

**DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO NA
RECUPERAÇÃO DE PASTAGEM DE
CAPIM-MARANDU EM SOLO DE CERRADO**

KÁTIA APARECIDA DE PINHO COSTA

2007

KÁTIA APARECIDA DE PINHO COSTA

**DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO NA RECUPERAÇÃO DE
PASTAGEM DE CAPIM-MARANDU EM SOLO DE CERRADO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador
Prof. Dr. Valdemar Faquin

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

2007

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Costa, Kátia Aparecida de Pinho.

Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagem de capim-marandu em solo de cerrado / Kátia Aparecida de Pinho Costa. – Lavras : UFLA, 2007.

95p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras.

Orientador: Valdemar Faquin.

Bibliografia.

1. Capim-marandu. 2. Recuperação de pastagens. 3. Sulfato de amônio.
4. Uréia. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.208894

KÁTIA APARECIDA DE PINHO COSTA

**DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO NA RECUPERAÇÃO DE
PASTAGEM DE CAPIM-MARANDU EM SOLO DE CERRADO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para a obtenção do título de “Doutora”.

APROVADA em 1º de novembro de 2007

Prof. Dr. Itamar Pereira de Oliveira	Embrapa Arroz e Feijão
Prof. Dr. Francisco Antônio Monteiro	ESALQ/USP
Prof. Dr. Antônio Ricardo Evangelista	UFLA
Prof. Dr. Francisco Dias Nogueira	UFLA

Prof. Valdemar Faquin
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

OFEREÇO

A Deus, por ter me dado força para ter chegado até aqui.

Ao meu segundo pai, Itamar Pereira de Oliveira, por toda amizade, companheirismo e ensinamento, durante esses anos de trabalho juntos.

A minha mãe que, mesmo a distância, esteve ao meu lado em todos os momentos da minha vida, transmitindo amor, carinho, confiança e me fortalecendo para que eu conseguisse concretizar meus sonhos.

A minha irmã Claudia, por toda ajuda e companheirismo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus e à Nossa Senhora Aparecida, pela proteção durante a minha caminhada.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência dos Solos, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Valdemar Faquin, pela orientação, amizade, confiança, incentivo, força e, acima de tudo, por ter acreditado na minha capacidade e a sua esposa, Lígia, pela ajuda nas horas difíceis.

Ao pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Dr. Itamar Pereira de Oliveira e a sua esposa Carminha, pela valiosa amizade, apoio, confiança e carinho.

À Universidade Estadual de Goiás, Curso de Zootecnia, pela realização da pesquisa e por todo o apoio dos funcionários.

À Embrapa Arroz e Feijão, pelo apoio financeiro e pela realização de análises laboratoriais.

Ao professor Geraldo Cesar de Oliveira, pela amizade, incentivo e apoio, principalmente nas horas difíceis.

Ao professor Francisco Dias Nogueira e sua esposa, Cleire, pela valiosa amizade conquistada durante esse tempo.

Aos professores Carlos Alberto Silva, Mozart Martins Ferreira e Antônio Eduardo Neto Furtini, por toda a ajuda demonstrada durante o curso.

A minha mãe e os meus irmãos, Flávio, Kênia, Cristina, Claudia e Júnior, pelo amor e ajuda, principalmente nas horas difíceis.

Ao Eduardo, por todo amor, carinho, paciência, companherismo e apoio.

Aos alunos da Universidade Estadual de Goiás: Rodrigo, Maurício, Lúcia, Kleber, Cátia, Andrei, Elizandra, Marcos, Ronaldo, Alex, Cláudia, Laila, Eli, Geussiele, Alexandre, Mara, Cíntia, Paulo e Reginaldo, pela ajuda de campo e colaboração durante os três anos de condução do experimento.

A Professora Milena Rízzia, da Universidade Estadual de Goiás, pela ajuda de campo e pela amizade.

Aos funcionários da Embrapa Arroz e Feijão, Valdonete, Toninho, Silvio e Valdomiro, pela imensa ajuda na realização das análises laboratoriais.

A amiga Cristiane Rodrigues, pelo apoio, carinho e amizade e por toda ajuda na realização de análises de solos.

Aos amigos Fabrício e Marcos, pela amizade, apoio e por toda ajuda durante o curso.

Aos amigos do curso: Carlos Ribeiro Rodrigues e sua esposa Tatiana, Giovana, Adriana, Ivonei, Josinaldo, Cezar, Bruno, Sheila, Felipe, Silvio e Douglas, pela amizade.

Às eternas amigas: Marcinha, Diurla Carla, Domingas, Nilva e Priscila.

Aos funcionários do Departamento de Solos, Daniela Andrade, Roberto e Pezão, pela amizade.

A todos as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e desse sonho concretizado.

SUMÁRIO

Páginas

RESUMO GERAL	i
GENERAL ABSTRACT	iii
INTRODUÇÃO GERAL	1
Referências Bibliográficas	4
Capítulo 1: Doses e fontes de nitrogênio na produção de massa seca e teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido do capim-marandu	6
Resumo	6
Abstract	8
1 Introdução	10
2 Material e métodos	12
3 Resultados e discussão	16
4 Conclusões	24
5 Referências bibliográficas	24
CAPÍTULO 2: Doses e fontes de nitrogênio na concentração de nutrientes do capim-marandu	28
Resumo	28
Abstract	29
1 Introdução	30
2 Material e Métodos	31
3 Resultados e Discussão	34
4 Conclusões	45
5 Referências Bibliográficas	46

Páginas

CAPÍTULO 3: Doses e fontes de nitrogênio sobre alguns atributos químicos do solo sob pastagem de capim-marandu	49
Resumo	49
Abstract	51
1 Introdução	53
2 Material e Métodos	54
3 Resultados e Discussão	57
4 Conclusões	72
5 Referências Bibliográficas	73
CAPÍTULO 4: Doses e fontes de nitrogênio na nutrição nitrogenada do capim-marandu	76
Resumo	76
Abstract	78
1 Introdução	80
2 Material e Métodos	81
3 Resultados e Discussão	85
4 Conclusões	91
5 Referências Bibliográficas	92

RESUMO GERAL

COSTA, Kátia Aparecida de Pinho. **Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagem de capim-marandu em solo de cerrado.** 2007. 95p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil¹.

O nitrogênio é indispensável na formação, manutenção e recuperação de pastagens, e sua deficiência é uma das principais causas da degradação de pastagens cultivadas, principalmente do gênero *Brachiaria*. Considerando a importância da adubação nitrogenada em áreas de pastagens degradadas, objetivou-se avaliar a produção de massa seca e teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, concentração de nutrientes, nutrição nitrogenada e alguns atributos químicos do solo, sob doses e fontes de nitrogênio no capim-marandu, pelo período de três anos. O experimento foi conduzido, de julho de 2003 a março de 2006, na Fazenda Modelo da Universidade Estadual de Goiás, em um Latossolo Vermelho de textura argilosa. O delineamento experimental utilizado foi blocos completos ao acaso, com três repetições. Nas parcelas principais foi utilizado o esquema fatorial 2 x 4, sendo duas fontes de nitrogênio (sulfato de amônio e uréia) e quatro doses de nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹). Nas subparcelas, foram alocados os três anos (2004, 2005 e 2006), referentes ao tempo de avaliação da pastagem. A adubação nitrogenada em cada ano foi parcelada em três épocas, após cada corte de avaliação. Foram realizados três cortes da planta forrageira por ano. A aplicação de nitrogênio foi determinante para a recuperação do capim-marandu. As maiores doses de nitrogênio promoveram acréscimos na produção de massa

¹**Comitê de Orientação:** Prof. Valdemar Faquin, DCS/UFLA (orientador); Dr. Itamar Pereira de Oliveira - Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão (Co-orientador).

seca e redução nos teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. O sulfato de amônio resultou em maior produção de massa seca do que a uréia, em todas as doses e anos avaliados. As concentrações de nitrogênio, potássio, magnésio, enxofre, cobre, ferro e relação N:S foram maiores na maior dose de nitrogênio aplicada ao solo; O aumento das doses de nitrogênio promoveu redução na concentração de fósforo. Os valores SPAD e as concentrações de nitrogênio nas folhas recém-expandidas do capim-marandu apresentaram relação direta entre essas variáveis. O aumento das doses de nitrogênio de ambas as fontes promoveu, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, redução do pH do solo e aumento dos teores de alumínio trocável, matéria orgânica, nitrogênio total, nitrogênio nítrico e amoniacal.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha*, recuperação de pastagens, sulfato de amônio, uréia.

GENERAL ABSTRACT

COSTA, Kátia Aparecida de Pinho. **Nitrogen doses and sources on pasture recuperation of marandu palisadegrass in Savanna soil.** 2007. 95p. Thesis (Doctor in Science in Soil Science) - Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil¹.

The nitrogen has been indispensable in pasture formation, maintenance and recovery, being that its deficiency is one of the main causes of cultivated pasture degradation, mainly of *Brachiaria* genus. In this sense, the research was made considering the importance of nitrogen fertilization in degraded areas of pasture: to evaluate the dry mass production, and crude protein concentration, fiber in neutral and acid detergents, concentration of nutrients, nitrogen nutrition and any soil chemical attributes, under nitrogen doses and sources of marandu palisadegrass, by three years period. The experiment was carried out from July 2003 to March 2006 in the Farm Model belonging to the Course of Zootechny of the State University of Goiás, in a Typic Haplorthox clay texture soil argillous dystrophic Red Latosol. The experimental delineation used was a randomized complete block design, with three repetitions. In the main parcels one 2 x 4 factorial was used being two nitrogen sources (sulfate of ammonium and urea) and four nitrogen doses (0, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ year⁻¹). In sub parcels were studied the three years (2004, 2005 and 2006) in reference to the time of pasture evaluation. In each year, the nitrogen fertilization was parceled out at three times, after each cutting evaluation. Three forage plants cuts per year had been carried through. Nitrogen application was determinant for marandu

¹ **Guidance committee:** Prof. Valdemar Faquin, DCS/UFLA (adviser); Dr. Itamar Pereira de Oliveira - Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão (Co-adviser).

palisadegrass recuperation. Higher nitrogen doses promoted increases in dry mass production and reduction in fiber concentration in neutral and acid detergents. Ammonium sulfate resulted in higher dry mass production than in urea in all evaluated doses and years. Nitrogen, potassium, magnesium, sulfur, copper, iron and N:S relationship were higher by using nitrogen applied in soil. Increasing nitrogen doses promoted reduction in leaf phosphorus. The SPAD and leaf Nitrogen concentration in leaf of marandu palisadegrass just expanded presented a direct relation among these variations. Increasing nitrogen doses of both sources promoted reduction in soil pH and increases in exchangeable aluminum, organic matter, total nitrogen, nitric and ammoniac nitrogen in 0-20 and 20-40 soil depth.

Key Words: Ammonium sulfate, *Brachiaria brizantha*, recovery of pastures, urea

INTRODUÇÃO GERAL

A atividade pecuária no Brasil baseia-se na utilização de pastagem como recurso alimentar e vem sofrendo mudanças significativas nos anos mais recentes, em função da busca por sistemas de produção economicamente viáveis e mais rentáveis, devido, principalmente, à competitividade. Como o incremento da eficiência em uma atividade demanda a geração e difusão de novas tecnologias, o conhecimento dos fatores influencia a produção das pastagens, tornando-se indispensável para que o sistema de produção animal a pasto busque máxima eficiência e lucratividade nessa atividade (Carvalho, 2000).

Devido a sua grande importância no contexto técnico-econômico dos sistemas de produção animal em pastagens, a planta forrageira tropical tem sido cada vez mais detalhada e estudada no cenário produtivo. Dentre as gramíneas, destacam-se as do gênero *Brachiaria*, que ocupa posição de destaque na pecuária brasileira (Silva, 2004). Menos de 20 anos após sua implantação e, por ser uma planta pouco exigente em condições edafoclimáticas, a *Brachiaria* se configura como suporte alimentar essencial na criação de gado, tanto de corte quanto de leite (Costa et al., 2006).

