

NUTRIÇÃO EM NITROGÊNIO DO CAPIM-MARANDU SUBMETIDO A DOSES DE NITROGÊNIO E IDADES DE CRESCIMENTO¹

JOÃO DE DEUS GOMES SANTOS JUNIOR², FRANCISCO ANTONIO MONTEIRO^{3*}

¹Parte da dissertação de mestrado apresentada pelo primeiro autor à ESALQ,USP. Recebido para publicação em 29/11/01. Aceito para publicação em 30/04/03

²Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ,USP, Av. Pádua Dias, 11, Caixa postal 09, CEP 13418-900 Piracicaba, SP. Bolsista do CNPq. E-mail: jdsantos@cpac.embrapa.br

³Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ,USP, Av. Pádua Dias, 11, Caixa postal 09, CEP 13418-900, Piracicaba, SP. Bolsista do CNPq.

RESUMO: Objetivou-se neste trabalho avaliar a produção de massa seca, concentração crítica e de nitrogênio total, relacionadas às unidades SPAD nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) quando submetido a doses de nitrogênio de 28, 112, 210, 294 e 378 mg L⁻¹ e idades de crescimento de 21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias após a emergência. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, com solução nutritiva, utilizando sílica como substrato. Utilizou-se o delineamento de blocos completos ao acaso, em esquema fatorial, com quatro repetições. As doses de nitrogênio e as idades de crescimento interagiram significativamente em todos os atributos estudados no capim-Marandu. As doses de nitrogênio necessárias para a obtenção da máxima produção de massa seca variaram entre 257 e 304 mg L⁻¹. A concentração crítica de nitrogênio determinada nas lâminas de folhas recém-expandidas foi influenciada significativamente pelas idades de crescimento e variou entre os valores de 33,8 e 12,8 g kg⁻¹. Os valores SPAD correspondentes às concentrações críticas de nitrogênio estiveram entre 45 e 50, quando as idades de crescimento eram de 21 a 49 dias.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha*, adubação nitrogenada, SPAD.

NITROGEN NUTRITION OF MARANDU GRASS GROWN UNDER NITROGEN RATES AND RELATED TO GROWTH AGES

ABSTRACT: The objective of this research was to examine the forage yield, critical and total nitrogen concentration, related to SPAD values in the most recently expanded leaf blade of Marandu grass (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) under nitrogen rates of 28, 112, 210, 294 and 378 mg L⁻¹ and growth ages of 21, 28, 35, 42, 49 and 56 days after seedling emergence. The experiment was carried out in a greenhouse, with nutrient solution using ground quartz as substrate. The experimental design was a complete randomized block design, with treatments arranged in a factorial, with four replications. Nitrogen rates and growth ages interaction was significant for all studied attributes of Marandu grass. Maximum dry matter yield was estimated to occur at nitrogen rates between 257 and 304 mg L⁻¹, depending on plant age. The critical nitrogen concentration determined in the most recently expanded leaf blade was significantly influenced by plant ages and ranged from 33.8 to 12.8 g kg⁻¹. SPAD values at the critical nitrogen concentration ranged from 45 to 50 when growth periods ranged from 21 to 49 days.

Key words: *Brachiaria brizantha*, nitrogen fertilization, SPAD

INTRODUÇÃO

A evolução da pecuária no Brasil, está estritamente ligada a pastagens do gênero *Brachiaria*, que atualmente é o grande componente das pastagens brasileiras (LEITE e EUCLIDES, 1994). Segundo MACEDO (1995), a espécie *Brachiaria brizantha* ocupa uma área de 9,6 milhões de hectares, que corresponde a cerca de 20% da área ocupada por pastagens cultivadas. O capim Marandu tem apresentado bom desempenho produtivo e expressa melhor seu potencial em solos de fertilidade média a alta.

Entre os nutrientes, o nitrogênio destaca-se pelos incrementos que é capaz de proporcionar na produção de forragem e de animal (CORSI, 1972). O nitrogênio é facilmente redistribuído na planta via floema e, conseqüentemente, as plantas deficientes em nitrogênio apresentam os sintomas primeiramente nas folhas velhas. A proteólise nessas condições e a redistribuição dos aminoácidos resulta no colapso dos cloroplastos e assim ocorre um decréscimo no conteúdo de clorofila (MARSCHNER, 1995).

