarrinha-das-pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, p.961-968, 1989.

CRISTANCHO, Y.; ESTRADA, G. Efecto del magnesio sobre el fosforo disponible para maiz (*Zea mays* L.) en un Oxisol. (compact disc). In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., Águas de Lindóia, 1996. **Solo-suelo 96**: trabalhos. Piracicaba: SBCS/SLCS, 1996.

CROCOMO, O. J.; MALAVOLTA, E. The uptake of radiophosphate by barley plants as influenced by magnesium. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.21, p.43-49, 1964.

EINSENMENGER, W. S.; KUCINSK, K. J. Relationship of seed plant development to the need of magnesium. **Soil Science**, v.63, p.13-17, 1947.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Gado de Corte. *Brachiaria brizantha* cv. **Marandu**. Campo Grande, 1985. 31p. (Documentos 21)

- EUCLIDES, V. P. B.; ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, M. P. Evaluation of *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria brizantha* under grazing. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., Palmerston, 1993, **Proceedings**. p.1997-1998.
- FENSTER, W.E.; LEÓN, L.A. Considerações sobre a fertilização fosfatada no estabelecimento e persistência de pastagens em solos ácidos e de baixa fertilidade na América Latina tropical. In: SANCHEZ; P.A.; TÉRGAS, L.E.; SERRÃO, E.A.S. Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos, 1982. p.127-142.
- FOLLET, R. H.; FOLLET, R. F.; HALVORSON, A. D. Use of a chlorophyll meter to evaluate the nitrogen status of dryland winter wheat. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.23, p.687-697, 1992.
- FOX, R. H.; PIEKIELEK, W. P.; MACNEAL, K. M. Using a chlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer needs of winter wheat. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.25, p.171-181, 1994.
- GHISI, O. M. A. A.; PEDREIRA, J, V. S. Características das principais *Brachiaria* spp. In: ENCONTRO SOBRE CAPINS DO GÊNERO *Brachiaria*, 1., Nova Odessa, 1986. **Anais**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1987. p.19-58.
- GOMIDE, J. A. Fisiologia do crescimento livre de plantas forrageiras. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de ; FARIA, V. P. de. **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, 1994. cap.1, p.1-14.

HUANG, J. W.; GRUNES, D. L. Potassium/Magnesium ratio effects on aluminum tolerance and mineral composition of wheat forage. **Agronomy Journal**, v.84, p.643-650, 1992.

KELLER-GREIN, G.; MAASS, B. L.; HANSON, J. Natural variation in *Brachiaria* and existing germplasm collections. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. do *Brachiaria*: biology, agronomy and improvement. Cali: EMBRAPA-CNPGC/CIAT, 1996. cap.2, p.16-42.

LANGER, R. H. M. Tillering in herbage grasses. **Herbage Abstracts**, v.3, p.141-148, 1963.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica**. Trad. de A. A. Simões; W. R. N. Lodi. 2.ed. São Paulo: Sarvier, 1995. 839p.

LEITE, G. G.; EUCLIDES, V. P. B. Utilização de pastagens de *Brachiaria* spp. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 11., Piracicaba, 1994. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1994. p.267-298.

LOPES, A. S. **Solos sob "Cerrado"**: características, propriedades e manejo. 2.ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1984. 162p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

- MALAVOLTA, E.; PAULINO, V. T. Nutrição mineral e adubação do gênero *Brachiaria*. In: ENCONTRO SOBRE CAPINS DO GÊNERO *Brachiaria*, 2., Nova Odessa, 1991. **Anais**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1987. p.45-136.
- MALAVOLTA, E.; KLIEMNANN H. J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba: POTAFÓS, 1985. 136p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações** Piracicaba: POTAFÓS, 1989. 201p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MARTINEZ, H. E. P. Níveis críticos de fósforo em *Brachiaria decumbens* (Stapf) Prain, *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickerdt, *Digitaria decumbens* Stent, *Hypharrhenia rufa* (ness) Stapf, *Melinis minutiflora* Pal de Beauv, *Panicum maximum* Jacq. e *Pennisetum purpureum* Schum. Piracicaba, 1980. 90p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo.
- MARUN, F. Produção de matéria seca e nutrição mineral de gramíneas forrageiras em função da relação Ca/Mg do corretivo. Lavras, 1990. 81p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- MENGEL, L.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.

- MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. do *Brachiaria*: biology, agronomy and improvement. Cali: EMBRAPA-CNPGC/CIAT, 1996. 288p.
- MONTEIRO, F. A.; MATTOS, W. T. de; MARTIM, R. A. Produção de matéria seca e sua distribuição na parte aérea de braquiária decumbens sob níveis de fósforo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., Goiania, 1993, **Resumos expandidos**. Goiania.1993. p.249-250.
- MONTEIRO, F. A.; MATTOS, W. T. de; MARTIM, R. A. Partes das plantas e diagnose nutricional de fósforo em braquiária decumbens. In; CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. **Resumos expandidos**. Viçosa: UFV,1995a. p.556-557.
- MONTEIRO, F. A.; RAMOS, A. K. B.; CARVALHO, D. D. de; ABREU, J. B. R. de; DAJUB, J. A. S.; SILVA, J. E. P. da; NATALE, W. Cultivo de *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu em solução nutritiva com omissões de macronutrientes. **Scientia Agricola**, v.52, p.135-141, 1995b.
- MORIKAWA, C. K. Limitações nutricionais para o andropogon (*Andropogon gayanus*) e braquiarão (*Brachiaria brizantha*) em latossolo da região dos Campos das Vertentes - MG. Lavras, 1993. 136p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- PENG, S.; LAZA, M. R. C.; GARCIA, F. V.; CASSMAN, K. G. Chlorophyll meter estimates leaf area-based nitrogen concentration in rice **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.26, p.927-935, 1995.

