



## Respostas morfológicas e produtivas do capim-marandu adubado com doses combinadas de nitrogênio e enxofre<sup>1</sup>

Karina Batista<sup>2</sup>, Francisco Antonio Monteiro<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Parte da tese de Mestrado da primeira autora apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, na área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas. Projeto apoiado pela FAPESP.

<sup>2</sup> Doutoranda em Solos e Nutrição de Plantas, bolsista da CAPES. Caixa Postal 9, CEP: 13418-900 Piracicaba-SP.

<sup>3</sup> Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, bolsista do CNPq. Caixa Postal 9, CEP: 13418-900 Piracicaba-SP.

**RESUMO** - Avaliaram-se os efeitos de combinações de doses de nitrogênio com doses de enxofre nas respostas morfológicas e produtivas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada em solução nutritiva, utilizando-se sílica como substrato, em um experimento em casa de vegetação no período da primavera. Utilizou-se o esquema fatorial 5<sup>2</sup> fracionado, com 13 combinações para nitrogênio e enxofre na solução nutritiva, em mg L<sup>-1</sup>: 14 e 3,2; 14 e 32; 14 e 80; 126 e 12,8; 126 e 64; 210 e 3,2; 210 e 32; 210 e 80; 336 e 12,8; 336 e 64; 462 e 3,2; 462 e 32; e 462 e 80, as quais foram distribuídas segundo o delineamento estatístico de blocos ao acaso, com quatro repetições. As avaliações foram realizadas em dois estádios de crescimento das plantas. Os resultados demonstraram que o fornecimento de enxofre é fundamental quando se aplica o nitrogênio. Para a maximização do número de perfilhos e de folhas, da produção de massa seca de folhas, de colmos+bainhas e da parte aérea, da área foliar e da taxa de aparecimento de folhas do capim-marandu, a combinação deve ser, no mínimo, de 358 mg L<sup>-1</sup> para nitrogênio com 56 mg L<sup>-1</sup> de enxofre. A taxa máxima de aparecimento de folhas para o capim-marandu ocorreu na dose de enxofre de 42 mg L<sup>-1</sup>.

Palavras-chave: área foliar, *Brachiaria brizantha*, folhas, massa seca, perfilhos

## Morphological and productive responses of marandugrass to combined rates of nitrogen and sulphur

**ABSTRACT** - This experiment was carried out in a greenhouse during the spring to study combinations of nitrogen and sulphur rates on *Brachiaria brizantha* cv. Marandu growing in nutrient solution and using ground quartz as substrate. It was set in a fractionated 5<sup>2</sup> factorial arrangement, with five rates of nitrogen and five rates of sulphur. The resulting 13 combinations were, in mg L<sup>-1</sup>: 14 and 3.2, 14 and 32, 14 and 80, 126 and 12.8, 126 and 64, 210 and 3.2, 210 and 32, 210 and 80, 336 and 12.8, 336 and 64, 462 and 3.2, 462 and 32, and 462 and 80. The experimental units were set in randomized blocks design, with four replications. Plants had two growth periods. The results showed that high availability of sulphur is required when nitrogen is supplied for total tiller number, leaf number, leaf dry matter yield, stems plus sheaths and plant tops, leaf area and leaf appearance rate. In order to maximize these variables for the marandugrass, it is necessary the minimum combination of 358 mg L<sup>-1</sup> of nitrogen with 56 mg L<sup>-1</sup> of sulphur. The highest leaf appearance rate for marandugrass occurred in the sulphur rate of 42 mg L<sup>-1</sup>.

Key Words: *Brachiaria brizantha*, forage dry mass, leaves, leaf area, tillers

### Introdução

A exploração racional de pastagens requer cuidados principalmente quanto ao fornecimento de nutrientes em quantidade e proporção adequadas às plantas. Entre os macronutrientes, o nitrogênio é o responsável pela produtividade da forrageira, pois permite, estando todos os outros nutrientes em quantidades adequadas, que a planta desenvolva o seu potencial de produtividade (Werner, 1986). Por outro lado, plantas deficientes em enxofre têm inter-

rompido a síntese de proteínas, reduzindo o crescimento (Marschner, 1995).

Estudos têm sido desenvolvidos para avaliar as respostas de gramíneas forrageiras tropicais às aplicações individuais de nitrogênio e enxofre. Entre outras características, têm-se avaliado a emissão de perfilhos e folhas e a produção de massa seca pela parte aérea das plantas (Ferrari Neto, 1991; Faquin et al., 1995; Marques et al., 1995; Monteiro et al., 1995; Santos & Monteiro, 1999). Entretanto, a importância da relação no fornecimento destes dois nutrientes

para as forrageiras ainda é pouco abordada, embora nos anos mais recentes tenha havido a preocupação com estudos sobre as relações entre nitrogênio e magnésio (Corrêa, 1996), fósforo e magnésio (Almeida, 1998), nitrogênio e potássio (Ferragine & Monteiro, 1999; Lavres Jr. & Monteiro, 2002) e potássio e magnésio (Pereira, 2001).

A relação entre nitrogênio e enxofre foi tratada, entre outros, por Dijkshoorn & Lampe (1960), Werner & Monteiro (1988), Guedes et al. (2000) e Braga (2001), com ênfase na obtenção de relação adequada ao desenvolvimento das gramíneas, possibilitando ganho na produção e na qualidade das plantas. Estes autores ressaltaram que a utilização eficiente do nitrogênio está relacionada ao uso de adubos portadores de enxofre e mostraram a importância do equilíbrio entre as quantidades de nitrogênio e enxofre no crescimento e no estado nutricional das plantas.

Mattos (2001), avaliando a recuperação de pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* com suprimento de nitrogênio e enxofre, observou que a produção de massa seca da gramínea, em dois estádios de crescimento, foi relacionada à presença conjunta de nitrogênio e enxofre na adubação. Em doses similares de nitrogênio, a ausência de aplicação de enxofre implicou na redução de 23% da produção de massa seca da parte aérea em relação à obtida com as outras doses utilizadas de enxofre.