A concentração de minerais na planta forrageira é influenciada pelo genótipo, idade, estágio fenológico, ritmo de crescimento, disponibilidade de nutrientes e fração da planta considerada (CORSI e SILVA, 1985). As gramíneas tropicais podem responder até a doses muito elevadas de nitrogênio (VICENTE-CHANDLER, 1973).

Para o capim Marandu poucos trabalhos descrevem a relação entre a concentração em nitrogênio no tecido foliar em função do avanço do período de crescimento (ABREU, 1999). Por outro lado, com *Panicum maximum*, HAAG *et al.* (1967) observaram que a concentração de nitrogênio decresceu com a idade, apresentando valores de 21, 17, e 11 g kg⁻¹ na planta inteira, aos 28, 56 e 84 dias de crescimento, respectivamente. Também, com *Brachiaria humidicola* analisada aos 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias de idade, ITALIANO e SILVA (1982) relataram que a concentração de proteína bruta decresceu de 81 g kg⁻¹ aos 14 dias para 63 g kg⁻¹ aos 56 dias, enquanto que a produção de massa seca aumentou de 17 kg ha⁻¹ para 2754 kg ha⁻¹. ROSA *et al.* (1982) estudaram o capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) aos 60, 90 e 120 dias de crescimento e descreveram decréscimo na concentração de proteína bruta com aumento da idade, sendo este mais acentuado de 60 a 90 dias.

Devido à relação existente entre concentração de nitrogênio total e concentração de clorofila nas folhas (GIRARDIN *et al.*, 1985), esse atributo tem sido utilizado para avaliar o estado nutricional das plantas com relação ao nitrogênio, assim como para a determinação da necessidade de adubações nitrogenadas adicionais. A determinação indireta da concentração de nitrogênio em algumas culturas vem sendo feita através do aparelho "Chlorophyll Meter" SPAD-502. Esse aparelho expressa os resultados em valores de unidade SPAD. Algumas vantagens de seu uso são: a) não necessidade de envio de amostras para análise em laboratório, economizando tempo e dinheiro; b) o procedimento não é destrutivo (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

Entender como as espécies forrageiras se comportam ou se adaptam às condições de deficiência nutricional e qual o seu requerimento ao longo de períodos de crescimento é importante porque os nutrientes quase nunca estão presentes em quantidades adequadas à produção da planta forrageira.

Neste trabalho objetivou-se avaliar a produção de forragem, concentração crítica e de nitrogênio total, relacionadas às unidades SPAD nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim Marandu em função de doses nitrogênio e idades de crescimento, em solução nutritiva, utilizando sílica como substrato.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação, na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, Piracicaba, São Paulo, no período entre 04 de novembro e 30 de dezembro de 2000. As médias e respectivos desvios das temperaturas máxima, mínima e média foram de 39,9 ± 0,56; 21,6 ± 0,28 e 30,8 ± 0,35°C, respectivamente.

As sementes do capim foram colocadas para germinar em recipientes plásticos contendo areia lavada em água corrente e posteriormente em água destilada. Vasos plásticos com capacidade de 3,6 L foram preenchidos com sílica apresentando granulometria em torno de 3 mm de diâmetro e livre de impurezas. Quinze plântulas foram transplantadas em cada vaso seis dias após a emergência, adicionando-se um litro da solução nutritiva correspondente a cada dose em estudo. Foram realizados desbastes periódicos até permanecerem cin-

co plantas por vaso. As soluções permaneciam no substrato durante o dia, quando eram circuladas por três vezes para aeração do sistema e foram trocadas semanalmente a partir da primeira idade de crescimento. A cada três dias, os vasos eram remanejados dentro de cada bloco.

O delineamento experimental foi o de blocos completos ao acaso, com os tratamentos combinados em arranjo fatorial do tipo 5x6 (cinco doses de nitrogênio e seis idades de crescimento), com quatro repetições (GOMES, 2000).

Foram utilizadas as doses de nitrogênio de 28, 112, 210, 294 e 378 mg L⁻¹ nas soluções nutritivas. As soluções foram preparadas a partir da recomendada por SARRUGE (1975), devidamente modificada para as cinco doses de nitrogênio propostas. Cada dose de nitrogênio teve 70% de nitrato e 30% de amônio.