Estima-se que no Brasil existam cerca de 200 milhões de hectares de pastagens. Contudo, apesar desse crescimento, 20% dessa área constituem-se de pastagens degradadas do gênero *Brachiaria* (Bonfim-da-Silva & Monteiro, 2006). Diante disso, a degradação de pastagens é considerada um dos maiores problemas da pecuária brasileira. Dos 45 a 50 milhões de hectares de pastagens cultivadas nos cerrados, 80% encontra-se em algum estágio de degradação (Martha Júnior & Vilela, 2002), trazendo grande preocupação, principalmente porque o Brasil, pela extensão da sua área territorial e pelas condições climáticas favoráveis, apresenta enorme potencial de produção bovina a pasto. Todavia, a maioria dessas pastagens encontra-se nas áreas de menor fertilidade, explorada

de maneira extrativista. Com isso, a degradação de pastagens passa a ser um fato considerável, devido ao grande impacto na produção animal, uma vez que a produção a pasto é a forma menos onerosa de produção de leite e carne (Bonfim-da-Silva & Monteiro, 2006).

Na degradação das pastagens, a produtividade e a composição botânica podem ser substancialmente alteradas ao longo do tempo, devido ao declínio da fertilidade do solo e ao manejo inadequado das plantas forrageiras (Mattos & Monteiro, 2003). O esgotamento da fertilidade do solo, em consequência da ausência de adubação, tem sido apontado como uma das principais causas da degradação de pastagens cultivadas. Por isso a adubação tem sido indispensável na recuperação dessas pastagens e, de modo particular, a adubação nitrogenada tem sido uma das maiores prioridades, quando se trata de recuperação de áreas degradadas (Bonfim-da-Silva, 2005).

O nitrogênio é considerado o principal nutriente responsável pelo crescimento vegetal e ao mesmo tempo mantém a pastagem produtiva e de bom valor nutritivo, diminuindo assim o seu grau de degradação. Esse nutriente está incluído entre os que mais limitam a produtividade nos cerrados. Devido a sua importância na produção de pastagens de qualidade, salienta-se a necessidade de mais estudos relativos às fontes desse nutriente, no sentido de permitir práticas de adubação mais efetivas, confiáveis e econômicas, uma vez que as fontes diferem entre si em suas características.

De maneira geral, os fertilizantes nitrogenados caracterizam-se pelos elevados índices salinos, solubilidade e poder de acidificação do solo. Dentre os fertilizantes nitrogenados, destacam-se a uréia e o sulfato de amônio (Menezes, 2004), que são as fontes de nitrogênio mais utilizadas na agricultura brasileira. Diante disso, um aspecto fundamental no manejo da adubação nitrogenada é o parcelamento das doses, para diminuir, principalmente, as perdas por volatilização e por lixiviação. Com isso, têm-se melhor aproveitamento do

nitrogênio pela planta, redução das perdas e manutenção de taxas de acúmulo de massa seca mais uniforme pela planta (Werner et al., 2001).

Estudos avaliando o efeito do nitrogênio na produção de massa seca e valor nutritivo do capim-marandu são freqüentemente encontrados na literatura, porém, quase sempre analisando individualmente a planta forrageira, sem considerar a interação solo-planta. Nesse sentido, torna-se necessário que pesquisas de longa duração sejam conduzidas objetivando avaliar aspecto relacionado à interação solo-pastagem, visto que a dinâmica do nitrogênio no solo é muito complexa e diferenciada em relação aos outros nutrientes. Devido a essa complexidade, existe certa dificuldade de se definir a melhor dose e a fonte de nitrogênio a ser aplicada para as espécies do gênero *Brachiaria*, para melhor eficiência de utilização desse nutriente (Costa et al., 2006). Dessa forma, há interesse em estudos que visam estabelecer a fonte mais eficiente e a dose mais adequada para pastagens, principalmente quando o nitrogênio é aplicado superficialmente (Corrêa et al., 2007).

Nesse contexto, objetivou-se avaliar o efeito de doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens de capim-marandu em solo de cerrado, pelo período de três anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONFIM-DA-SILVA, E.M. **Nitrogênio e enxofre na recuperação de capim-Braquiária em degradação em Neossolo Quartzarênico com expressiva matéria orgânica.** 2005. 123p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.
- BONFIM-DA-SILVA, E.M.; MONTEIRO, F.A. Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1289-1297, 2006.
- CARVALHO, C.A.B. **Padrões demográficos de perfilhamento e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon ssp.* manejadas em quatro intensidades de pastejo.** 2000. 96p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.
- CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H.; PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; FREITAS, A.R.; SILVA, A.G. Efeito de fontes e doses de nitrogênio na produção e qualidade da forragem de capim-coastcross. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.763-772, 2007.
- COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.P.; FAQUIN, V. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* em solos do cerrado.** Santo Antônio de Goiás, Go: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 58p. (Documento, 192).
- MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L. **Pastagens no cerrado: baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes em pastagens.** Planaltina, GO: Embrapa Cerrados, 2002. 32p. (Documentos, 50).
- MATTOS, W.T.; MONTEIRO, F.A. Produção e nutrição de capim-Braquiária em função de doses de nitrogênio e enxofre. **Boletim de Indústria Animal**, v.60, p.1-10, 2003.
- MENEZES, M.J.T. **Eficiência agrônômica de fontes nitrogenadas e de associações de fertilizantes no processo de diferimento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.** 2004. 113p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

SILVA, S.C. Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa:UFV, 2004. p.347-385.

WERNER, J.C.; COLOZZA, M.T.; MONTEIRO, F.A. Adubação de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS. 18., Piracicaba, 2001. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001, p.129-156.

CAPÍTULO 1

DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO NA PRODUÇÃO DE MASSA SECA E TEORES DE PROTEÍNA BRUTA, FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO E FIBRA EM DETERGENTE ÁCIDO DO CAPIM-MARANDU

(Artigo no prelo na Revista Brasileira de Zootecnia)

RESUMO

A degradação das pastagens é considerada um dos maiores problemas da pecuária brasileira e uma das maneiras de recuperar essas áreas é a utilização da adubação nitrogenada. Objetivou-se avaliar o efeito de doses e fontes de nitrogênio na produção de massa seca e teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido do capim-marandu, pelo período de três anos. O experimento foi conduzido, de julho de 2003 a março de 2006, na Fazenda Modelo da Universidade Estadual de Goiás, numa área de 882 m². A pastagem já se encontrava estabelecida há mais de dez anos, com baixa produção de forragem. O delineamento experimental utilizado foi blocos completos ao acaso, com três repetições. Nas parcelas foi utilizado um fatorial 2 x 4, sendo duas fontes de nitrogênio (sulfato de amônio e uréia) e quatro doses de nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹). Nas subparcelas, foram alocados os três anos (2004, 2005 e 2006), referentes ao tempo de avaliação da pastagem. Em cada um dos anos, foram realizados três cortes de avaliação da forrageira. A aplicação de nitrogênio foi determinante para a recuperação do capim-marandu. A maior produção de massa seca foi observada no segundo ano e o maior teor de proteína bruta no terceiro ano. As maiores doses de nitrogênio promoveram acréscimos lineares na produção de massa seca e redução nos teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. O sulfato de amônio promoveu

maior produção de massa seca do que a uréia, em todas as doses e anos avaliados.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha*, sulfato de amônio e uréia.

**DOSES AND SOURCES OF NITROGEN ON DRY MASS
PRODUCTION AND CONCENTRATION CRUDE PROTEIN, FIBER IN
NEUTRAL AND ACID DETERGENTS OF MARANDU
PALISADEGRASS**

(Paper in printing press of Brazilian Journal of Animal Science)

ABSTRACT

Pasture degradation is considered as a major problem of the Brazilian livestock industry. One possible way to revert this situation is nitrogen fertilization for the recovery of these degraded pasture areas. This paper aimed to evaluate nitrogen doses on dry mass production and crude protein concentration, fiber in neutral and acid detergents of marandu palisadegrass, by three years period. The experiment was carried out from July of 2003 to March of 2006 in the Model Farm of University State of Goiás in an area of 882 m². The pasture was established for more than ten years and it was presenting low herbage production being considered in moderate degradation phase. The treatment combination was made in a split-plot design with three replications. Main plot arrangements in a complete randomized complete block design was employed, were turned by a 2 x 4 factorial, being two sources of N (ammonium sulfate and urea) and four doses of N (0, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ yr⁻¹). Were represented by the years (2004, 2005 and 2006) referring to the time of pasture evaluation. Nitrogen application was essential for marandu palisadegrass recuperation. The higher dry matter production was observed in the second year and the higher crude protein in the third one. Higher nitrogen doses promoted linear increasing on dry mass production and decreasing in fiber concentration, in neutral and acid detergents. Ammonium sulfate resulted in higher dry mass production than urea in all doses applied and evaluated years.

Key Words: *Brachiaria brizantha*, ammonium sulfate and urea

1 INTRODUÇÃO

As gramíneas do gênero *Brachiaria* ocupam posição de destaque na pecuária brasileira. Estima-se que, no Brasil, existam cerca de 200 milhões de hectares de pastagens, sendo 20% dessa área constituída de pastagens degradadas, apenas com plantas forrageiras desse gênero. A degradação de pastagens passa a ser um fato considerável e de grande impacto, uma vez que a produção a pasto é a forma menos onerosa de se produzir leite e carne (Bonfim-da-Silva & Monteiro, 2006).

A forma extrativista de exploração pecuária vem aumentando as áreas degradadas de pastagem ou em processo de degradação (Souza Neto & Pedreira, 2004). Na degradação das pastagens, a produtividade e a composição botânica podem ser substancialmente alteradas ao longo do tempo, devido ao declínio da fertilidade do solo e ao manejo inadequado das plantas forrageiras. O esgotamento da fertilidade do solo, em consequência da ausência de adubação, tem sido apontado como uma das principais causas da degradação de pastagens cultivadas.

A recuperação das pastagens é um dos caminhos para reversão dessa situação e uma das formas de alcançar esse objetivo é trabalhar com a reconstrução da fertilidade do solo, esgotada pelos anos sucessivos de exploração extrativista. Dessa forma, a adubação torna-se prioridade (Bonfim-da-Silva & Monteiro, 2006).

Fagundes et al. (2006) relataram que a baixa disponibilidade de nutrientes é, seguramente, um dos fatores que mais interferem na produtividade e na qualidade da planta forrageira. Assim, o fornecimento de nutrientes, em quantidades e proporções adequadas, particularmente o nitrogênio, assume importância fundamental no processo produtivo de pastagens. Isso porque o

nitrogênio do solo, proveniente da mineralização da matéria orgânica, não é suficiente para atender à demanda de gramíneas com potencial produtivo.

Diante disso, dois aspectos são fundamentais no manejo da adubação nitrogenada: a fonte e o parcelamento das doses para diminuir principalmente as perdas por volatilização e por lixiviação. Com isso, têm-se melhor aproveitamento do nitrogênio pela planta, redução das perdas e manutenção de taxas de acúmulo mais uniforme de massa seca pela planta (Werner et al., 2001).

Existem, no Brasil, várias fontes de nitrogênio que podem ser usadas em pastagens. Contudo, as mais comuns são a uréia (45% a 46% N) e o sulfato de amônio (21% N). A uréia tem como vantagem menor custo por quilograma, mas, comumente, resulta em maior perda de nitrogênio por volatilização, apresenta alta concentração de nitrogênio, é de fácil manipulação e causa menor acidificação no solo, o que a torna potencialmente superior às outras fontes, do ponto de vista econômico (Primavesi et al., 2004). Contrapõe-se a essas vantagens a expectativa de elevada perda de nitrogênio por volatilização de amônia, quando a uréia é aplicada em cobertura em pastagens (Martha Júnior et al., 2004).

Por outro lado, o sulfato de amônio apresenta, como vantagens, menor perda de nitrogênio e é fonte de enxofre (24% S), embora apresente maior custo por quilograma de nitrogênio (Primavesi et al., 2004). O fornecimento de enxofre pode ser extremamente vantajoso para as pastagens estabelecidas na região do cerrado, cujos solos apresentam baixa disponibilidade desse elemento (Sousa et al., 2001). Além disso, Tisdale et al. (1993) explicam que o suprimento adequado de enxofre no solo aumenta a resposta da planta forrageira ao nitrogênio aplicado e pode melhorar a sua eficiência de uso. Contudo, o sulfato de amônio apresenta a desvantagem de promover maior acidificação do solo, em relação àquela gerada pela uréia.

Bonfim-da-Silva & Monteiro (2006), trabalhando com nitrogênio e enxofre em pastagem degradada de capim-braquiária, verificaram que as doses de nitrogênio estudadas foram determinantes para a produção de massa seca das lâminas foliares e dos colmos mais baixas. Resultados positivos de adubação nitrogenada no capim-marandu também foram obtidos por Santos Júnior & Monteiro (2003) e Alexandrino et al. (2005).