Quanto ao perfilhamento e à emissão de folhas pelos capins tropicais, pouco se sabe sobre a interferência da relação entre as doses supridas de nitrogênio e enxofre. Entretanto, trabalhos como os de Monteiro et al. (1995), Corrêa (1996), Lavres Jr. & Monteiro (2003) e Santos Jr. (2001) demonstraram que, quando o nitrogênio está deficiente nas plantas, o desenvolvimento de perfilhos é inibido, enquanto a deficiência de enxofre promove redução no perfilhamento de capins (Guedes et al., 2000; Mattos, 2001).

Um importante parâmetro para a análise de crescimento e desenvolvimento das plantas é a área foliar. Santos Jr. & Monteiro (2003), analisando a dinâmica de crescimento e nutrição do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio, observaram que tanto a produção de massa seca como a área foliar foram significativamente alteradas pelas doses de nitrogênio.

Partindo-se da hipótese de que a combinação no suprimento entre o nitrogênio e o enxofre seja fundamental para os parâmetros morfológicos e produtivos das gramíneas, objetivou-se avaliar as respostas – emissão de perfilhos e folhas, produção de massa seca de folhas, de colmos+bainhas e da parte aérea, área foliar total (AFT) e taxa de aparecimento de folhas (TAF) – da *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu a combinações de doses de nitrogênio e enxofre.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido durante a primavera em uma casa de vegetação localizada em Piracicaba - SP, com a gramínea forrageira *Brachiaria brizantha* Stapf. cultivar Marandu. Foram usados vasos plásticos com capacidade de 3,6 L, tendo sílica como substrato.

Foram testadas combinações de cinco doses de nitrogênio e cinco de enxofre, em conformidade com o esquema fatorial  $5^2$  fracionado, descrito por Littell & Mott (1975). Assim, as 13 combinações estudadas para nitrogênio e enxofre na solução nutritiva, expressos em  $\text{mg L}^{-1}$ , foram: 14 e 3,2; 14 e 32; 14 e 80; 126 e 12,8; 126 e 64; 210 e 3,2; 210 e 32; 210 e 80; 336 e 12,8; 336 e 64; 462 e 3,2; 462 e 32; e 462 e 80. O nitrogênio foi fornecido 70% como nitrato e 30% como amônio. As doses dos demais nutrientes foram as recomendadas na solução de Sarruge (1975). Os vasos foram distribuídos segundo o delineamento estatístico de blocos ao acaso, com quatro repetições.

Colocaram-se as sementes do capim para germinar em bandejas plásticas contendo areia lavada em água corrente e, posteriormente, em água desionizada. As bandejas receberam periodicamente água desionizada e aos 15 dias após a semeadura, quando as plântulas atingiram cerca de 4 cm de altura, realizou-se o transplante de 15 mudas para cada vaso. Logo após o transplante e durante o período de três dias, cada vaso recebeu 1 L de solução diluída a 1/3 da concentração total correspondente a cada combinação estudada. Após esse estágio, a solução com concentração definitiva foi adicionada.

Ao término do período inicial de desenvolvimento das plântulas e após o desbaste até a permanência de cinco plantas por vaso, iniciou-se a contagem de folhas e de perfilhos, os quais foram totalizados em cada um dos dois estádios de crescimento da gramínea.

As avaliações foram realizadas em dois cortes das plantas: o primeiro aos 39 dias após o transplante das mudas e o segundo aos 40 dias após o primeiro. O material colhido foi separado nas frações folhas emergentes, lâminas das duas folhas recém-expandidas, lâminas das folhas maduras e dos colmos+bainhas, para determinação da produção da parte aérea, por meio da soma da massa seca dessas frações.

A avaliação da área foliar total (AFT) foi realizada com auxílio de um integrador de área foliar, imediatamente após o corte das plantas. Todo material colhido foi mantido em estufa de circulação forçada (a 70°C, até massa constante) e posteriormente foi pesado.

A produção de massa seca por perfilho foi obtida pela divisão da produção de massa seca da parte aérea pelo

número de perfilhos emitidos. A taxa de aparecimento de folhas (TSF) foi obtida pela relação entre o número de folhas por perfilho e o período de avaliação, de acordo com Ferragine et al. (2001).

Os resultados receberam tratamento estatístico, com análise em superfície de resposta com auxílio do Statistical Analysis System (SAS, 1996), adotando-se nível de 5% de significância. Inicialmente, foi realizada a análise de variância e, em função da significância do teste F, efetuou-se o estudo de regressão polinomial (para os casos com interação significativa), por meio do procedimento RSREG, ou de regressão com modelos de primeiro e segundo grau para as doses do nutriente (para os casos de interação não-significativa), por meio do procedimento GLM. Os pontos de máxima e mínima resposta para as doses de nitrogênio e enxofre foram obtidos na análise de superfície de resposta efetuada pelo SAS.

## Resultados e Discussão

O número total de perfilhos no primeiro corte do capim-marandu foi influenciado apenas pelas doses de nitrogênio fornecidas na solução nutritiva, enquanto a interação doses de nitrogênio  $\times$  doses de enxofre foi significativa por ocasião do segundo corte. Ferrari Neto (1991) também observou que o perfilhamento da *Brachiaria decumbens* é alterado pelas omissões tanto de nitrogênio como de enxofre.

A dose de nitrogênio de 343 mg L<sup>-1</sup> foi responsável pelo máximo perfilhamento do capim-marandu no primeiro corte (Figura 1A). Resultado semelhante foi observado por Santos Jr. (2001), que obteve, com a mesma gramínea, o máximo perfilhamento nas doses de nitrogênio de 305 e 300 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, nas idades de 35 e 42 dias, quando o enxofre foi de 32 mg L<sup>-1</sup> na solução nutritiva.