Em cada idade de crescimento foi realizada a colheita. As plantas foram cortadas rente à superfície do substrato, sendo separada a parte aérea em folhas emergentes (FE - folhas não completamente expandidas, ou seja, sem lígula visível), lâminas de folhas recém-expandidas (LR - lâminas das duas folhas recém-expandidas, com lígula visível), lâminas de folhas maduras (LM - lâminas das demais folhas, com lígula visível), colmos + bainhas (CB - colmos + bainhas das folhas).

O sistema radicular foi recuperado mediante lavagem de toda a sílica do vaso com água corrente sobre um conjunto de peneiras com malhas de 1,00 e 0,25 mm de diâmetro. As frações da parte aérea e o sistema radicular das plantas foram acondicionados em sacos de papel e secados em estufa a 65° C até massa constante.

A determinação da concentração de nitrogênio total em cada componente da parte aérea e nas raízes seguiu a metodologia de SARRUGE e HAAG (1974), com a digestão sulfúrica do material vegetal. Estimou-se a concentração ou dose de nitrogênio associada à obtenção de 90% da produção de massa seca (concentração crítica), conforme ULRICH e HILLS (1973).

A determinação indireta da concentração de clorofila foi realizada utilizando-se o aparelho

“Clorophyll meter” SPAD 502 (Soil Plant Analysis Development Section, Minolta Camera Co., Osaka, Japan) para tomada de leituras de valor SPAD nas amostras de LR. As leituras foram realizadas no dia da colheita, em cada idade, na porção média da segunda LR do perfilho principal de cada planta. Foram realizadas cinco leituras para se obter as médias dos valores referentes a cada unidade experimental.

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 1989), para verificar a significância do efeito das doses, das idades de crescimento, ou de suas interações nos atributos avaliados (GOMES, 2000).

A escolha do modelo de regressão ocorreu com base no coeficiente de determinação, na significância da regressão e de seus coeficientes, testados pelo teste F a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doses de nitrogênio incrementaram a produção de massa seca, sendo que as doses necessárias para a obtenção da máxima produção variaram linearmente de 257 a 304 mg L⁻¹, em função das idades de crescimento (Figura 1). As doses necessárias para a maximização da área foliar aumentaram linearmente com o acréscimo nas idades de crescimento do capim e estiveram entre doses de nitrogênio de 271 e 296 mg L⁻¹.

ABREU (1999), em cortes realizados aos 14, 28 e 42 dias de crescimento no capim Marandu, obteve a maximização da produção com aplicações de nitrogênio de 140, 152 e 190 mg kg⁻¹, respectivamente. O autor salientou que o aumento da dose estimada de nitrogênio para a obtenção do ponto de máxima produção nas idades de crescimento foi decorrência do nitrogênio ter estimulado o aumento da produção e, com isso, houve a necessidade de maior absorção do elemento, visando manter o equilíbrio entre carbono e nitrogênio, que tem relação na faixa de 10 a 20:1 (MARSCHNER, 1995; MENGEL e KIRKBY, 2001). Os resultados do presente trabalho concordam com o discutido por esses autores.

SANTOS (1997) destacou que a resposta do capim-braquiária ao nitrogênio indicou que a concentração de nitrogênio de 210 mg L⁻¹ na solução nutritiva

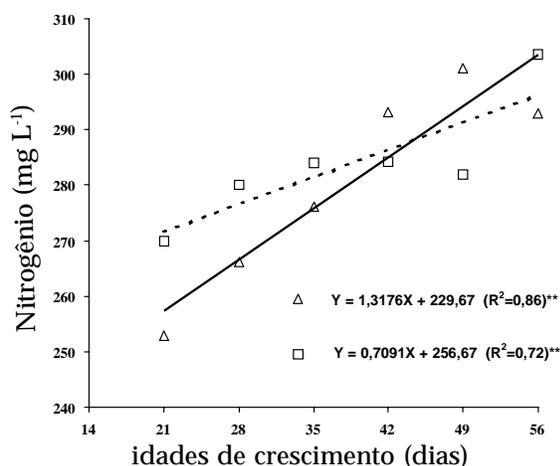


Figura 1. Dose de nitrogênio necessária para a obtenção da máxima produção de massa seca (Δ) e área foliar (\square) do capim Marandu, em função de idades de crescimento

completa de SARRUGE (1975) não seria suficiente para atender as exigências para a expressão do máximo potencial produtivo do capim. Os resultados da Figura 1 mostram concordância quanto a esse aspecto, mas deve-se destacar que a dose que maximiza a produção é função das idades de crescimento. WERNER (1986) relatou que as respostas à adubação nitrogenada variam em função da espécie, do clima, das doses do nutriente e do manejo das plantas.