Considerando a importância da adubação nitrogenada em pastagem, essa pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar o efeito de doses e de fontes de nitrogênio na produção de massa seca e teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido do capim-marandu, pelo período de três anos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido, de julho de 2003 a março de 2006, na Fazenda Modelo da Universidade Estadual de Goiás (UEG), em São Luís de Montes Belos, GO, a 579 m de altitude, 16°31'30" de latitude Sul e 50°22'20" de longitude Oeste. Predomina na região o clima tropical de savana do tipo Aw, conforme classificação de Köppen, com chuvas concentradas no verão (outubro-abril) e a estação seca no inverno (maio-setembro).

A área utilizada de pastagem foi de 882 m², dividida em três blocos de 294 m², com parcelas individuais de 20 m² e área útil de 6 m². A pastagem já se encontrava estabelecida há mais de dez anos, com baixa produção de forragem, em estágio moderado de degradação, devido à exploração intensiva com animais e falta de reposição de nutrientes no solo.

O delineamento experimental utilizado foi blocos completos ao acaso, com três repetições. Nas parcelas, foi utilizado o esquema fatorial 2 x 4, sendo duas fontes (sulfato de amônio e uréia) e quatro doses de nitrogênio (0, 100, 200

e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹). Nas subparcelas, foram alocados os três anos (2004, 2005 e 2006) referentes ao tempo de avaliação da pastagem.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006), de textura argilosa, cujas médias das características químicas do solo, na profundidade de 0-20 cm nos anos estudados, estão apresentadas na Tabela 1. A metodologia utilizada para a análise de solo foi a da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA (1997).

TABELA 1. Resultados das determinações químicas do solo (análises realizadas antes da aplicação dos fertilizantes em cada ano).

Características do solo	2003	2004	2005
pH (água)	5,2	5,1	4,6
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,0	0,1	0,2
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	3,9	4,5	5,3
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,70	2,79	2,20
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,00	0,91	0,23
K (cmol _c dm ⁻³)	0,42	0,23	0,11
P-Mehlich1 (mg dm ⁻³)	1,3	6,4	1,8
SO ₄ ⁻² (mg dm ⁻³)	9,8	18,9	30,0
Cu (mg dm ⁻³)	0,4	1,7	1,0
Zn (mg dm ⁻³)	0,2	2,9	0,7
Fe (mg dm ⁻³)	13,0	30,0	31,3
Mn (mg dm ⁻³)	27,4	41,0	15,6
MOS (g dm ⁻³)	11,0	18,0	20,0
CTC pH 7,0 (cmol _c dm ⁻³)	8,0	8,4	7,8
V (%)	51,5	46,7	32,5

As adubações de manutenção, em todos os anos de recuperação da pastagem, foram realizadas com base nos resultados das análises dos solos de cada ano. No primeiro ano (2003) foram aplicados 500 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico com 85% de PRNT em cobertura 60 dias antes do período chuvoso. Em setembro, após as primeiras chuvas, foram aplicados 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅,

100 kg ha⁻¹ de S, 80 kg ha⁻¹ de K₂O e 30 kg ha⁻¹ de FTE BR-12, utilizando como fontes: superfosfato simples, cloreto de potássio e fritas, respectivamente.

A partir dos resultados da análise em amostra de solo do segundo ano (2004), foi realizada adubação de manutenção com 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 33 kg ha⁻¹ de S e 100 kg ha⁻¹ de K₂O, provenientes das fontes de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. No terceiro ano de recuperação (2005), foram aplicados 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 100 kg ha⁻¹ de S, 120 kg ha⁻¹ de K₂O e 20 kg ha⁻¹ de FTE BR-12, na forma de supe fosfato simples, cloreto de potássio e fritas, respectivamente. Toda a adubação de manutenção nos três anos foi realizada com uma única aplicação em cobertura, antes dos fertilizantes nitrogenados, no início o período chuvoso (setembro).

A adubação nitrogenada em cada ano foi aplicada em cobertura, parcelada em três épocas, após cada corte de avaliação da planta forrageira. A primeira aplicação foi realizada dezembro, a segunda em janeiro e a terceira em fevereiro, todas com intervalo de trinta dias.

Foram realizados três cortes da planta forrageira por ano, no período das águas. O primeiro, 30 dias após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados (janeiro); o segundo, 30 dias após o primeiro (fevereiro) e o terceiro, 30 dias após o segundo (março).

A planta forrageira foi coletada com auxílio de um quadrado de ferro de 1 m x 1 m e cortada, com tesoura de aço, à altura de 20 cm da superfície do solo. Após cada corte de avaliação, foi realizado o corte de uniformização de toda a área experimental, na mesma altura de corte das plantas avaliadas, sendo retirado o resíduo resultante dessa uniformização.

O material coletado no campo foi acondicionado em saco plástico, identificado e enviado ao laboratório, onde foi pesado para determinação da massa verde coletada por parcela e, posteriormente, foi retirada uma amostra representativa da forragem de aproximadamente 500 g. Em seguida, o material

foi colocado em estufa de ventilação forçada de ar, com temperaturas entre 58° e 65°C, por 72 horas, para determinação da matéria seca parcial. Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho do tipo Willey, com peneira de 1 mm, armazenadas em sacos plásticos e identificadas.

A produção de massa seca por hectare foi determinada pela pesagem de todo o material da área útil da parcela e corrigida pelo teor de matéria seca obtido após o processamento das amostras.

Durante a condução do experimento foram monitoradas diariamente as temperaturas médias e as precipitações pluviais, cujos resultados são mostrados na Figura 1.

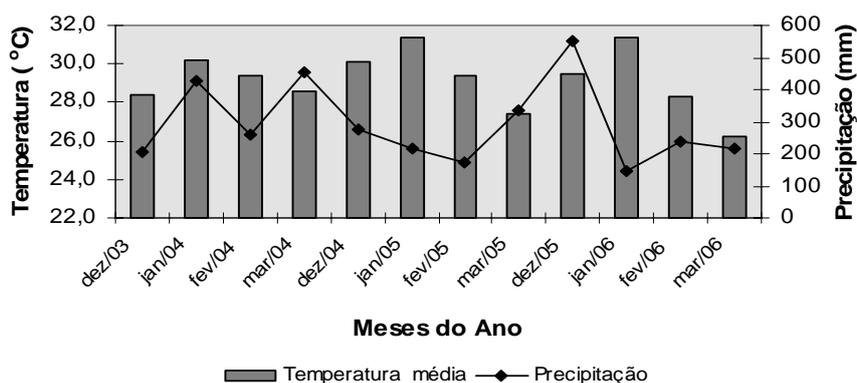


FIGURA 1. Temperaturas médias (°C) e precipitações pluviais (mm) observadas em São Luís de Montes Belos, GO.

A análise bromatológica foi realizada para determinação da proteína bruta (PB), matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), conforme metodologia de Silva & Queiroz (2002).

Os dados obtidos receberam tratamento estatístico pelo software Sisvar 4,6 (Ferreira, 1999). Inicialmente, foi realizada a análise de variância para as combinações das doses e fontes de nitrogênio, em que o ano foi considerado

como parcela subdividida no tempo. Em função da significância para essas variáveis, ajustaram-se curvas de regressão. Utilizou-se o nível de significância de 5% em todos os testes estatísticos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de massa seca do capim-marandu foi influenciada pelas doses e fontes de nitrogênio e doses de nitrogênio e anos de avaliação.

Avaliando-se o efeito de doses e fontes de nitrogênio, verificaram-se ajustes lineares da regressão para a produção de massa seca em função das doses de nitrogênio, para ambas as fontes (Figura 2). O sulfato de amônio na dose máxima foi superior em 18% à uréia. Isso pode ser explicado em função das transformações da uréia no solo, resultando em maiores perdas de nitrogênio por volatilização de amônia. Apesar disso, a magnitude do efeito das fontes de nitrogênio foi considerada pequena porque, com a aplicação de enxofre na adubação de manutenção dos três anos, proveniente do superfosfato simples, usado em todas as parcelas, havia enxofre suficiente para nivelar o efeito diferencial entre as fontes nitrogenadas utilizadas. É importante ressaltar que, em áreas que recebem grandes quantidades de adubos nitrogenados, é necessário um suprimento de enxofre para maximizar a resposta da forrageira, principalmente em áreas degradadas, com baixos teores de matéria orgânica, onde, normalmente, os teores de enxofre-sulfato encontram-se com baixa disponibilidade no solo (Bonfim-da-Silva & Monteiro, 2006).

Mattos & Monteiro (2003) realizaram trabalho de recuperação de pastagem do capim-braquiária em degradação, com quatro doses de nitrogênio combinadas com três doses de enxofre em um Neossolo Quartzarênico. Estes autores concluíram que o enxofre contribui de forma efetiva na recuperação da planta forrageira, aumentando a produção e melhorando o seu valor nutritivo.

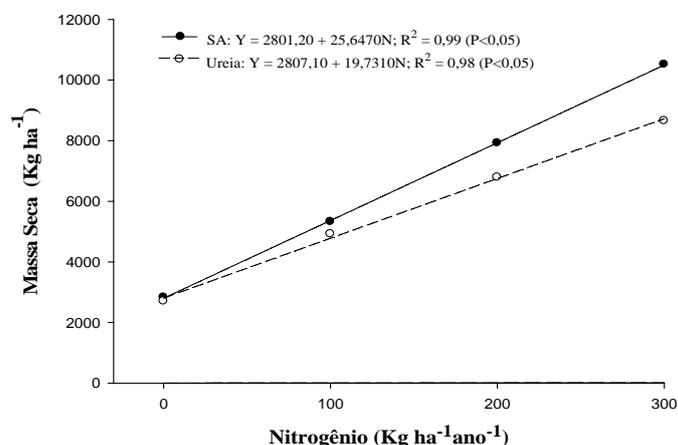


FIGURA 2. Produção de massa seca em função das doses e fontes de nitrogênio no capim-marandu (médias de três anos).

O aumento da produção de massa seca, obtida com a aplicação de 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio, foi de 78% e 71% em relação à testemunha, para o sulfato de amônio e uréia, respectivamente. Esses resultados indicam a importância da adubação nitrogenada para a recuperação do capim-marandu.

Bonfim-da-Silva & Monteiro (2006), em trabalho com recuperação de pastagens degradadas do capim-braquiária, sob doses de nitrogênio e enxofre, verificaram que o incremento das doses de nitrogênio contribuiu efetivamente para o aumento da produção de massa seca das lâminas foliares e na recuperação da forrageira. Ydoyaga et al. (2006), trabalhando com métodos de recuperação de pastagens de *Brachiaria decumbens*, verificaram que a adubação nitrogenada propiciou aumento de 34% na produção de massa seca na dose máxima estudada (100 kg ha⁻¹).

A produção de massa seca teve comportamento diferenciado na recuperação do capim-marandu, nos anos avaliados (Figura 3). Nos três anos de

avaliação, houve ajuste linear do efeito do nitrogênio na produção de massa seca. Nos anos de 2004 e 2005, em que as condições foram mais favoráveis ao crescimento do capim, quanto à precipitação e à temperatura (Figura 1), houve resposta acentuada ao nitrogênio na produção de massa seca, possibilitando discriminar diferenças significativas na produção em comparação com o ano de 2006.

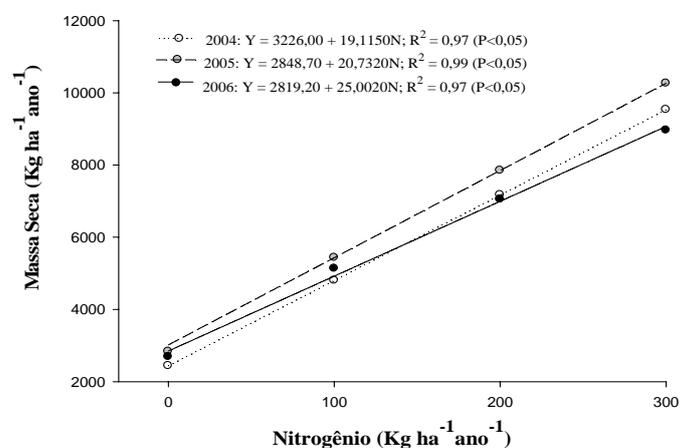


FIGURA 3. Produção de massa seca em função das doses de nitrogênio e anos de avaliação do capim-marandu (médias de três cortes por ano).