No segundo corte (Figura 1B), a máxima produção de perfilhos foi observada na dose de nitrogênio de 416 mg L<sup>-1</sup> associada à dose de enxofre de 56,6 mg L<sup>-1</sup>, com relação entre essas doses de 7,3:1. Os resultados demonstraram que o aumento no suprimento de enxofre foi necessário para a maior expressão da resposta ao fornecimento de nitrogênio.

No primeiro corte, o número máximo de perfilhos foi três vezes maior que o mínimo, confirmando que a disponibilidade de nitrogênio interfere diretamente no perfilhamento do capim. No segundo corte, o número máximo de perfilhos foi 41 vezes maior (com 416 mg L<sup>-1</sup> de nitrogênio e 56,6 mg L<sup>-1</sup> de enxofre) que o mínimo (com 14 mg L<sup>-1</sup> de nitrogênio e 3,2 mg L<sup>-1</sup> de enxofre). O fato de o número de perfilhos ser mais elevado no segundo que no primeiro corte pode ser

explicado pela maior concentração de energia na planta no período inicial de crescimento para o seu estabelecimento e a formação do sistema radicular e da parte aérea. No segundo corte, a planta já estabelecida possui maior volume radicular (que continuou se desenvolvendo após o primeiro corte) e capacidade para absorver maior quantidade de nutrientes para ser metabolizado. Também, como relatado por Langer (1974), o corte das plantas estimula o perfilhamento pelo aumento da intensidade luminosa que alcança as gemas basais e pela quebra de dominância apical.

Para o número total de folhas do capim-marandu, tanto à época do primeiro como do segundo corte das plantas, a interação doses de nitrogênio  $\times$  doses de enxofre foi signi-

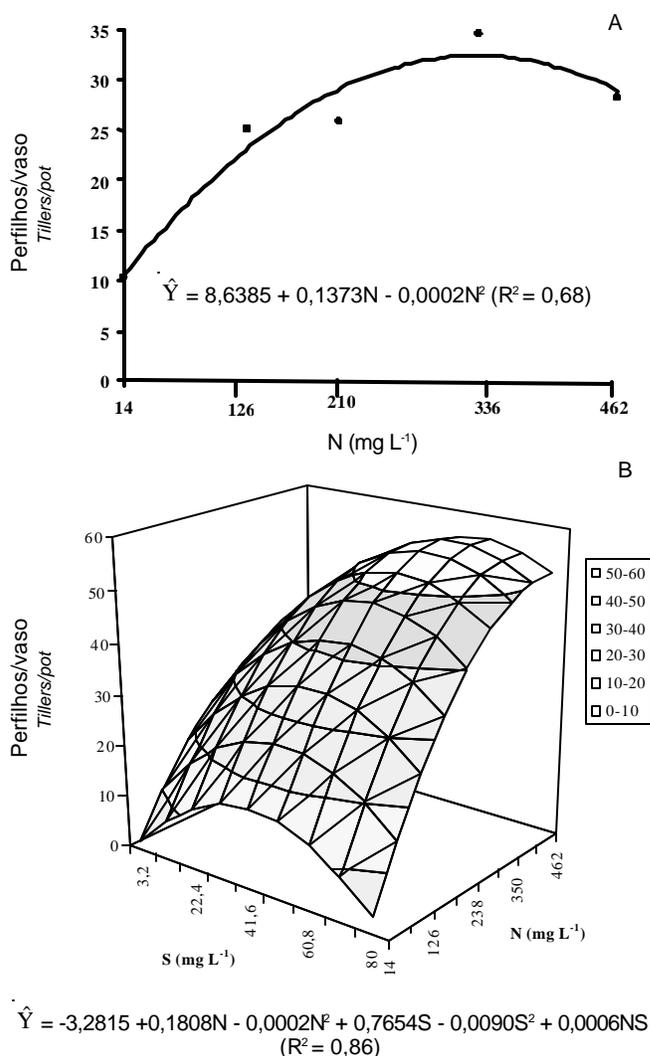


Figura 1 - Número de perfilhos por vaso no primeiro (A) e segundo (B) cortes do capim-marandu, respectivamente, em função das doses de nitrogênio e das combinações de doses de nitrogênio e enxofre.

Figure 1 - Total tiller number per pot, at the first (A) and second (B) harvests of marandugrass, respectively, as a function of nitrogen rates and combinations of nitrogen and sulphur rates.

ficativa. O estudo da superfície de resposta do número total de folhas no primeiro corte (Figura 2A) demonstrou que a dose de nitrogênio de 358,8 mg L<sup>-1</sup>, associada à de enxofre de 65,9 mg L<sup>-1</sup>, promoveu a maximização do número de folhas (com relação entre as doses de 5,4:1). No segundo corte, a superfície de resposta indicou que o maior número de folhas ocorreu na combinação de doses de nitrogênio de 379 mg L<sup>-1</sup> com enxofre de 59 mg L<sup>-1</sup> e na relação entre doses de 6,4:1 (Figura 2B). Esses resultados demonstraram que, para o máximo número de folhas, foi necessário alto suprimento de nitrogênio (superior a 210 mg L<sup>-1</sup> normal da solução de Sarruge), acompanhado pelo de enxofre. Neste

contexto, como na pastagem é interessante ter mais folhas e perfilhos, fica evidente que o fornecimento de maior quantidade de nitrogênio à gramínea deve ser acompanhado de adequado suprimento de enxofre.

Em condições de doses moderadas de nitrogênio (14 a 126 mg L<sup>-1</sup>), o incremento no número total de folhas mostrou-se independente das doses de enxofre em ambos os cortes (Figura 2). A partir dessas doses intermediárias de nitrogênio, maior número de folhas somente é alcançado se o fornecimento de enxofre é incrementado. A necessidade do equilíbrio no fornecimento de nitrogênio e enxofre torna-se, portanto, fator relevante principalmente sob manejo intensivo.