- PETERSON, T. A.; BLACKMER, T. M.; FRANCIS, D. D.; SCHEPERS, J. S.
Using a chlorophyll meter to improve N management Nebraska: Institute of Agriculture and Natural Resources, 1993. (D-13)
- PIEKIELEK, W. P.; FOX, R. H.; TOTH, J. D.; MACNEAL, K. E. Use of a chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. **Agronomy Journal**, v.87, p.403-408, 1995.
- PREMAZZI, L. M. Saturação por bases como critério para recomendação de calagem em cinco forrageiras tropicais. Piracicaba, 1991. 215p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo.
- RAIJ, B. van **Fertilidade do solo e adubação** Piracicaba: Agronômica Ceres/POTAFOS, 1991. 343p.
- RAO, J. M.; KERRIDGE, P. C.; MACEDO, M. C. M. Nutritional requirements of *Brachiaria* and adaptation to acid soils In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. do *Brachiaria: biology, agronomy and improvement*. Cali: EMBRAPA-CNPGC/CIAT, 1996. cap.4, p.53-71.
- RENVOIZE, S. A.; CLAYTON, W. D.; KABUYE, C. H. S. Morphology, taxonomy, and natural distribution of *Brachiaria* (Trin.) Griseb. In: MILES, J. W. MAASS, B. L.; VALLE, C. B. do *Brachiaria: biology, agronomy and improvement*. Cali: EMBRAPA-CNPGC/CIAT, 1996. cap.1, p.1-15.

- RODRIGUES, L. R. de A.; REIS, R. A. Bases para o estabelecimento do manejo de capins do gênero *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 11., Piracicaba, 1994. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1994. p.197-218.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology** 4.ed. Belmont: Wadsworth Publ., 1992. 682p.
- SÁNCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in Tropical America. **Advances in Agronomy**. v.34, 1982. p.279-406.
- SANTOS, A. R. dos Diagnose e resposta do capim-braquiária submetido a doses de nitrogênio e enxofre. Piracicaba, 1997. 115p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'-Universidade de São Paulo.
- SARKIS, F.; FRARE, P. M.; MONTEIRO, F. A. Distribuição da parte aérea de *Brachiaria brizantha* submetida a doses de magnésio em solução nutritiva. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO., 4, Piracicaba, 1996. **Resumos**. São Paulo: USP, 1996. p.444.
- SARRUGE, J. R. Soluções nutritivas. **Summa Phytopatologica**. Jaguariúna, v.1, p.231-233, 1975.
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Química, 1974. 56p.

SAS INSTITUTE INCORPORATION. **The SAS-System for Windows** release 6.11 (software) Cary, 1996.

SILVA, J. E. P. da Parâmetros produtivos e atividade de fosfatase ácida em três gramíneas forrageiras cultivadas com doses de fósforo. Piracicaba, 1996. 81p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz'-Universidade de São Paulo.

SILVA, N. M. A. Produtividade e composição mineral das gramíneas forrageiras Andropogon cv. Planaltina e Colonião cv. Tobiata submetidas à níveis de potássio, cálcio e sódio. Piracicaba, 1992. 91p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo.

SILVA, S. C. da; PEDREIRA, C. G. S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGEM, 3., Jaboticabal, 1997. **Anais**. Jaboticabal: FUNEP, 1997. p.1-62.

SKERMAN, P. J.; RIVEROS, F. **Gramíneas tropicales**. Roma: FAO, 1982. 849p. (Coleção FAO, Producción y Protección Vegetal, 23.)

SMEAL, D.; ZHANG, H. Chlorophyll meter evaluation for nitrogen management in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.25, p.1495-1503, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood: The Benjamin/ Cummings Publ., 1991. 565p.

- TRUOG, E.; GOATES, R. J.; GERLOFF, G. C.; BERGER, K. C. Magnesium-phosphorus relationships in plant nutrition. **Soil Science**, v.63, p.19-25, 1947.
- TURNER, F. T.; JUND, M. F. Chlorophyll meter to predict nitrogen requirement for semid-warf rice. **Agronomy Journal**, v.83, p.926-928, 1991.
- VALLE, C. B. do; MILES, J. D. Melhoramento de gramíneas do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 11., Piracicaba, 1994. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1994. p.1-24.
- VITTI, G. C.; NAKAYAMA, L. H. I.; COUTE, L. Avaliação da eficiência agronômica relativa de um fosfato multimagnésiano em relação ao superfosfato triplo e simples. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., Petrolina, 1994. **Anais**. Petrolina: 1995. p.222-223.
- WERNER, J. C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa-SP: Instituto de Zootecnia, 1986. 49p. (Boletim Técnico, 18).
- WERNER, J. C.; HAAG, H. P. Estudos sobre a nutrição mineral de alguns capins tropicais. **Boletim de Indústria Animal**, v.29, p.191-245, 1972.
- WOOD, C.W.; TRACY, P. W.; REEVES, D. W.; EDMISTEN, K. L. Use of a Determination of cotton nitrogen status with a hand-held chlorophyll meter. **Journal of Plant Nutrition**, v.15, p.1435-1448, 1992.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C.; BARCELLOS, A O.; KICHEL, A N.
Estabelecimento e recuperação de pastagens de *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO
SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 11., Piracicaba, 1994. **Anais**.
Piracicaba: FEALQ, 1994. p.153-208.

ZIMMERMAN, M. Magnesium in plants. **Soil Science**, v.63, p.1-12, 1947.