A maior produção de forragem, em todas as doses de nitrogênio estudadas, foi observada no ano de 2005, quando ocorreu distribuição mais uniforme de chuvas, favorecendo a solubilização e o aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados no solo. Por outro lado, no ano de 2006 ocorreu queda de 11% em relação ao ano de 2004 na produção de forragem na dose máxima aplicada de nitrogênio, devido à ocorrência de um veranico no mês de janeiro, provocando déficit hídrico de 20 dias logo após a aplicação da adubação nitrogenada. Provavelmente, essa queda na produção de forragem foi ocasionada

pela volatilização de nitrogênio, na fonte de uréia, logo após a aplicação, em função das altas temperaturas observadas e da falta de umidade do solo, limitando, com isso, as respostas ao nitrogênio e prejudicando a produção de massa seca. Sob condições de elevada temperatura, ausência de precipitação pluvial imediatamente após a adubação e altas taxas de evaporação de água do solo, as perdas por volatilização podem atingir até 80% do nitrogênio aplicado na forma de uréia, comprometendo a produtividade da planta forrageira (Martha Júnior et al., 2004).

A produção de massa seca obtida na dose máxima foi de 9.512; 10.075 e 8.498 kg ha⁻¹, para os anos de 2004, 2005 e 2006, respectivamente. Primavesi et al. (2006), trabalhando com duas fontes (nitrato de amônio e uréia) e quatro doses de nitrogênio (0, 200, 400 e 800 kg ha⁻¹) em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, observaram que a produção da forragem na fonte de nitrato de amônio foi superior à da uréia, atingindo produções de 13.070 e 12.328 kg ha⁻¹ de massa seca, respectivamente, nas doses máximas.

As fontes de nitrogênio não influenciaram o teor de proteína bruta (PB) em todos os anos avaliados. Contudo, observou-se significância para as doses de nitrogênio e anos avaliados. Observa-se, na Figura 4, aumento linear no teor PB com acréscimo nas doses de nitrogênio, para todos os anos de avaliação, sendo os maiores teores observados na dose de 300 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Isso ocorre pelo fato de o nitrogênio ser um constituinte das proteínas e interferir diretamente no processo fotossintético.

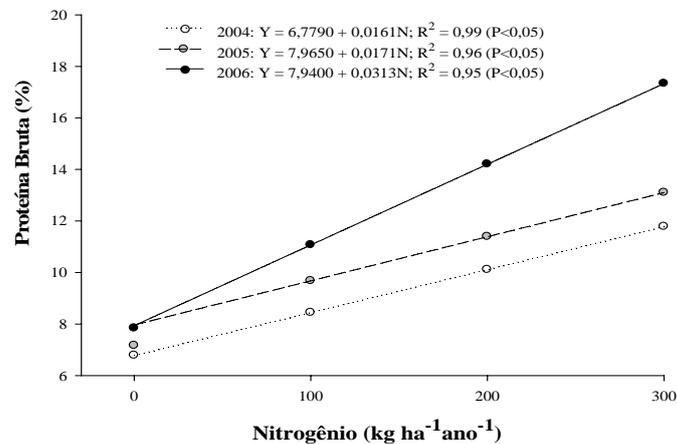


FIGURA 4. Teores de proteína bruta (PB) na matéria seca, em função das doses de nitrogênio e anos de avaliação do capim-marandu (médias de três cortes por ano).

Os maiores teores de PB nas doses máximas estudadas foram observados no ano de 2006, mostrando aumento de 47% e 32% em relação aos anos de 2004 e 2005, respectivamente. Os maiores teores obtidos em 2006 pode ser explicado em função da menor produção de massa seca nas doses máximas de nitrogênio, ocasionado maior concentração de nitrogênio no tecido da planta, influenciando no aumento do teor de PB.

Cesar et al. (2006), em experimento com adubação nitrogenada na *Brachiaria brizantha* cv. MG-5, encontraram teor de PB de 12,37%, quando aplicaram até 180 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Corrêa et al. (2005), avaliando as fontes de uréia e nitrato de amônio e quatro doses de nitrogênio: 0, 50, 100, 200 kg ha⁻¹ na *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, observaram acréscimos no teor de PB com o aumento das doses de nitrogênio para as duas fontes, tendo as médias variado de 8,1% na testemunha, a 14,2% na maior dose de nitrogênio.

Em estudo do efeito de fontes e doses de nitrogênio na produção e qualidade da forragem de capim-coastcross (*Cynodon dactylon*), Corrêa et al. (2007) verificaram que o aumento das doses nas duas fontes de adubo nitrogenado incrementou o teor de PB da forragem, variado de 14,7 a 15,3% para o nitrato de amônio e de 13,4 a 14,3% para a uréia. Havlin et al. (2005) relataram que o nitrogênio fornecido adequadamente, em condições favoráveis para o crescimento das plantas, proporciona aumento na produção de massa seca e no teor de proteína, a partir da produção de carboidratos.

Um aspecto importante a ser considerado no presente trabalho é a capacidade responsiva do capim-marandu à adubação nitrogenada, elevando o teor de PB para valores considerados adequados para o desenvolvimento da planta forrageira e contribuindo efetivamente para a recuperação da pastagem. Mesmo no tratamento sem adubação nitrogenada, o teor de PB ficou acima do nível crítico de 7%, limitante do consumo pelos bovinos, em todos os anos de avaliação da pastagem. Esse fato é explicado pelo manejo de corte adotado, com períodos relativamente curtos de rebrota (30 dias), o que proporcionou forragem de melhor qualidade.

As fontes de nitrogênio e os anos de avaliação da forrageira não influenciaram nos teores de fibra em detergente neutro (FDN) na matéria seca. Entretanto houve influência das doses, promovendo redução nos teores de FDN, com aumento da aplicação do nitrogênio (Figura 5). As médias ajustadas ficaram entre 70% a 64% para a testemunha e a dose máxima estudada, respectivamente, mostrando redução de 8,9% em relação à testemunha. Essa redução com o aumento das doses de nitrogênio é considerada relevante para a melhoria do valor nutritivo da forragem e o aumento do consumo de massa seca pelos animais, pelo fato de o teor de FDN ser um importante parâmetro que define a qualidade da forragem, bem como limitar a capacidade ingestiva por parte dos animais.

A FDN representa a fração química da forrageira que se correlaciona mais estreitamente com o consumo voluntário dos animais e valores acima de 55% a 60% correlacionam-se de maneira negativa (Van Soest, 1965). No presente trabalho, os valores de FDN encontrados estiveram sempre acima do valor crítico de 55% e, portanto, o consumo voluntário das forrageiras em pastejo poderia ser limitado no caso de uma pressão de pastejo alta, que reduziria a seletividade dos bovinos. Nussio et al. (2002) explicam que forragens de elevada digestibilidade de FDN proporcionam elevado potencial de consumo de massa seca e, conseqüentemente, maior produção de leite e carne.

Corrêa et al. (2007), estudando o efeito de fontes e doses de nitrogênio na qualidade do capim-coastcross, verificaram maiores teores de FDN, em relação aos encontrados neste trabalho. As médias obtidas da adubação com uréia e com nitrato de amônio, independentemente das doses e dos cortes, foram de 81,8% e 81,1%, respectivamente.

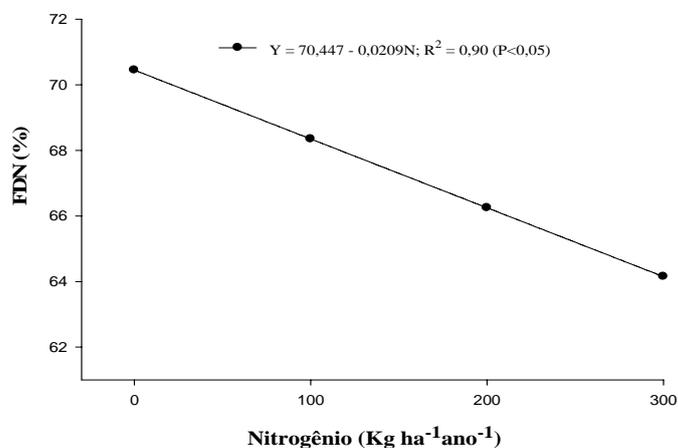


FIGURA 5. Teores de fibra em detergente neutro (FDN) na matéria seca, em função de doses de nitrogênio para o capim-marandu (média de três anos).

Apenas as doses de nitrogênio influenciaram nos teores de fibra em detergente ácido (FDA), mostrando decréscimo linear com o aumento das doses de nitrogênio (Figura 6). As médias ajustadas ficaram entre 41,14% a 30,33%, com redução no teor de FDA na dose máxima de 26% em relação à não-aplicação do nitrogênio. Esse decréscimo é considerado importante, pois o teor de FDA avalia a digestibilidade do alimento. Altos teores de FDA na planta forrageira diminuem a digestibilidade da massa seca, comprometendo o rendimento dos animais (Branco, 2006).

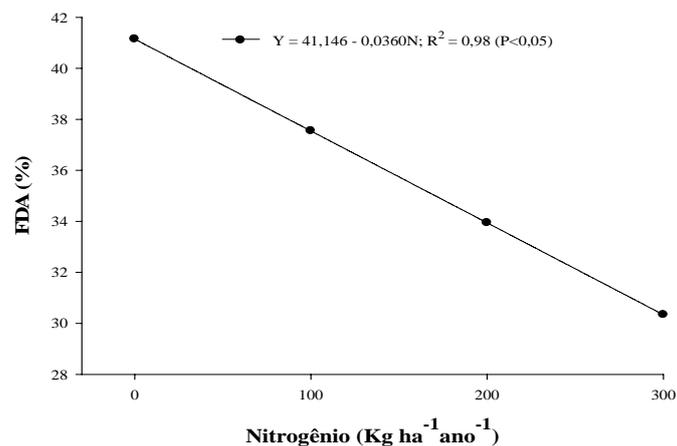


FIGURA 6. Teor de fibra em detergente ácido (FDA) na matéria seca, em função de doses de nitrogênio para o capim-marandu (média de três anos).

As adubações, principalmente a nitrogenada, além de aumentar a produção de massa seca, aumentam o teor de PB da forragem e, em alguns casos, diminuem o teor de fibra, contribuindo dessa forma para a melhoria da sua qualidade (Burton, 1998). Magalhães et al. (2005), trabalhando com doses de

nitrogênio (0; 100; 200 e 300 kg ha⁻¹) na *Brachiaria decumbens*, verificaram que a adubação nitrogenada reduziu o teor de FDA de 29,6% para 27,4 %.

4 CONCLUSÕES

A aplicação de nitrogênio foi determinante para a recuperação do capim-marandu. A maior produção de massa seca foi observada no segundo ano e o maior teor de PB no terceiro ano de estudo.

As maiores doses de nitrogênio promoveram acréscimos lineares na produção de massa seca e no teor de PB e redução nos teores de FDN e FDA.

O sulfato de amônio resultou em maior produção de massa seca do que a uréia, em todas as doses e anos avaliados.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO JR., D.; REGAZZI, A.J. et al. Características morfológicas e estruturais da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio e frequência de corte. **Acta Scientiarum**, v.27, n.1, p.17-24, 2005.
- BONFIM-DA-SILVA, E.M.; MONTEIRO, F.A. Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1289-1297, 2006.
- BRANCO, A.F. **Caracterização de alimentos para ruminantes**. Disponível em: <<http://www.potasal.com.br>. Acesso em: 20 ago. 2006.
- BURTON, G.W. Registration of Tifton 78 Bermuda grass. **Crop Science**, v.28, n.2, p.187-188, 1998.

- CESAR, A.S.M.; PERNA JÚNIOR, F.; TONETTI, P.A. et al. Algumas características agronômicas e fisiológicas de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés adubada com doses de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. CD-ROM.
- CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H.; PRIMAVESI, A.C. et al. Produção de matéria seca de capim-marandu (*Brachiaria brizantha*) em resposta a duas fontes de adubo nitrogenado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. CD-ROM.
- CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H.; PRIMAVESI, A.C. et al. Efeito de fontes e doses de nitrogênio na produção e qualidade da forragem de capim-*coastcross*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.763-772, 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed.rever. e atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MORAIS, R.V. et al. Avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.30-37, 2006.
- FERREIRA, D.F. **SISVAR - Sistema de análise de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA/DEX, 1999. Software.
- HAVLIN, J.L.; BEATON, J.D.; TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. **Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management**. 7.ed. New Jersey: Pearson, 2005. 515p.
- MAGALHÃES, A.F.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P. et al. Composição bromatológica do capim *Brachiaria decumbens* stapf adubado com doses crescentes de nitrogênio e de fósforo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. CD-ROM.