O estudo da superfície de resposta da emissão tanto do número de perfilhos como de folhas no segundo corte demonstrou a formação de platô nas respostas às combinações de doses de nitrogênio e enxofre. Para o número de perfilhos, esse platô foi formado entre as doses de nitrogênio de 350 e 462 mg L<sup>-1</sup>, associadas às doses de enxofre de 41,6 e 70,4 mg L<sup>-1</sup>. Para o número de folhas, o referido platô foi formado entre as combinações de doses de nitrogênio de 350 a 406 mg L<sup>-1</sup>, associadas às doses de enxofre de 22,4 a 32 mg L<sup>-1</sup>.

A interação doses de nitrogênio × doses de enxofre foi significativa para a produção de massa seca de folhas, de colmos+bainhas e da parte aérea na época do primeiro corte. Na ocasião do segundo corte, essa interação também foi significativa para a produção de colmos+bainhas. Entretanto, à época do segundo corte, as produções de massa seca de folhas e da parte aérea apresentaram respostas significativas apenas para as doses de nitrogênio.

No primeiro corte, observou-se que, em doses baixa ou moderada de nitrogênio, a elevação na produção de massa seca de folhas dependeu basicamente das doses de nitrogênio, havendo resposta à aplicação do enxofre apenas sob doses mais elevadas de nitrogênio. As maiores produções de massa foliar foram observadas nas doses mais elevadas de nitrogênio e enxofre, ocorrendo o início da formação de platô na dose de nitrogênio de 350 mg L<sup>-1</sup> associada às doses de enxofre de 60 a 80 mg L<sup>-1</sup> (Figura 3A), que são mais elevadas que as da solução de Sarruge (nitrogênio de 210 mg L<sup>-1</sup> e enxofre 64 mg L<sup>-1</sup>), demonstrando mais uma vez que, ao elevar o suprimento de nitrogênio, é necessário aumentar o fornecimento de enxofre.

A produção de massa foliar no segundo corte, diferentemente do número de folhas, apresentou respostas significativas apenas às doses de nitrogênio, com os resultados ajustando-se a modelo quadrático, a partir do qual determinou-se que a máxima produção correspondeu à dose de nitrogênio de 369,8 mg L<sup>-1</sup> (Figura 4A).

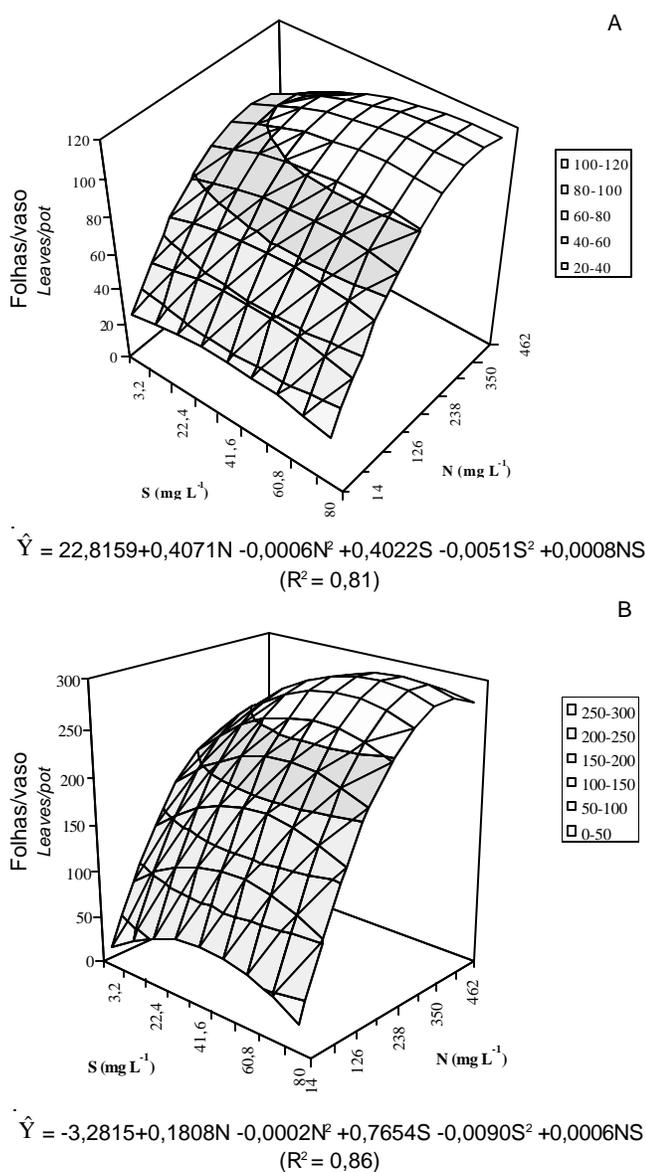


Figura 2 - Número total de folhas por vaso no primeiro (A) e segundo (B) cortes do capim-marandú, em função das combinações de doses de nitrogênio e enxofre.

Figure 2 - Total leaf number per pot, at the first (A) and second (B) harvests of marandugrass, as related to the combinations of nitrogen and sulphur rates.

A máxima produção de massa seca de colmos+bainhas no primeiro corte (Figura 3B) foi observada na dose de nitrogênio de 404,6 mg L<sup>-1</sup> associada à de enxofre de 95,8 mg L<sup>-1</sup> (relação de 4,2:1 entre essas doses). Entretanto, na ocasião do segundo corte (Figura 4B), a máxima produção de massa seca de colmos+bainhas foi alcançada na dose de nitrogênio de 393,5 mg L<sup>-1</sup> associada à de enxofre de 58,1 mg L<sup>-1</sup> (relação entre doses de 6,8:1). A relação entre as doses de nitrogênio e as de enxofre indicou que, no segundo corte, a utilização de mais nitrogênio para cada unidade de enxofre fornecido resulta na maximização da produção de colmos+bainhas.