A interação entre as doses de nitrogênio e as idades de crescimento foi significativa ($P < 0,01$) para a concentração de nitrogênio nas partes avaliadas do capim Marandu. Correlação negativa foi verificada entre concentração de nitrogênio e as idades de crescimento, dentro de cada dose de nitrogênio (Quadro 1). Esse comportamento é bem conhecido em plantas forrageiras (GOMIDE, 1996; HAAG, 1984), estando relacionado com o expressivo aumento em biomassa e conseqüente efeito de diluição do nutriente.

SANTOS (1997), trabalhando com *Brachiaria decumbens*, destacou que é aconselhável a utilização das lâminas de folhas recém-expandidas (LR) para a avaliação do estado nutricional em nitrogênio nessas plantas forrageiras. RAU (1991) relatou que devem ser amostradas partes da planta que apresentem a maior estabilidade possível em relação a

Quadro 1. Coeficientes de correlação entre a concentração de nitrogênio nas partes da planta do capim Marandu e as idades de crescimento, em cada dose de nitrogênio

Parte da planta	Dose de nitrogênio (mg L^{-1})				
	28	112	210	294	378
FE ¹	-0,91**	-0,90**	-0,82**	-0,83**	-0,90**
LR ²	-0,77**	-0,97**	-0,97**	-0,97**	-0,97**
LM ³	-0,87**	-0,89**	-0,94**	-0,95**	-0,98**
CB ⁴	-0,94**	-0,92**	-0,88**	-0,92**	-0,57**
Raiz	-0,48**	-0,80**	-0,82**	-0,69**	-0,49**

** $P < 0,01$; FE¹ - folhas não completamente expandidas; LR² - lâminas de folhas recém-expandidas;

LM³ - lâminas de folhas maduras; CB⁴ - colmos + bainhas

fatores que afetam a composição mineral, ao mesmo tempo que devem ser sensíveis em refletir variações de composição decorrentes de diferenças no suprimento de nutrientes.

A concentração de nitrogênio nas LR, dentro de cada dose de nitrogênio e em função de idades de crescimento, apresentou significância ($P < 0,01$) e seguiu modelo quadrático de regressão nas doses de nitrogênio de 28, 112 e 210 mg L^{-1} , mas decresceu linearmente nas doses 294 mg L^{-1} e 378 mg L^{-1} (Figura 2). ABREU (1999) relatou redução na concentração de nitrogênio nas LR com o incremento das idades de crescimento do capim Marandu. Também HAAG *et al.* (1967) relataram resultados similares com outras espécies de plantas forrageiras.

A concentração de nitrogênio nas LR, dentro de cada idade de crescimento, variou significativamente ($P < 0,01$) com as doses de nitrogênio. Essa concentração aumentou linearmente nas idades de 35, 42, 49 e 56 dias, e seguiu modelo quadrático de regressão nas idades de crescimento de 21 e 28 dias (Figura 3). As máximas concentrações corresponderam às doses de nitrogênio de 260 e 270 mg L^{-1} nas idades de crescimento de 21 e 28 dias, respectivamente.

ABREU (1999) verificou que a dose de nitrogênio de 290 mg kg^{-1} de terra maximizou a concentração de nitrogênio nas LR do capim Marandu aos 14 dias de crescimento. Os resultados do presente estudo corroboram os de SANTOS (1997), que também rela-

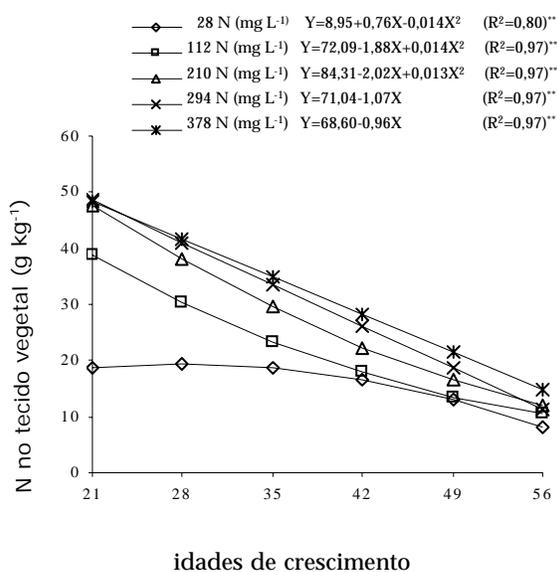


Figura 2. Concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim Marandu submetido a cinco doses de nitrogênio, em função de idades de crescimento