- MARTHA JÚNIOR, G.B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P.C.O. et al. Perdas de amônia por volatilização em pastagem de capim-Tanzânia adubada com uréia no verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2240-2247, 2004.
- MATTOS, W.T.; MONTEIRO, F.A. Produção e nutrição de capim-braquiária em função de doses de nitrogênio e enxofre. **Boletim de Indústria Animal**, v.60, n.1, p.1-10, 2003.
- NUSSIO, G.L.; CAMPOS, F.P.; PAZIANI, S.F. et al. Volumosos suplementares – estratégias de decisão e utilização. In: FORRAGICULTURA E PASTAGENS: temas em evidência, 2002, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2002. p.193-232.
- PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A. et al. Adubação Nitrogenada em capim-coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.68-78, 2004.
- PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A. et al. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.3, p.562-568, 2006.
- SANTOS JÚNIOR, J.G.; MONTEIRO, F.A. Nutrição de capim-Marandu submetido a doses de nitrogênio e idade de crescimento. **Boletim de Indústria Animal**, v.60, n.2, p.139-146, 2003.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SOUSA, D.M.G.; VILELA, L.; LOBATO, E. **Uso do gesso, calcário e adubos para pastagens no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 22p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 12).
- SOUZA NETO, J.M.; PEDREIRA, C.G.S. Característica do grau de degradação de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM. 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p.7-29.
- TISDALE, S.M.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. et al. **Soil fertility and fertilizers**. 5.ed. New York: Macmillan, 1993. 634p.
- VAN SOEST, P.J. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake relation to chemical composition and digestibility. **Journal of Animal Science**, v.24, n.3, p.834-44, 1965.

WERNER, J.C.; COLOZZA, M.T.; MONTEIRO, F.A. Adubação de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS. 18., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.129-156.

YDOYAGA, D.F.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F. et al. Métodos de recuperação de pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf. no Agreste Pernambucano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.699-705, 2006.

CAPÍTULO 2

DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO NA CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES DO CAPIM-MARANDU

(Artigo submetido para a Revista Ciência Rural)

RESUMO

O nitrogênio é um dos principais nutrientes responsáveis pelo aumento da produtividade e melhoria da qualidade da forragem. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito de doses e fontes de nitrogênio na concentração de nutrientes do capim-marandu. O experimento foi conduzido, de julho de 2003 a março de 2006, na Fazenda Modelo da Universidade Estadual de Goiás. O delineamento experimental utilizado foi blocos completos ao acaso, com três repetições. Nas parcelas foi utilizado um fatorial 2 x 4, sendo duas fontes de nitrogênio (sulfato de amônio e uréia) e quatro doses de nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹). Nas subparcelas, foram alocados os três anos (2004, 2005 e 2006), referentes ao tempo de avaliação da pastagem. Foram realizados três cortes de avaliação da forrageira por ano. As concentrações de nitrogênio, potássio, magnésio, enxofre, cobre, ferro e relação N:S foram maiores na maior dose de nitrogênio aplicada ao solo. O aumento das doses de nitrogênio promoveu redução na concentração de fósforo na planta. Maiores concentrações de enxofre foram observadas nas plantas que receberam sulfato de amônio em relação àquelas que receberam uréia em todas as doses estudadas e anos avaliados. Ao contrário, a relação N:S foi maior nas plantas que receberam nitrogênio proveniente da uréia.

Palavras-chave: Absorção de nutrientes, *Brachiaria brizantha*.

DOSES AND SOURCES OF NITROGEN ON NUTRIENT CONCENTRATIONS IN MARANDU PALISADEGRASS

(Paper submitted to *Rural Science Periodical*)

ABSTRACT

Nitrogen is an one principal among others, essential and responsible nutrient for forage productivity and pasture quality increasing. Besides that, this paper objective was to evaluate nitrogen doses and source effects on nutrient concentration in marandu palisadegrass. The experiment was carried out from July of 2003 to March of 2006 at the Modelo Farm of University State of Goiás in an 882 m² area. The pasture was established for more than ten years and it was presenting low herbage production being considered in moderate degradation phase. The treatment combination was made in a split-plot design with three replications. Main plot arrangements in a randomized complete block design was employed, were turned by a 2 x 4 factorial, being two sources of N (ammonium sulfate and urea) and four doses of N (0, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ yr⁻¹). Were represented by the years (2004, 2005 and 2006) referring to the time of pasture evaluation. Nitrogen, potassium, magnesium, sulfur, copper, iron concentration and N:S relationship were higher in high nitrogen doses applied in soil. Increasing nitrogen doses promoted reduction in phosphorus concentration in plant tissue. Plants that received ammonium sulfate presented higher sulfur concentration in relation to that received urea in all studied doses and evaluated years. At the contrary, higher N:S relation were observed in plants which received urea as nitrogen source.

Key Words: Ammonium sulfate, *Brachiaria brizantha*, nutrient absorption, urea.

1 INTRODUÇÃO

As plantas forrageiras do gênero *Brachiaria* ocupam espaços cada vez maiores nas pastagens brasileiras. Essas pastagens corretamente estabelecidas, adequadamente manejadas e adubadas constituem fonte de alimento para bovinos que podem ser produzidos economicamente e em larga escala. Contudo, apesar do potencial dessas forrageiras, os sistemas mais utilizados para pastejo continuam sendo aqueles extensivos, em regime extrativista, sem a devida atenção ao manejo da pastagem e correção/manutenção da fertilidade do solo, levando essas pastagens à degradação. Conseqüentemente, o valor nutritivo e a capacidade de recuperação destas plantas forrageiras diminuem, aumentando as possibilidades de erosão no solo (MEDEIROS et al., 2007).

A exploração racional de pastagens requer cuidados principalmente quanto ao fornecimento de nutrientes em quantidade e proporção adequadas às plantas. Entre os nutrientes, o nitrogênio é um dos grandes responsáveis pela produtividade da forrageira, pois permite, estando todos os outros nutrientes em quantidades adequadas, que a planta desenvolva o seu potencial de produtividade (BATISTA & MONTEIRO, 2006). A baixa disponibilidade de nutrientes é, seguramente, um dos fatores que mais interferem na produtividade e na qualidade da planta forrageira. Assim, o fornecimento de nutrientes, em quantidades e proporções adequadas, particularmente o nitrogênio, assume importância fundamental no processo produtivo de pastagens, pois o nitrogênio do solo, proveniente da mineralização da matéria orgânica, não é suficiente para atender à demanda de gramíneas com alto potencial produtivo (FAGUNDES et al., 2006).

O suprimento de nutrientes constitui-se em importante fator na nutrição de plantas, tendo em vista que a disponibilidade de nutrientes exerce grande

influência na nutrição que, por sua vez, reflete na produção e na recuperação da forrageira (BONFIM-DA-SILVA & MONTEIRO, 2006). Para um bom manejo da adubação, principalmente em sistema intensivo de produção, torna-se importante conhecer a necessidade de nutrientes das plantas forrageiras. O crescimento adequado do pasto, em sistemas intensivos de produção, é dependente de concentrações adequadas de nutrientes do solo e, conseqüentemente, da planta.

Várias pesquisas têm mostrado aumento na concentração de nutrientes em espécies do gênero *Brachiaria*, com incremento das doses de nitrogênio (SANTOS Jr. & MONTEIRO, 2003; OLIVEIRA et al., 2005; PRIMAVESI et al., 2005; PRIMAVESI et al., 2006; BATISTA & MONTEIRO, 2007).

Dada a importância da adubação nitrogenada, objetivou-se avaliar o efeito de doses e fontes de nitrogênio na concentração de nutrientes do capim-marandu, pelo período de três anos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido, de julho de 2003 a março de 2006, na Fazenda Modelo da Universidade Estadual de Goiás (UEG), em São Luís de Montes Belos, GO, a 579 m de altitude, 16°31'30" de latitude Sul e 50°22'20" de longitude Oeste. Predomina na região o clima tropical de savana do tipo Aw, conforme classificação de Köppen, com chuvas concentradas no verão (outubro-abril) e a estação seca no inverno (maio-setembro).

A área utilizada de pastagem foi de 882 m², dividida em três blocos de 294 m², com parcelas individuais de 20 m² e área útil de 6 m². A pastagem já se encontrava estabelecida há mais de dez anos, com baixa produção de forragem, em estágio moderado de degradação, devido à exploração intensiva com animais e falta de reposição de nutrientes no solo.

O delineamento experimental utilizado foi blocos completos ao acaso, com três repetições. Nas parcelas foi utilizado o esquema fatorial 2 x 4, sendo duas fontes (sulfato de amônio e uréia) e quatro doses de nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹). Nas subparcelas, foram alocados os três anos (2004, 2005 e 2006), referentes ao tempo de avaliação da pastagem.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006), de textura argilosa, cujas médias das características químicas do solo, na profundidade de 0-20 cm em todos os anos estudados, estão apresentadas na Tabela 1. A metodologia utilizada para a análise de solo foi da EMBRAPA (1997).

TABELA 1. Resultados das determinações químicas do solo (análises realizadas antes da aplicação dos fertilizantes em cada ano).

Características do solo	2003	2004	2005
pH (água)	5,2	5,1	4,6
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,0	0,1	0,2
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	3,9	4,5	5,3
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,70	2,79	2,20
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,00	0,91	0,23
K (cmol _c dm ⁻³)	0,42	0,23	0,11
P- Mehlich1 (mg dm ⁻³)	1,3	6,4	1,8
SO ₄ ⁻² (mg dm ⁻³)	9,8	18,9	30,0
Cu (mg dm ⁻³)	0,4	1,7	1,0
Zn (mg dm ⁻³)	0,2	2,9	0,7
Fe (mg dm ⁻³)	13,0	30,0	31,3
Mn (mg dm ⁻³)	27,4	41,0	15,6
MOS (g dm ⁻³)	11,0	18,0	20,0
CTC pH 7,0 (cmol _c dm ⁻³)	8,0	8,4	7,8
V (%)	51,5	46,7	32,5

As adubações de manutenção, em todos os anos de avaliação da pastagem, foram realizadas com base nos resultados obtidos das análises dos solos de cada ano. No primeiro ano (2003), foram aplicados 500 kg ha⁻¹ de

calcário dolomítico com 85% de PRNT em cobertura, 60 dias antes do período chuvoso. Em setembro, após as primeiras chuvas foram aplicados 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 100 kg ha^{-1} de S, 80 kg ha^{-1} de K_2O e 30 kg ha^{-1} de FTE BR-12, utilizando como fontes: superfosfato simples, cloreto de potássio e fritas, respectivamente. A partir dos resultados da análise em amostra de solo do segundo ano (2004), foi realizada adubação de manutenção com 50 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 33 kg ha^{-1} de S e 100 kg ha^{-1} de K_2O , provenientes das fontes de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. No terceiro ano de avaliação (2005), foram aplicados 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 100 kg ha^{-1} de S, 120 kg ha^{-1} de K_2O e 20 kg ha^{-1} de FTE BR-12, na forma de superfosfato simples, cloreto de potássio e fritas, respectivamente. Toda a adubação de manutenção nos três anos foi realizada com uma única aplicação em cobertura, antes dos fertilizantes nitrogenados, no início o período chuvoso (setembro).

A adubação nitrogenada em cada ano foi aplicada em cobertura, parcelada em três épocas, após cada corte de avaliação da forrageira, tendo a primeira aplicação realizada em dezembro, a segunda em janeiro e a terceira em fevereiro, todas com intervalo de trinta dias.

Foram realizados três cortes da planta forrageira por ano. O primeiro trinta dias após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados (janeiro), o segundo trinta dias após o primeiro (fevereiro) e o terceiro trinta dias após o segundo (março).

A planta forrageira foi coletada com auxílio de um quadrado de ferro de $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ e cortada com tesoura de aço à altura de 20 cm da superfície do solo. Após cada corte de avaliação, foi realizado o corte de uniformização de toda a área experimental, na mesma altura de corte das plantas avaliadas, sendo retirado da área o resíduo resultante dessa uniformização.