Em *Brachiaria decumbens*, a dose de nitrogênio de 434 mg L<sup>-1</sup> foi relatada por Ferragine & Monteiro (1999) como responsável pela maior produção de massa seca de colmos+bainhas na ocasião do primeiro corte. Alexandrino (2000) também observou, com o aumento das doses de nitrogênio, incrementos na produção de massa seca de colmos+bainhas do capim-marandu aos 48 dias de rebrotação.

Para a massa seca da parte aérea no primeiro corte do capim-marandu (Figura 3C), estimou-se que a máxima produção seria observada em doses de nitrogênio e enxofre superiores às estudadas (nitrogênio de 510,8 mg L<sup>-1</sup> associado à dose de enxofre de 210 mg L<sup>-1</sup>). Essa dose de enxofre foi superior à observada por Santos & Monteiro (1999), que relataram que as doses de enxofre de 78 e 62 mg L<sup>-1</sup> foram responsáveis pela maximização das produções de massa seca da parte aérea no primeiro e segundo cortes da *Brachiaria decumbens*. A dose de nitrogênio para maximização da produção da parte aérea neste experimento foi mais elevada que os 234 mg L<sup>-1</sup> encontrados por Ferragine & Monteiro (1999), em *Brachiaria decumbens* no primeiro corte.

Ferragine & Monteiro (1999) ressaltaram que o equilíbrio entre as doses de nutrientes, no caso nitrogênio e potássio, é muito importante para a produção de massa seca da parte aérea de plantas forrageiras. De forma similar, demonstrou-se, neste estudo, que o equilíbrio entre o nitrogênio e enxofre é fundamental para a maximização da produção de massa seca da parte aérea do capim-marandu.

No primeiro corte, a produção de massa seca da parte aérea com baixos suprimentos de nitrogênio (14 mg L<sup>-1</sup>) e de enxofre (3,2 mg L<sup>-1</sup>) representou 8,7% da máxima alcançada. Na ocasião do segundo corte, a dose de nitrogênio para a maximização da produção de massa seca da parte aérea foi de 463,75 mg L<sup>-1</sup> (Figura 4C) e a produção com baixo suprimento de nitrogênio representou 8% da máxima.

No segundo corte, a produção da parte aérea foi maior que a do primeiro corte, o que pode ser atribuído à necessidade maior de energia para o desenvolvimento e a forma-

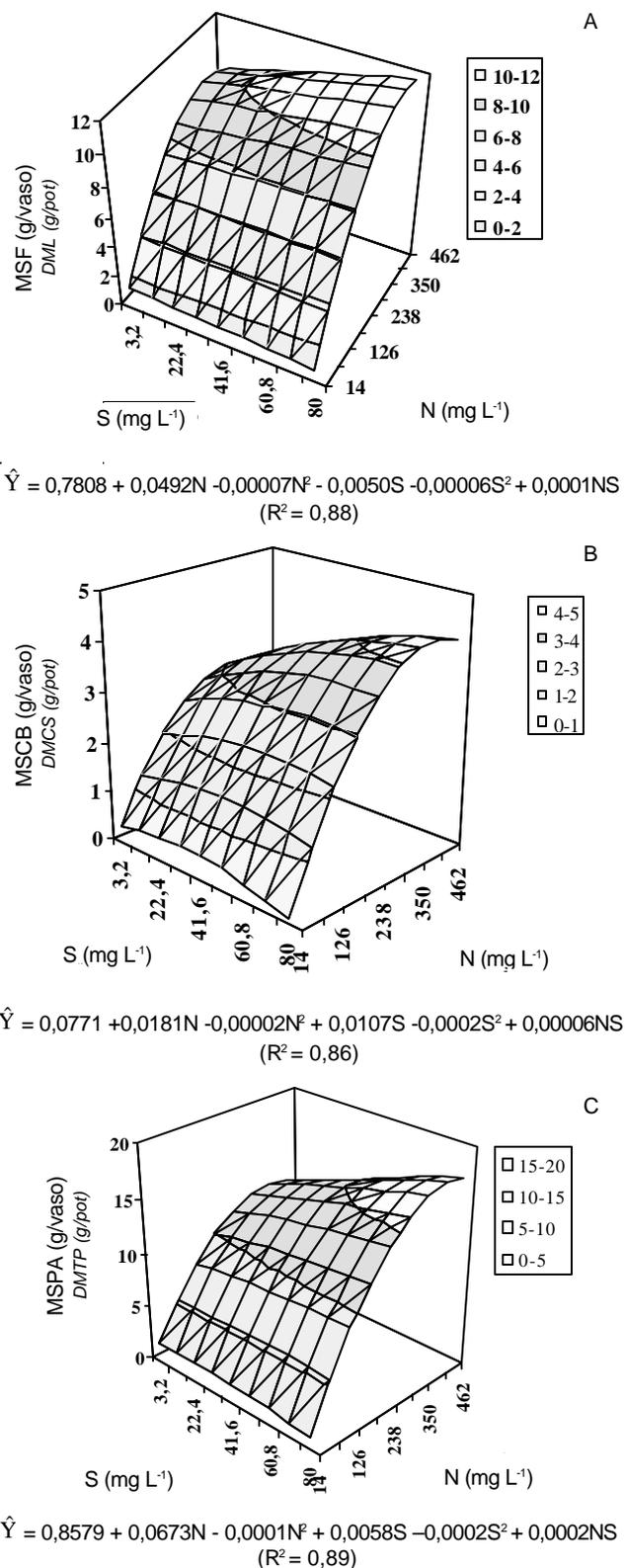


Figura 3 - Produção de massa seca de folhas-MSF (A), de colmos + bainhas-MSCB (B) e da parte aérea-MSPA (C) no primeiro corte do capim-marandu, em função das combinações de doses de nitrogênio e enxofre.

Figure 3 - Dry matter yield of leaves-DML (A), of stems plus sheaths-DMCS (B) and plant tops-DMTP (C), at the first harvest of marandugrass, as related to the combinations of nitrogen and sulphur rates.