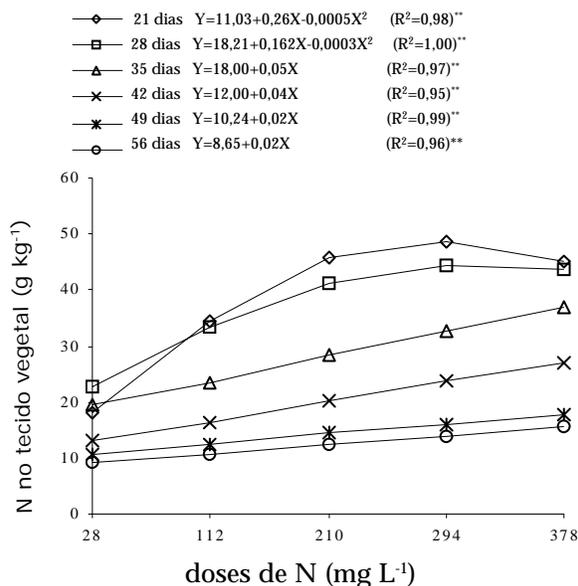


Figura 3. Concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim Marandu, em seis idades de crescimento, em função de doses de nitrogênio

tu comportamento linear da concentração de nitrogênio nas LR do capim-braquiária com doses de nitrogênio de até 462 mg L⁻¹ na solução nutritiva trocada a cada 14 dias, indicando que nesse componente da parte aérea da planta a concentração de

nitrogênio poderia ser ainda mais elevada se fossem empregadas doses superiores às avaliadas nesses estudos.

O valor SPAD correlacionou-se positivamente com a concentração de nitrogênio em cada uma das partes do capim Marandu, à exceção de apenas três casos no total de trinta analisados (Quadro 2). As equações de regressão de primeiro e segundo grau relacionando valor SPAD com concentração de nitrogênio, em seis idades de crescimento, nas lâminas de folhas recém-expandidas são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 2. Coeficientes de correlação entre a concentração de nitrogênio em partes da planta do capim Marandu e valor SPAD, dentro de idades de crescimento

Parte da planta	Idades de crescimento					
	21	28	35	42	49	56
FE ¹	----	----	0,87**	0,91**	0,96**	0,94**
LR ²	0,96**	0,93**	0,91**	0,87**	0,92**	0,94**
LM ³	----	0,60**	0,94**	0,91**	0,89**	0,92**
CB ⁴	0,53*	0,86**	0,87**	0,89**	0,96**	0,88**
RAIZ	0,89**	0,84**	0,87**	0,87**	0,82**	0,90**

*P<0,05 ** P<0,01 FE¹- folhas não completamente expandidas; LR² - lâminas de folhas recém-expandidas;

LM³- lâminas de folhas maduras; CB⁴ - colmos + bainhas

Quadro 3. Valor SPAD em função da concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim Marandu, em cada idade de crescimento

Idade (dias)	Equação polinomial	R ²
21	SPAD = 11,22 + 1,44X - 0,013X ²	0,97**
28	SPAD = 2,88 + 2,04X - 0,02X ²	0,99**
35	SPAD = -29,97 + 4,88 - 0,069X ²	0,93**
42	SPAD = -8,74 + 4,20X - 0,067X ²	0,88**
49	SPAD = -38,96 + 8,55X - 0,21X ²	0,92**
56	SPAD = 6,33 + 2,26X	0,98**

** P<0,01

Através das equações apresentadas nos Quadros 4 e 5 determinou-se a concentração crítica de nitrogênio total nas lâminas de folhas recém-expandidas e na média da planta inteira. Foram calculados os valores SPAD correspondentes às concentrações críticas nas lâminas de folhas recém-expandidas utilizando as equações de regressão apresentadas no Quadro 3.