O material coletado no campo foi acondicionado em saco plástico, identificado e enviado ao laboratório, onde foi pesado para determinação da

massa verde coletada por parcela e, posteriormente, foi retirada uma amostra representativa da forragem de, aproximadamente, 500 g. Em seguida, o material foi colocado em estufa de ventilação forçada de ar, com temperaturas entre 58° e 65°C, por 72 horas, para determinação da matéria seca parcial. Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho do tipo Willey, com peneira de 1 mm, armazenadas em sacos plásticos para serem analisadas.

A análise química da forragem foi realizada da parte aérea inteira, em que foram determinadas as concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, zinco, cobre, manganês e ferro, de acordo com a metodologia descrita por MALAVOLTA et al. (1997).

Os dados obtidos receberam tratamento estatístico pelo software SISVAR 4,6 (Ferreira, 1999). Inicialmente, foi realizada a análise de variância para as combinações das doses e fontes de nitrogênio, em que o ano foi considerado como parcela subdividida no tempo. Em função da significância para essas variáveis, ajustaram-se curvas de regressão. Utilizou-se o nível de significância de 5% em todos os testes estatísticos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise de variância, observaram-se efeitos significativos nas doses de nitrogênio e anos avaliados para a concentração de nitrogênio no tecido da planta. Nos três anos de avaliação, houve ajuste linear na concentração de nitrogênio à medida que aumentavam-se as doses de nitrogênio. A dose de 300 kg ha⁻¹ foi superior às demais doses estudadas, em todos os anos avaliados (Figura 1), mostrando aumento em relação à não aplicação de nitrogênio de 38%, 39% e 54%, para os anos de 2004, 2005 e 2006, respectivamente. Nas parcelas sem adubação com nitrogênio foram observados sintomas visuais de

deficiência do nutriente, caracterizada pela clorose generalizada das folhas velhas.

Nas maiores doses de nitrogênio foram verificadas concentrações de 18,86; 20,96 e 27,73 g kg⁻¹, para os anos de 2004, 2005 e 2006, respectivamente. A maior concentração de nitrogênio foi observada no ano de 2006. Neste ano foram observados, nas doses máximas estudadas, aumentos de 32% e 24% em relação aos anos de 2004 e 2005. Isso pode ser explicado pela menor produção de forragem obtida nesse ano (COSTA et al., 2007), devido à influência dos fatores climáticos, acumulando, assim, maiores quantidades de nitrogênio nos tecidos da planta. WERNER et al. (1996) relataram que a faixa adequada de concentração de nitrogênio para forrageiras varia de 13 a 20 g kg⁻¹.

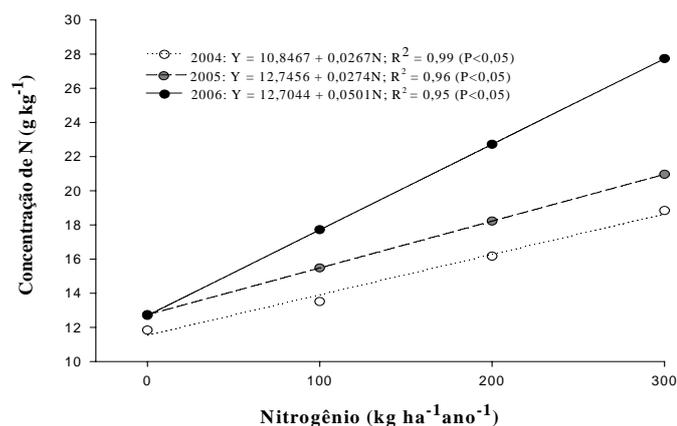


FIGURA 1. Concentração de nitrogênio (N) na parte aérea do capim-marandu em função das doses de nitrogênio e anos de avaliação (média de três cortes por ano).

Em estudo de doses de nitrogênio e enxofre na recuperação de pastagem do capim-marandu em Neossolo quartzarênico, OLIVEIRA et al. (2005) verificaram aumento na concentração de nitrogênio na parte aérea à medida que

ocorreu elevação no fornecimento do elemento. Resultados semelhantes também foram obtidos por LAVRES Jr. & MONTEIRO (2006), no capim-aruaana (*Panicum maximum*).

Também para a concentração de fósforo, foi observada significância para as doses de nitrogênio e anos avaliados. O aumento das doses de nitrogênio resultou em redução na concentração de fósforo de forma linear, em todos os anos avaliados (Figura 2). As médias ajustadas pela equação de regressão nas doses máximas foram de 1,65; 1,93 e 1,78 g kg⁻¹, mostrando redução de 57%, 46% e 61% em relação à não-aplicação de nitrogênio, nos anos de 2004, 2005 e 2006, respectivamente. Mesmo ocorrendo essa redução nas maiores doses aplicadas de nitrogênio, os valores encontrados neste estudo, para todas as doses estudadas e anos avaliados, são consideradas normais para parte aérea das plantas forrageiras que, segundo SILVA (1999), varia de 0,8 a 3,0 g kg⁻¹.

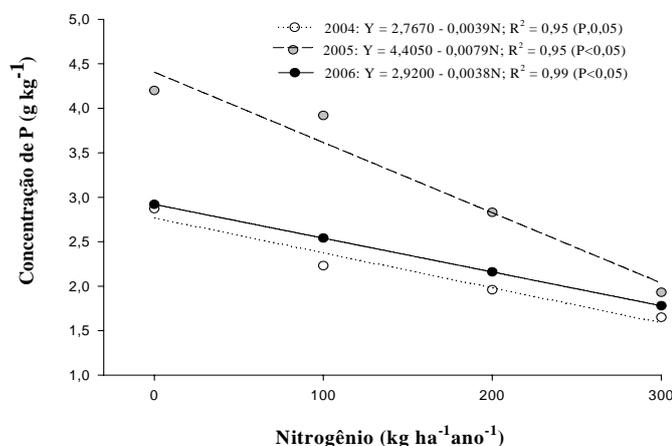


FIGURA 2. Concentração de fósforo (P) na parte aérea do capim-marandu, em função das doses de nitrogênio e anos de avaliação (média de três cortes por ano).

A maior concentração de fósforo obtida na testemunha foi verificada no ano de 2005 (Figura 2), mostrando aumento de 14% e 7% em relação aos anos de 2004 e 2006, respectivamente. Isso pode ser explicado pelo maior teor de fósforo no solo no ano de 2004 (Tabela 1), ficando esse nutriente com maior disponibilidade para as plantas no ano de 2005. PRIMAVESI et al. (2006), trabalhando com doses e fontes de nitrogênio no capim-marandu, verificaram que as concentrações de fósforo não variaram com doses de nitrogênio na forma de nitrato de amônio e reduziu na forma de uréia.

Houve efeito significativo das doses de nitrogênio e anos avaliados na concentração de potássio. Observa-se, na Figura 3, que a concentração de potássio na parte aérea do capim-marandu aumentou de forma linear com o acréscimo das doses de nitrogênio em todos os anos, obtendo-se valores na dose máxima de 27,2; 29,7 e 29,4 g kg⁻¹, para os anos de 2004, 2005 e 2006, respectivamente. SILVEIRA et al. (2005) relataram que as concentrações de potássio em lâminas foliares recém-expandidas no capim-braquiária podem variar entre 15 a 25 g kg⁻¹. Para ruminantes o requerimento de potássio é estimado em 5,0 a 10,0 g kg⁻¹ na MS da dieta (McDOWELL, 1999).

Em estudo da absorção de cátions e ânions pelo capim-coastcross adubado com doses de nitrogênio de 0; 25; 50; 100 e 200 kg ha⁻¹ corte⁻¹ nas fontes de uréia e nitrato de amônio, PRIMAVESI et al. (2005) verificaram que as maiores doses de nitrogênio propiciaram aumento na concentração de potássio, cálcio e magnésio no tecido da planta, sendo maior para o potássio.

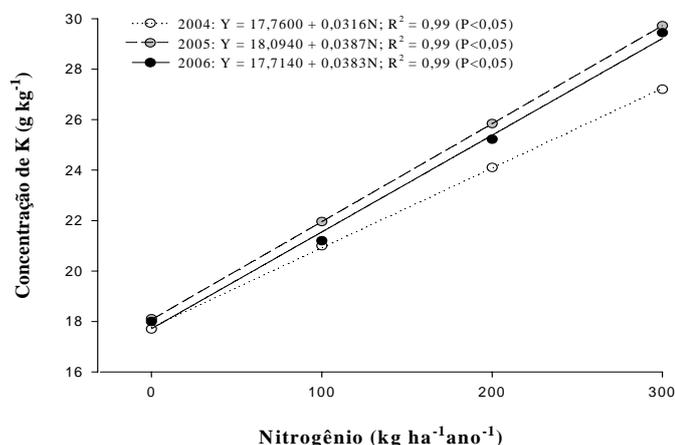


FIGURA 3. Concentração de potássio (K) na parte aérea do capim-marandu, em função das doses de nitrogênio e anos de avaliação (média de três cortes por ano).

Não foi observada significância das doses de nitrogênio, fontes, anos de avaliação e na interação desses fatores para a concentração de cálcio. Entretanto, a concentração de magnésio foi influenciada pelas doses de nitrogênio, apresentando aumento linear (Figura 4). A variação entre a não-aplicação de nitrogênio e a maior dose empregada na média dos três anos foi de 2,36 a 2,83 g kg⁻¹, respectivamente, mostrando aumento de 24%. Em todas as doses estudadas, as concentrações de magnésio no capim-marandu encontraram-se acima das exigências requeridas pelos ruminantes que, segundo McDOWELL (1999), situam-se entre 1,6 e 1,9 g kg⁻¹. SILVA (1999) explicou que o requerimento de magnésio para crescimento vegetal entre o período de novembro a fevereiro está na faixa de 1,5 a 4,0 g kg⁻¹ na matéria seca da parte aérea nas pastagens de *Brachiaria brizantha*.

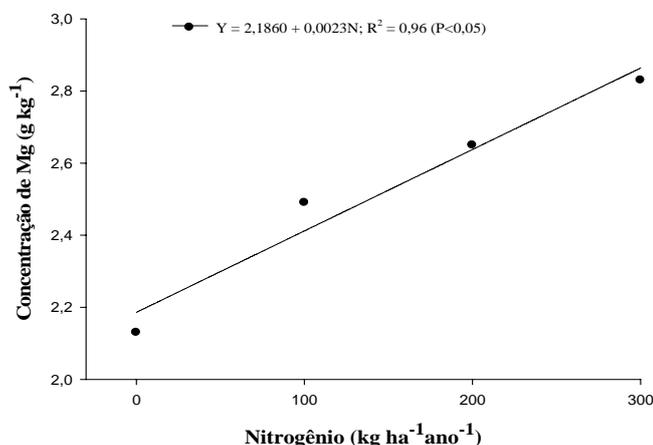


FIGURA 4. Concentração de magnésio (Mg) na parte aérea do capim-marandu, em função das doses de nitrogênio (média dos três anos).

A concentração de enxofre não foi influenciada pelas doses de nitrogênio e anos avaliados. No entanto, foi observado efeito significativo das doses e fontes de nitrogênio. Observa-se, na Figura 5, aumento linear na concentração desse nutriente em ambas as fontes, em função das doses de nitrogênio. Apesar da aplicação de enxofre na forma de supersimples em todas as parcelas, a concentração de enxofre na dose máxima foi superior a uréia em 39%, devido, ainda, ao fato de o sulfato de amônio apresentar 23% de enxofre na sua composição (CANTARELLA, 2007). É importante ressaltar que áreas que recebem grandes quantidades de adubos nitrogenados necessitam de um suprimento de enxofre, no sentido de maximizar produção de forragem, principalmente em áreas degradadas, com pequenos teores de matéria orgânica, onde, normalmente, os teores de enxofre-sulfato encontram-se baixos no solo (BONFIM-DA-SILVA & MONTEIRO, 2006).

MATTOS & MONTEIRO (2003) observaram concentração de enxofre de 2,81 g kg⁻¹ em folha diagnóstica do capim-braquiária, em função de doses de nitrogênio e enxofre, na maior dose estudada. BONFIM-DA-SILVA (2005) verificou que a variação na concentração de enxofre na parte aérea entre a não aplicação e a maior dose empregada de enxofre foi de 1,12 a 1,79 e 1,72 a 2,31 g kg⁻¹, respectivamente, para o primeiro e segundo cortes do capim-braquiária. Entretanto, em estudos com doses e fontes de nitrogênio, PRIMAVESI et al. (2006) concluíram que as concentrações de enxofre não variaram com as doses de nitrogênio, mas ocorreu variação entre as fontes, observando concentrações superiores no nitrato de amônio em relação à uréia.