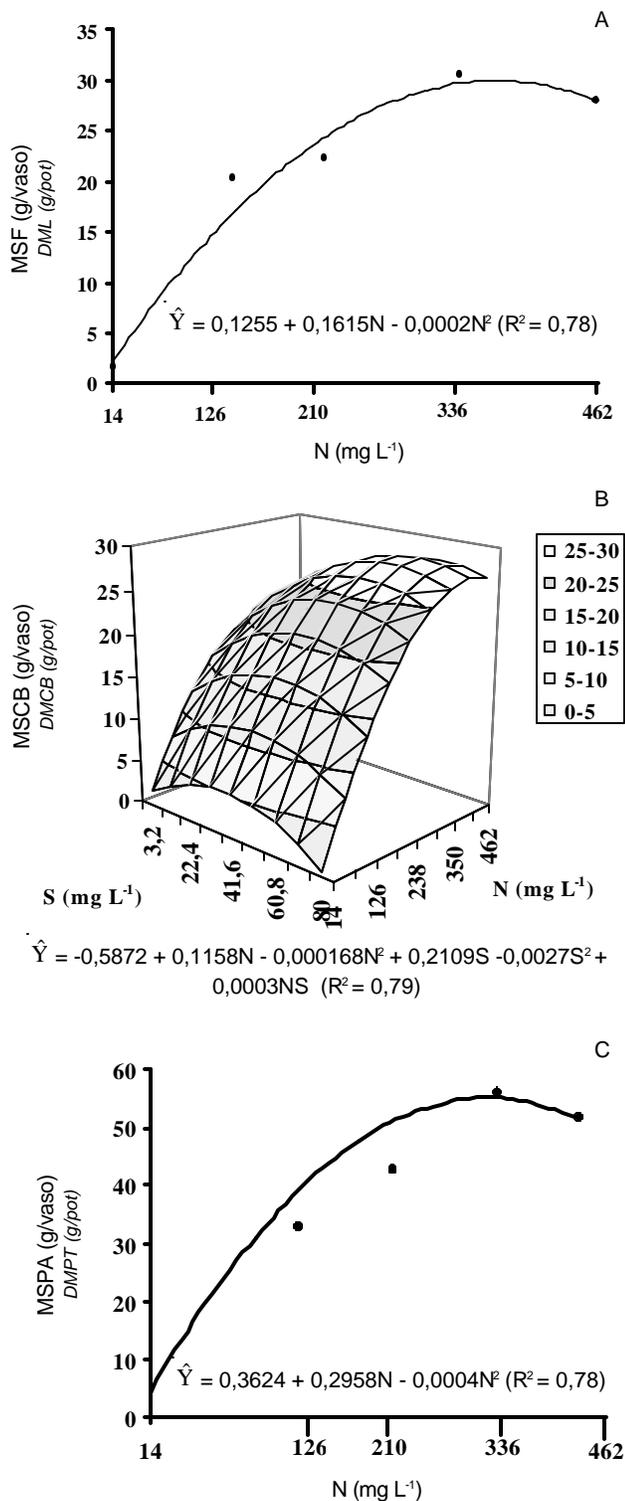


Figura 4 - Produções de massa seca de folhas-MSF (A) em função das doses de nitrogênio, e de colmos + bainhas-MSCB (B), em função das combinações de doses de nitrogênio e enxofre e da parte aérea - MSPA (C), em função das doses de nitrogênio na ocasião do segundo corte do capim-marandú.

Figure 4 - Dry matter yield of leaves-DML (A) as related to the nitrogen rates, stems plus sheaths-DMCB (B) as related to the combinations of nitrogen and sulphur rates and plant tops-DMPT (C) as related to the nitrogen rates, at the second harvest of marandugrass.

ção do sistema radicular e da estrutura da parte aérea no estabelecimento das plantas. No segundo corte, como a planta já estava com seu sistema radicular formado, a maior parte da energia foi destinada apenas ao desenvolvimento da parte aérea e contribuiu para a obtenção de maior valor da produção de massa seca. Abreu & Monteiro (1999) apontaram que as maiores produções de massa seca da parte aérea foram obtidas no crescimento final do capim-marandú e justificaram essa resposta ao maior acúmulo de carboidratos não-estruturais, que são mobilizados nas raízes e na base dos colmos e transportados para a parte aérea durante a rebrotação.

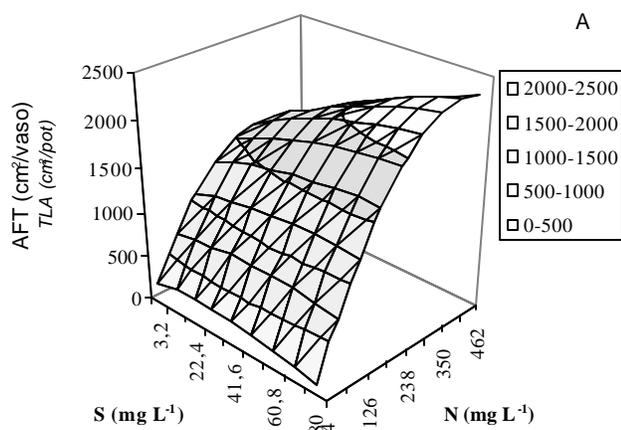
O exame da produção de massa seca da parte aérea no primeiro corte (Figura 3C) mostrou que, em condições de baixo fornecimento de nitrogênio, o incremento no suprimento de enxofre não resultou em aumento da produção. No entanto, à medida em que se aumentou a dose de nitrogênio, associada às doses de enxofre, ocorreu incremento paralelo na produção de massa seca da parte aérea.

A interação doses de nitrogênio × doses de enxofre foi significativa para a área foliar na ocasião do primeiro e segundo cortes (Figura 5). No primeiro corte, a máxima área foliar ocorreu em doses mais elevadas que as estudadas (dose de nitrogênio de 479,7 mg L<sup>-1</sup> associada à dose de enxofre de 147 mg L<sup>-1</sup>). A área foliar no primeiro corte, com baixos suprimentos de nitrogênio e enxofre, representou 9,5% da máxima área foliar, evidenciando o grande potencial de resposta a estes nutrientes.