Quadro 4. Produção de massa seca total do capim Marandu (Y), em função da concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas recém-expandidas (X), em cada idade de crescimento

Idade (dias)	Equação de regressão polinomial	R ²
21	$Y = -0,37 + 0,06X - 0,00078X^2$	0,96**
28	$Y = -9,33 + 0,68X - 0,0083X^2$	0,92**
35	$Y = -46,25 + 3,83X - 0,059 X^2$	0,71**
42	$Y = -83,86 + 9,41X - 0,185 X^2$	0,68**
49	$Y = -337,74 + 45,75X - 1,43 X^2$	0,92**
56	$Y = -314,3 + 53,68X - 1,82 X^2$	0,66**

** P<0,01

Quadro 5. Produção de massa seca total do capim Marandu (Y), em função da concentração média de nitrogênio na planta (X), em cada idade de crescimento

Idades	Equação de regressão polinomial	R ²
21	$Y = -0,74 + 0,11X - 0,0017X^2$	0,97**
28	$Y = -11,77 + 1,08X - 0,0178X^2$	0,99**
35	$Y = -51,63 + 5,91X - 0,13 X^2$	0,81**
42	$Y = -108,63 + 15,13X - 0,39 X^2$	0,75**
49	$Y = -136,99 + 24,75X - 0,78 X^2$	0,81**
56	$Y = -222,36 + 44,1X - 1,58 X^2$	0,78**

** P<0,01

A concentração crítica de nitrogênio, tanto nas LR como na planta inteira, foi influenciada significativamente (P<0,01) pelas idades de crescimento. Essa concentração variou linearmente entre os va-

lores de 33,8 e 12,8 g kg⁻¹ nas LR e entre 25,8 e 11,1 g kg⁻¹ na planta inteira para 21 e 56 dias de crescimento, respectivamente (Figura 4).

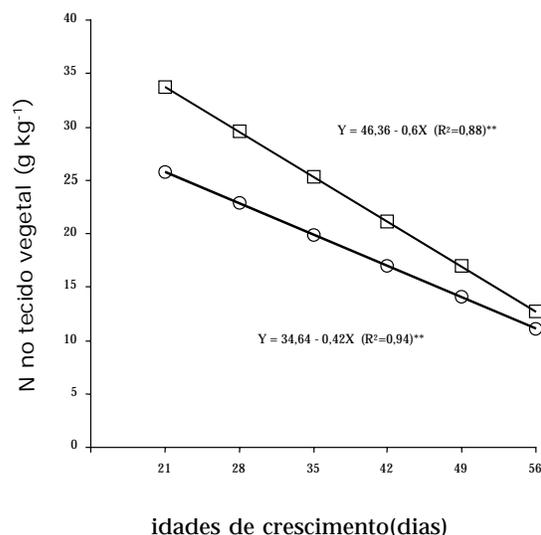


Figura 4. Concentração crítica de nitrogênio nas lâminas de folhas recém-expandidas (□) e na média da planta (○), em função de idades de crescimento

Esses valores não concordam com os de ABREU (1999), que obteve nas LR do capim Marandu o valor de 8,5 g kg⁻¹ na idade de 42 dias. SANTOS (1997), aos 39 dias de crescimento, obteve o valor de 22 g kg⁻¹ no capim-braquiária e SCHIAVUZZO *et al.* (2000) relataram 19 g kg⁻¹ no capim Marandu na idade de 41 dias. É importante salientar que o período de crescimento estabelecido varia em função da taxa de crescimento da cultura e é determinada pelo início da senescência das folhas mais velhas, sendo que quanto mais rápida é a taxa de crescimento, menor é o período de crescimento (dias) do experimento, pois a taxa de senescência é mais acentuada e a planta começa a experimentar balanço negativo de carbono (HAY e WALKER, 1989). Assim valores de concentração crítica devem estar associados à taxa de crescimento para o período em que foi determinada, visando uma interpretação mais precisa dos resultados. De acordo com as equações de regressão do quadro 3, os valores SPAD correspondentes às concentrações críticas nas LR foram 45; 45,7; 49,5; 50,2; 45,7 e 35,3 nas idades de crescimento de 21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias, respectivamente. ABREU (1999) encontrou o valor SPAD de 21,8 correspondente à concentração crítica do capim Marandu colhido aos 42 dias, e SANTOS (1997) o valor SPAD de 49,0 no capim-braquiária aos 39 dias de crescimento.

CONCLUSÕES

A concentração de nitrogênio no tecido do capim Marandu é dependente da interação entre doses de nitrogênio e idades de crescimento das plantas.