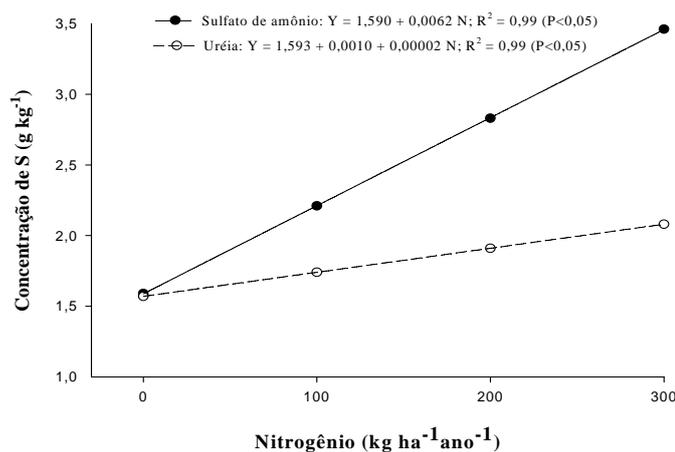


FIGURA 5. Concentração de enxofre (S) na parte aérea do capim-marandu, função das doses e fontes de nitrogênio (média de três cortes por ano).

MONTEIRO & CARRIEL (1987) relataram que além da concentração de enxofre no tecido foliar, a relação nitrogênio:enxofre (N:S) tem sido amplamente utilizada para avaliar o estado nutricional das plantas quanto ao

enxofre. No presente trabalho, a relação N:S foi influenciada pelas doses e fontes de nitrogênio e doses e anos avaliados.

A relação N:S respondeu à adubação nitrogenada de forma quadrática para ambas as fontes, tendo que a uréia sido superior ao sulfato de amônio (Figura 6). A máxima relação encontrada na uréia foi de 10,5:1, obtida nas doses de 200 e 300 kg ha⁻¹. Entretanto, para o sulfato de amônio, por ser fonte de enxofre, ocorreu queda de 7,5% à medida que se aumentou as doses de nitrogênio, atingindo relação de 6,8:1. A variação na relação N:S na fonte de uréia entre a não aplicação de nitrogênio e a maior dose aplicada foi de 7,3:1 a 10,3:1, respectivamente, mostrando aumento de 69%.

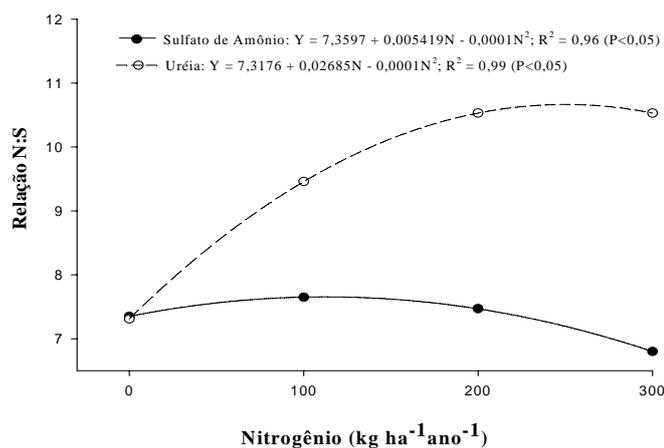


FIGURA 6. Relação N:S na parte aérea do capim-marandu, em função das doses e fontes de nitrogênio (média de três cortes por ano).

Estudando a relação entre suprimento e concentração de nutrientes nos tecidos foliares do capim-marandu, submetido a doses de nitrogênio e enxofre, BATISTA & MONTEIRO (2007) verificaram que a relação N:S depende do

fornecimento tanto de nitrogênio quanto de enxofre, mostrando que a relação N:S nas lâminas de folhas recém-expandidas variou de 2,8:1 a 37,2:1.

Nos três anos avaliados, a relação N:S se comportou de forma quadrática com a aplicação das doses de nitrogênio. Os valores médios observados para a relação N:S nas plantas desenvolvidas na ausência de aplicação de nitrogênio, para os anos de 2004, 2005 e 2006, foram de 6,8:1; 7,6:1 e 7,4:1, respectivamente (Figura 7). Nos anos de 2004 e 2005, pequenas variações foram observadas entre as doses de nitrogênio para a relação N:S. Para o ano de 2006, na dose máxima, a relação N:S foi de 10,9:1, mostrando aumento em relação à não aplicação de nitrogênio de 69%.

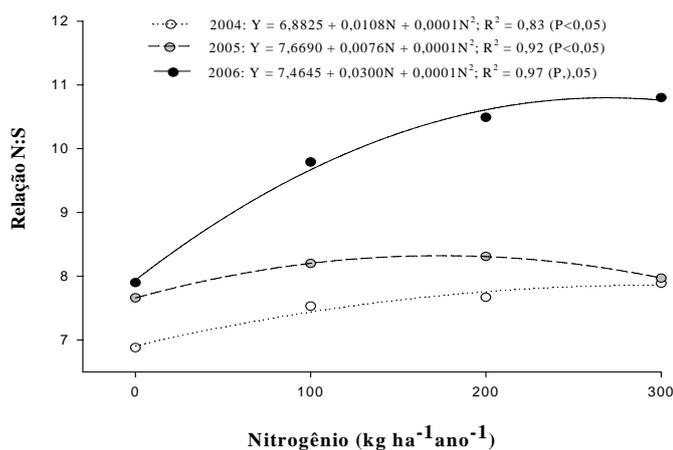


FIGURA 7. Relação N:S na parte aérea do capim-marandu, em função das doses de nitrogênio e anos de avaliação (média de três cortes por ano).

COSTA et al. (2005), trabalhando com capim-tanzânia (*Panicum maximum*), encontraram relação N:S de 11:1. BONFIM-DA-SILVA (2005) observou relação N:S de 12,9:1 e 14,2:1 na maior dose de nitrogênio,

respectivamente, para o segundo e o terceiro cortes no capim-marandu. Para avaliação do estado nutricional da planta, além dos resultados da análise foliar para concentração de enxofre, torna-se necessário considerar também a relação N:S no tecido vegetal, conforme discutido por MONTEIRO et al. (2004).

As concentrações de zinco e manganês foram semelhantes em relação aos tratamentos aplicados, não observando efeito significativo entre doses, fontes e anos e na interação desses fatores, para esses nutrientes. As concentrações desses nutrientes ficaram na faixa adequada para o requerimento mínimo na dieta de ruminantes, que é de 20 a 40 mg kg⁻¹ de zinco e manganês (McDOWELL, 1999).

Entretanto, houve efeito significativo das doses de nitrogênio e anos avaliados para a concentração de cobre. Observou-se acréscimo linear na concentração desse nutriente, com o aumento das doses de nitrogênio (Figura 8), mostrando na maior dose de nitrogênio aplicada, incremento de 42%, 47% e 40% em relação à não-aplicação de nitrogênio, para os anos de 2004, 2005 e 2006, respectivamente.

As maiores concentrações de cobre foram observadas no ano de 2006, chegando a atingir 6,02 mg kg⁻¹ na dose máxima estudada, mostrando aumento de 12% e 5,8% em relação aos anos de 2004 e 2005. As concentrações de cobre encontradas na forragem são adequadas para os bovinos, segundo McDOWELL (1999).

PRIMAVESI et al. (2006), trabalhando com doses de nitrogênio de 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ corte⁻¹ no capim-marandu, nas fontes de uréia e de nitrato de amônio, verificaram concentrações mais altas de cobre, variando de 7 a 10 mg kg⁻¹.

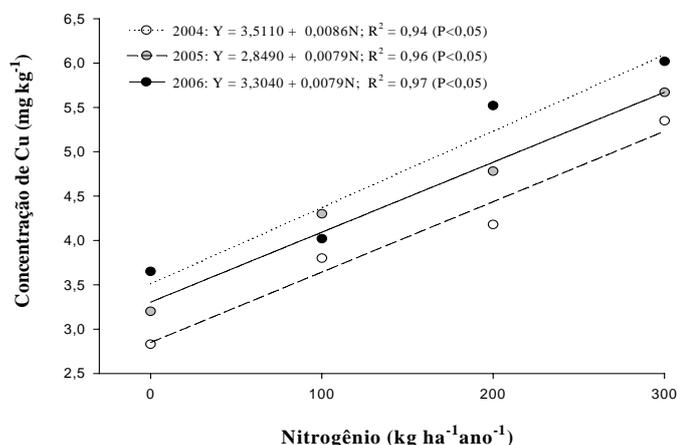


FIGURA 8. Concentração de cobre (Cu) na parte aérea do capim-marandu, em função das doses de nitrogênio e anos de avaliação (média de três cortes por ano).

A concentração de ferro não foi influenciada pelas doses e fontes de nitrogênio e pelas doses e anos avaliados. Contudo, houve efeito significativo isolado para as doses de nitrogênio (Figura 9), observando-se acréscimo linear com o aumento das doses de nitrogênio. As médias dos três anos ajustadas pela equação de regressão foram de 73,35 mg kg⁻¹ para a não-aplicação de nitrogênio e de 134,16 mg kg⁻¹ para dose de 300 kg ha⁻¹, mostrando aumento de 45% em relação à dose máxima. Esses valores atendem às exigências para os animais, pois, segundo McDOWELL (1999), o requerimento estimado de ferro para ruminante adulto encontra-se entre 30 a 60 mg kg⁻¹ e, para bezerros, é de 100 mg kg⁻¹.

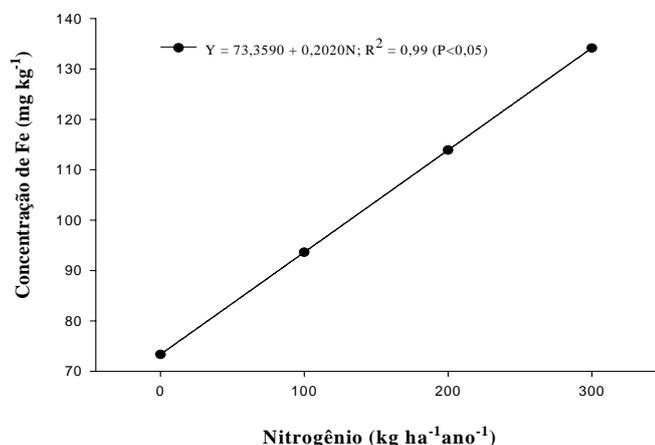


FIGURA 9. Concentração de ferro (Fe) na parte aérea do capim-marandu, em função das doses de nitrogênio (média dos três anos).

COSTA et al. (2004), trabalhando com nitrogênio, potássio e enxofre em capim-tanzânia, verificaram que as concentrações médias de ferro ficaram entre 178 e 255 mg kg⁻¹, no período da seca e 78 e 87 mg kg⁻¹, nas águas.

4 CONCLUSÕES

As concentrações de nitrogênio, potássio, magnésio, enxofre, cobre, ferro e relação N:S foram maiores na maior dose de nitrogênio aplicada ao solo.

O aumento das doses de nitrogênio promoveu redução na concentração de fósforo.

As plantas que receberam sulfato de amônio apresentaram maior concentração de enxofre em relação às que receberam uréia em todas as doses estudadas e nos anos avaliados. Ao contrário, a relação N:S foi maior nas plantas que receberam nitrogênio proveniente da uréia.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, K.; MONTEIRO, F.A. Respostas morfológicas e produtivas do capim-Marandu adubado com doses combinadas de nitrogênio e enxofre. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1281-1288, 2006.
- BATISTA, K.; MONTEIRO, F.A. Nitrogênio e enxofre no capim-Marandu: relação entre suprimento e concentração nos tecidos foliares. **Scientia Agrícola**, v.64, n.1, p.44-51, 2007.
- BONFIM-DA-SILVA, E.M. **Nitrogênio e enxofre na recuperação de capim-Braquiária em degradação em Neossolo Quartzarênico com expressiva matéria orgânica**. 2005. 123p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- BONFIM-DA-SILVA, E.M.; MONTEIRO, F.A. Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1289-1297, 2006.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. **Fertilidade do Solo**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.375-470, 2007.
- COSTA, K.A.P. et al. Recuperação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob doses e fontes de nitrogênio em estágio moderado de degradação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais**. Jaboticabal: SBZ, 2007. CD-ROM.
- COSTA, K.A.P. et al. Composição química e bromatológica do capim-tanzânia em função de doses de nitrogênio, potássio e enxofre. **Ciência Animal Brasileira**, v.25, n.2, p.83-91, 2004.
- COSTA, K.A.P. et al. Produção de massa seca, eficiência e recuperação do nitrogênio e enxofre pelo capim-tanzânia adubado com nitrogênio, potássio e enxofre. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.3, p.598-603, 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rever. e atual. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 2006. 306p.