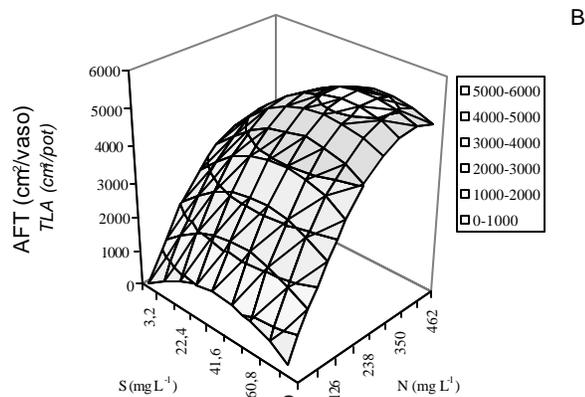
No segundo corte, o estudo da superfície de resposta demonstrou que a dose de nitrogênio de 381,6 mg L<sup>-1</sup> combinada com a dose de enxofre de 54,8 mg L<sup>-1</sup> (relação entre doses de 7:1) resultou na máxima área foliar (Figura 5B). A área foliar no segundo corte representou 3% da máxima área foliar em condições de baixo suprimento de nitrogênio e enxofre.

Comparando-se os dois períodos de crescimento, a máxima área foliar do capim-marandú foi 51% maior no segundo corte. No segundo corte, ocorreu a formação de um platô de máxima área foliar entre as doses de nitrogênio de 350 e 406 mg L<sup>-1</sup> combinadas com as doses de enxofre de 41,6 a 60,8 mg L<sup>-1</sup> (Figura 5B). Esses resultados confirmam a necessidade do fornecimento conjunto de nitrogênio e enxofre, como recomendado por Mattos (2001), que observou, no primeiro corte da *Brachiaria decumbens*, efeito significativo na área foliar para as doses de nitrogênio dentro de cada dose de enxofre. Esse mesmo autor também relatou, para área foliar, significância da aplicação de enxofre dentro de doses intermediária e alta de nitrogênio no segundo corte.

No segundo corte, o número de perfilhos do capim-marandú foi duas vezes maior que o do primeiro corte e o



$$\hat{Y} = 105,6811 + 9,1469N - 0,0147N^2 + 3,3624S - 0,0661S^2 + 0,0335NS \quad (R^2 = 0,92)$$



$$\hat{Y} = -309,1404 + 21,4086N - 0,0306N^2 + 50,9832S - 0,5891S^2 - 0,0355NS \quad (R^2 = 0,91)$$

Figura 5 - Área foliar total (AFT) no primeiro (A) e segundo (B) cortes do capim-marandu em função das combinações de doses de nitrogênio e enxofre.

Figure 5 - Total leaf area (TLA) at the first (A) and second (B) harvests of marandugrass, as related to the combinations of the nitrogen and sulphur rates.

número de folhas foi mais que o dobro, demonstrando, portanto, que houve maior gasto de energia para a produção de tecido foliar, o que, conseqüentemente, interferiu na área foliar. Isto pode ser justificado por Chapman & Lemaire (2003), que, descrevendo os determinantes morfogênicos e estruturais do crescimento de plantas após a desfolhação, ressaltaram que os nutrientes (entre os quais o nitrogênio e o enxofre) atuam diretamente na taxa de aparecimento de folhas, que, por sua vez, altera a densidade de perfilhos e o número de folhas por perfilhos, atuando na área foliar. A interação doses de nitrogênio  $\times$  doses de enxofre não foi significativa para a taxa de aparecimento de folhas no primeiro e segundo cortes. Entretanto, no primeiro corte, constatou-se resposta apenas às doses de enxofre (Figura 6),

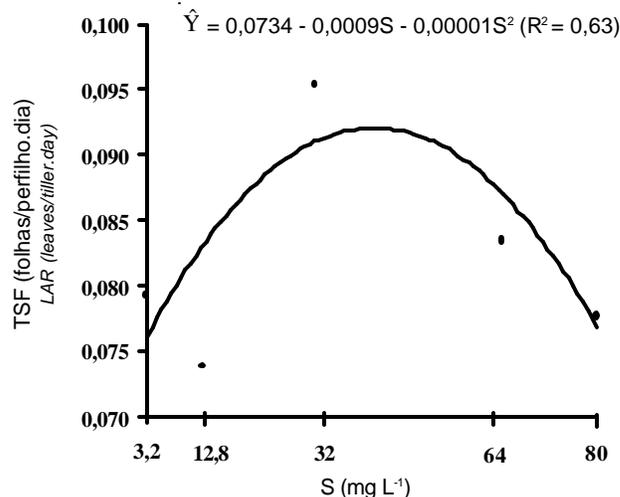


Figura 6 - Taxa de aparecimento de folhas (TSF) no primeiro corte do capim-marandu em função das doses de enxofre.

Figure 6 - Leaf appearance rate (LAR) at the first growth of marandugrass, as related to sulphur rates.

provavelmente porque o nitrogênio presente supria a necessidade da planta enquanto o suprimento de enxofre estava abaixo do necessário e porque a planta exigia suprimento maior de enxofre para se equilibrar ao nitrogênio presente. Entretanto, a partir do momento em que a gramínea atingiu a máxima taxa de aparecimento, o aumento de enxofre resultou em respostas negativas, o que provavelmente decorreu da falta de nitrogênio em presença de doses elevadas de enxofre. A máxima taxa de surgimento de folhas (0,092 folhas/perfilho.dia) no primeiro corte ocorreu na dose de enxofre de 42 mg L<sup>-1</sup>. Resultados diferentes foram observados por Ferragine et al. (2001), em *Brachiaria decumbens*, em que o nitrogênio afetou a taxa de aparecimento de folhas nos dois períodos de crescimento.