As doses de nitrogênio para máximas produção de massa seca e área foliar e concentração crítica de nitrogênio nas lâminas de folhas recém-expandidas são linearmente relacionadas às idades de crescimento do capim Marandu.

O valor SPAD nas lâminas de folhas recém-expandidas permite uma adequada estimativa da concentração de nitrogênio no tecido do capim Marandu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, J.B.R. Produção e nutrição dos capins Tanzânia-1 e Marandu em função de estádios de crescimento e adubação nitrogenada. Piracicaba: ESALQ, 1999. 99 f. Tese de Doutorado.
- CORSI, M. Estudo da produtividade e do valor nutritivo do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) variedade Napier submetido a diferentes frequências e alturas de corte. Piracicaba: ESALQ, 1972. 139 f. Tese de Doutorado.
- CORSI, M., SILVA, R. T. L. Fatores que afetam a composição mineral de plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS. 3., Piracicaba, 1985. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1985. p.1-14.
- GIRARDIN, P., TOLLENAAR, M., MULDON, J.F. The effects of temporary nitrogen starvation on leaf photosynthetic rate and chlorophyll content of maize. Can. J. Plant Sci., Ottawa, v. 65, p. 491-500, 1985.
- GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 14. ed. Piracicaba: 2000. 477 p.
- GOMIDE, C.C.C. Algumas características fisiológicas e químicas de cinco cultivares de *Cynodon*. Jaboticabal: UNESP, 1996. 100 f. Dissertação de Mestrado.
- HAAG, H. P. Nutrição mineral de forrageiras no Brasil. Campinas: Fundação Cargill, 1984. 152 p.
- HAAG, H.P., BOSE, L.V., ANDRADE, R.G. Absorção de macronutrientes pelos capins Colômbia, Gordura, Jaraguá, Napier e Pangola. Anais de Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, v. 24, p.177-188, 1967.
- HAY, R.K.M., WALKER, A.J. An introduction to the physiology of crop yield. London: Longman Scientific and Technical, 1989.
- ITALIANO, E.C., SILVA, J.R. Rendimento forrageiro e composição química do capim-quicuí da Amazônia em diferentes estádios de crescimento no período chuvoso. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 19., Piracicaba, 1982. Resumos... Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1982. p.387-388.
- LEITE, G.G., EUCLIDES, V.P.B. Utilização de pastagens de *Brachiaria* spp. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., Piracicaba, 1994. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1994. p.267-297.
- MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema cerrados: pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS: PESQUISA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 1., Brasília, 1995. Anais... Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p. 28-62.
- MALAVOLTA, E., VITTI, G.C., OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. Berlin: Academic Press, 1995. 674 p.
- MENGEL, K., KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 850 p.
- RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: POTAFOS, 1991. 343p.
- ROSA, B., ROCHA, G.P., ABREU, A.R., SILVA, H.L. et al. Composição química e rendimento de duas braquiárias. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 19., Piracicaba, 1982. Resumos... Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1982. p.425-426.
- SANTOS, A.R. Diagnóstico nutricional e respostas do capim-braquiária submetido a doses de nitrogênio e enxofre. Piracicaba: ESALQ, 1997. 115 f. Tese de Doutorado.

- SARRUGE, J. R. Soluções nutritivas. Summa Phytopatol., Piracicaba, v. 1, p. 231-233, 1975.
- SARRUGE, J. R., HAAG, H. P. Análise química de plantas. Piracicaba: ESALQ, 1974. 54 p.
- SAS INSTITUTE. SAS/STAT: users guide ; version 6.4. ed. Cary: 1989. v.2. 846 p.
- SCHIAVUZZO, P.F., MONTEIRO, F.A., LAVRES JUNIOR, J. Nitrogênio na produção e na nutrição da braquiária-Marandu. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., Viçosa, 2000. Resumos... Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p.107.
- ULRICH, A., HILLS, E.J. Plant analysis as an aid in fertilizing sugar crops: part I. Sugar beets. In: WALSH, L.M., BEATON, J.D. (Ed.). Soil testing and plant analysis. Madison: Soil Science Society of America, 1973. p.271-288.
- VICENTE-CHANDLER, J. Intensive grassland management in Puerto Rico. Rev. Soc. Bras. Zoot., Viçosa, MG, v.2, p. 173-215, 1973.
- WERNER, J. C. Adubação de pastagens. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49 p.