## Conclusões

A disponibilização de enxofre quando se incrementa o fornecimento de nitrogênio para o capim-marandu é fundamental para o aumento do número total de perfilhos e de folhas e da produção de massa seca de folhas, de colmos+bainhas e da parte aérea e da área foliar. Para a maximização dessas características do capim-marandu, deve ser realizado o fornecimento combinado de nitrogênio e enxofre.

## Literatura Citada

ABREU, J.B.R.; MONTEIRO, F.A. Produção e nutrição do capim-Marandu em função de adubação nitrogenada e estádios de crescimento. *Boletim de Indústria Animal*, v.56, n.2, p.137-146, 1999.

- ALEXANDRINO, E. **Crescimento e características químicas e morfológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a cortes e diferentes doses de nitrogênio.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 132p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- ALMEIDA, J.C.R. **Combinação de doses de fósforo e magnésio na produção e nutrição de duas braquiárias.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1998. 124p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1998.
- BRAGA, G.J. **Resposta do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) a doses de nitrogênio e intervalos de corte.** Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, 2001. 121p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, 2001.
- CHAPMAN, D.F.; LAMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North: New Zealand Grassland Association, 1993. p.95-104.
- CORRÊA, B.D. **Doses de nitrogênio e magnésio afetando aspectos produtivos e bioquímicos dos capins Colômbio, Tanzânia-1 e Vencedor.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1996. 124p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1996.
- DIJKSHOORN, W.; LAMPE, J.E.M. A method of diagnosing the sulphur nutrition status of herbage. **Plant and Soil**, v.13, n.3, p.227-241, 1960.
- FAQUIN, V.; CURTI, N.; MARQUES, J.J.G.S.M.; et al. Limitações nutricionais para gramíneas forrageiras em Cambissolo álico da microregião Campos da Mantiqueira-MG, Brasil. 2. Nutrição em macro e micronutrientes. **Pasturas Tropicais**, v.17, n.3, p.17-22, 1995.
- FERRARI NETO, J. **Limitações nutricionais para o Colômbio (*Panicum maximum* Jacq.) e Braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) em Latossolo da região noroeste do Estado de Paraná.** Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1991. 126p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1991.
- FERRAGINE, M.C.; MONTEIRO, F.A. Combinação de doses de nitrogênio e potássio na nutrição mineral de capim-Braquiária. **Boletim de Indústria Animal**, v.56, n.1, p.25-33, 1999.
- FERRAGINE, M.D.C; MONTEIRO, F.A.; DA SILVA, S.C. Leaf appearance rate in *Brachiaria decumbens* grown in nitrogen and potassium rates. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings...** São Pedro: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 2001. p.69-70.
- GUEDES, L.M.; GRAÇA, D.S.; MORAIS, M.G. et al. [2000] Influência da aplicação de gesso na produção de matéria seca, na relação nitrogênio: enxofre e concentrações de enxofre, cobre, nitrogênio e nitrato em pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.52, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br> Acesso em: 10/04/2001.
- LANGER, R.H.M. **How grasses grow.** London: Edward Arnold, 1974. 66p.
- LAVRES JR., J.; MONTEIRO, F.A. Combinações de doses de nitrogênio e potássio para a produção e nutrição do capim-Mombaça. **Boletim de Indústria Animal**, v.59, n.2, p.101-114, 2002.
- LAVRES JR., J.; MONTEIRO, F.A. Perfilamento, área foliar e sistema radicular do capim-Mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1068-1075, 2003.
- LITTELL, R.C.; MOTT, G.O. Computer assisted design and analysis of response surface experiments in agronomy. **Soil and Crop Society of Florida Proceedings**, v.34, n.1, p.94-97, 1975.
- MARSHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MARQUES, J.J.G.S.M.; CURTI, N.; FAQUIN, V. et al. Limitações nutricionais para gramíneas forrageiras em Cambissolo álico da Microregião Campos da Mantiqueira-MG, Brasil. Produção de matéria seca e perfilamento. **Pasturas Tropicais**, v.17, n.3, p.12-16, 1995.
- MATTOS, W.T. **Avaliação de pastagem de capim-Braquiária em degradação e sua recuperação com suprimento de nitrogênio e enxofre.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2001. 97p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2001.
- MONTEIRO, F.A.; RAMOS, A.K.B.; CARVALHO, D.D. et al. Cultivo de *Brachiaria brizantha* Stapf. cultivar Marandu em solução nutritiva com omissão de macronutrientes. **Scientia Agrícola**, v.52, n.1, p.135-141, 1995.
- PEREIRA, W.L.M. **Doses de potássio e de magnésio em solução nutritiva para capim-Mombaça.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2001. 124p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2001.
- SANTOS, A.R.; MONTEIRO, F.A. Produção e perfilamento de *Brachiaria decumbens* Stapf. em função de doses de enxofre. **Scientia Agrícola**, v.56, n.3, p.689-692, 1999.
- SANTOS JR., J.D.G. **Dinâmica de crescimento e nutrição do capim-Marandu submetido a doses de nitrogênio.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2001. 79p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2001.
- SANTOS JR., J.D.G.; MONTEIRO, F.A. Nutrição em nitrogênio do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio e idades de crescimento. **Boletim de Indústria Animal**, v.60, n.1, p.139-146, 2003.
- SARRUGE, J.R. Soluções nutritivas. **Summa Phytopathologica**, v.1, n.3, p.231-233, 1975.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **The SAS - system for windows:** release 6.08 (software). Cary: 1996.
- WERNER, J.C. **Adubação de pastagens.** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49p. (Boletim Técnico, 18).
- WERNER, J.C.; MONTEIRO, F.A. Respostas das pastagens a aplicação de enxofre. In: Simpósio: ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1988, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa, CNPS; IAPAR, 1988. p.87-102.

Recebido: 10/05/05  
Aprovado: 07/02/06