FAGUNDES, J.L. et al. Avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.30-37, 2006.

FERREIRA, D.F. **SISVAR - Sistema de análise de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA/DEX, 1999. Software.

LAVRES Jr., J.; MONTEIRO, F.A. Diagnose nutricional de nitrogênio no capim-aruaana em condições controladas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.5, p.829-837, 2006.

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MATTOS, W.T.; MONTEIRO, F.A. Produção e nutrição de capim-braquiária em função de doses de nitrogênio e enxofre. **Boletim de Indústria Animal**, v.60, n.1, p.1-10, 2003.

McDOWELL, L.R. **Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil**. 3.ed. Florida: University of Florida, 1999. 89p.

MEDEIROS, L.T. et al. Produção e qualidade da forragem de capim-marandu fertiirrigada com dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.309-318, 2007.

MONTEIRO, F.A.; CARRIEL, J.M. Aplicação de níveis de enxofre na forma de gesso para o cultivo do capim-colonião em dois solos arenosos do estado de São Paulo. **Boletim de Indústria Animal**, v.44, n.2, p.335-347, 1987.

MONTEIRO, F.A. et al. Enxofre e micronutrientes em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p.279-301.

OLIVEIRA, P.P.A. et al. Fertilização com nitrogênio e enxofre na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1121-1129, 2005.

PRIMAVESI, A.C. et al. Adubação Nitrogenada em capim-coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.68-78, 2004.

PRIMAVESI, A.C. et al. Absorção de cátions e ânions pelo capim-coastcross adubado com uréia e nitrato de amônio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.3, p.247-253, 2005.

PRIMAVESI, A.C. et al. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.3, p.562-568, 2006.

SANTOS Jr., J.D.G.; MONTEIRO, F.A. Nutrição em nitrogênio do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio e idades de crescimento. **Boletim da Indústria Animal**, v.60, p.139-146, 2003.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370p.

SILVEIRA, C.P. et al. Calibração do modelo e validação do sistema integrado de diagnose e recomendação para o capim-braquiária. **Scientia Agrícola**, v.62, n.6, p.520-527, 2005.

WERNER, J.C. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p.263-273. (Boletim Técnico, 100).

CAPÍTULO 3

DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO SOBRE ALGUNS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOB PASTAGEM DE CAPIM-MARANDU

(Artigo submetido para a Revista Brasileira de Ciência do Solo)

RESUMO

A reconstituição da fertilidade do solo é um dos caminhos para recuperar a capacidade produtiva de pastagem em degradação. Assim, a adubação com nitrogênio insere-se nesse contexto como uma alternativa para melhoria da fertilidade do solo e, conseqüentemente, para o aumento do potencial de produção das pastagens. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito das doses e fontes de nitrogênio no pH do solo, alumínio trocável, teores de matéria orgânica do solo, nitrogênio total e nitrogênio mineral (N-NO_3^- , N-NH_4^+), em solo sob cultivo do capim-marandu, pelo período de três anos. O experimento foi conduzido, de julho de 2003 a março de 2006, na Fazenda Modelo da Universidade Estadual de Goiás, numa área de 882 m². A pastagem já se encontrava estabelecida há mais de dez anos, com baixa produção de forragem. O delineamento experimental utilizado foi blocos completos ao acaso, com três repetições. Nas parcelas foi utilizado um fatorial 2 x 4, sendo duas fontes de nitrogênio (sulfato de amônio e uréia) e quatro doses de nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹). Nas subparcelas, foram alocados os três anos (2004, 2005 e 2006) referentes ao tempo de avaliação da pastagem. O aumento das doses de nitrogênio de ambas as fontes promoveu, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, redução do pH do solo e aumento dos teores de alumínio trocável, matéria orgânica, nitrogênio total, nitrogênio nítrico e amoniacal. O sulfato de amônio promoveu menores valores de pH e maiores teores de alumínio trocável do que a

uréia, cujos valores foram se acentuando com os anos de avaliação. Os teores de amônio foram superiores aos de nitrato no solo, em todas as doses de nitrogênio.

Palavras Chave: Alumínio trocável, pH, matéria orgânica do solo, nitrogênio mineral, nitrogênio total.

**NITROGEN DOSES AND SOURCES ON ANY SOIL CHEMICAL
CHARACTERISTICS UNDER MARANDU PALISADEGRASS PASTURE**

(Paper submitted to Brazilian Periodical of Soil Science)

ABSTRACT

Nitrogen deficiency is one of important causes of cropped pasture degradation, mainly in *Brachiaria* genus. Soil recuperation is one way to recuperate the productive capacity of grasses in degradation. Among in the midst of nutrients, nitrogen is considered a prominent factor which is the great responsible by pasture area recuperation. Besides that, the research objected to evaluated doses and sources effects on soil pH, exchangeable aluminum, organic matter contents, total and mineral nitrogen (N-NO_3^- and N-NH_4^+) in soil under marandu palisadegrass by three years period. The experiment was carried out from July of 2003 to March of 2006 in the Modelo Farm of University State of Goiás in 882 m² area. The pasture has been established for more than ten years and was presenting low herbage production being considered in moderate degradation phase. The treatment combination was made in a split-plot design using three replications. Main plot arrangements in a complete randomized complete block design was employed, were turned by a 2 x 4 factorial, being two sources of N (ammonium sulfate and urea) and four doses of N (0, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ yr⁻¹). Were represented by the years (2004, 2005 and 2006) referring to the time of pasture evaluation. The gotten results showed that increasing nitrogen doses in both souces promotted in 0-20 and 20-40 cm dept decreasing in soil pH and increasing in exchangeable soil Al, organic matter, total, nitric and ammoniac nitrogen. Ammonium sulfate promoted lower pH values and higher exchangeable Al than urea, wich values were becoming higher accord to

studied year. N-NH₄⁺ contents were higher than N-NO₃ in soil in all nitrogen doses.

Key Words: Exchangeable aluminum, pH, soil organic matter, total and mineral nitrogen.

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade de nitrogênio no solo depende do balanço líquido entre os processos de mineralização e de imobilização. Em pastagens tropicais extensivamente manejadas, sem adubação nitrogenada, a disponibilidade de nitrogênio depende, em grande parte, da mineralização do nitrogênio dos resíduos vegetais. O balanço entre esses processos pode variar com o tempo e, principalmente, com a natureza do resíduo orgânico em decomposição, além de depender da atividade microbiana do solo (Marschner, 1997).

Os adubos nitrogenados mais comercializados e utilizados em pastagens no Brasil são a uréia (44% a 46% de N) e o sulfato de amônio (20% a 21% de N). A uréia tem como vantagens menor custo por quilograma, apresenta alta concentração de nitrogênio, é de fácil manipulação e causa menor acidificação no solo, o que a torna potencialmente superior a outras fontes, do ponto de vista econômico. Mas, comumente, apresenta maior perda de nitrogênio por volatilização (Primavesi et al., 2004; Martha Júnior et al., 2004). Por outro lado, o sulfato de amônio apresenta vantagens de menor perda de nitrogênio e ser fonte de enxofre (24% S), embora apresente maior custo por quilograma de nitrogênio (Primavesi et al., 2004). O fornecimento de enxofre é extremamente vantajoso para as pastagens estabelecidas na região do cerrado, cujos solos apresentam baixa disponibilidade nesse elemento (Sousa et al., 2001). Além disso, Tisdale et al. (1993) afirmaram que o suprimento adequado de enxofre no solo aumenta a resposta da planta forrageira ao nitrogênio aplicado e pode melhorar a sua eficiência de uso. Contudo, o sulfato de amônio apresenta a desvantagem de promover maior acidificação do solo, em relação àquela gerada pela uréia e pelo nitrato de amônio.

Lange et al. (2006) relataram que a fertilização com uréia, por ser uma molécula de reação básica, inicialmente causa aumento do pH, principalmente

ao redor dos grânulos do adubo. Porém, após a nitrificação do amônio, originado da hidrólise da uréia, o pH decresce para valores inferiores aos originais. A acidificação provocada pelo uso de adubos nitrogenados pode alterar também outros atributos químicos do solo, como aumentar o teor de alumínio trocável, reduzir a CTC efetiva e as bases trocáveis e, conseqüentemente, aumentar a necessidade de calagem (Paiva, 1990).

Estudos indicam que o uso de adubos nitrogenados em pastagens, normalmente, aumenta o teor de nitrogênio total, nitrato e amônio no solo. Contudo, aplicações sucessivas com doses altas podem provocar acidificação do solo (Campos 2004; Bonfim-da-Silva, 2005; Batista, 2006; Lange et al., 2006).

Neste contexto, objetivou-se avaliar o efeito das doses e fontes de nitrogênio no pH do solo, alumínio trocável, teores de matéria orgânica do solo, nitrogênio total e nitrogênio mineral (N-NO_3^- , N-NH_4^+) do solo, sob cultivo do capim-marandu, pelo período de três anos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido, de julho de 2003 a março de 2006, na Fazenda Modelo da Universidade Estadual de Goiás (UEG), em São Luís de Montes Belos, GO, a 579 m de altitude, $16^{\circ}31'30''$ de latitude Sul e $50^{\circ}22'20''$ de longitude Oeste. Predomina na região o clima tropical de savana do tipo Aw, conforme classificação de Koppen, com chuvas concentradas no verão (outubro-abril) e a estação seca no inverno (maio-setembro).

A área utilizada de pastagem foi de 882 m², dividida em três blocos de 294 m², com parcelas individuais de 20 m² e área útil de 6 m². A pastagem já se encontrava estabelecida há mais de dez anos, com baixa produção de forragem, em estágio moderado de degradação, devido à exploração intensiva de animais e à falta de reposição de nutrientes no solo.

O delineamento experimental utilizado foi blocos completos ao acaso, com três repetições. Nas parcelas foi utilizado o esquema fatorial 2 x 4, sendo duas fontes (sulfato de amônio e uréia) e quatro doses de nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹). Nas subparcelas, foram alocados os três anos (2004, 2005 e 2006) referentes ao tempo de avaliação da pastagem.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho (Embrapa, 2006), de textura argilosa, cujas médias das características químicas do solo, na profundidade de 0-20 cm em todos os anos estudados, estão apresentadas na Tabela 1. A metodologia utilizada para a análise de solo foi da Embrapa (1997).

TABELA 1. Resultados das determinações químicas do solo (análises realizadas antes da aplicação dos fertilizantes em cada ano).

Características do solo	2003	2004	2005
pH (água)	5,2	5,1	4,6
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,0	0,1	0,2
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	3,9	4,5	5,3
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,70	2,79	2,20
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,00	0,91	0,23
K (cmol _c dm ⁻³)	0,42	0,23	0,11
P-Mehlich1 (mg dm ⁻³)	1,3	6,4	1,8
SO ₄ ⁻² (mg dm ⁻³)	9,8	18,9	30,0
Cu (mg dm ⁻³)	0,4	1,7	1,0
Zn (mg dm ⁻³)	0,2	2,9	0,7
Fe (mg dm ⁻³)	13,0	30,0	31,3
Mn (mg dm ⁻³)	27,4	41,0	15,6
MOS (g dm ⁻³)	11,0	18,0	20,0
CTC pH 7,0 (cmol _c dm ⁻³)	8,0	8,4	7,8
V (%)	51,5	46,7	32,5

As adubações de manutenção em todos os anos de avaliação do solo foram realizadas com base nos resultados obtidos das análises dos solos de cada ano. No primeiro ano (2003), foram aplicados 500 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico com 85% de PRNT em cobertura, 60 dias antes do período chuvoso. Em

setembro, após as primeiras chuvas foram aplicados 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 100 kg ha⁻¹ de S, 80 kg ha⁻¹ de K₂O e 30 kg ha⁻¹ de FTE BR-12, utilizando como fontes: superfosfato simples, cloreto de potássio e fritas, respectivamente. A partir dos resultados da análise em amostra de solo do segundo ano (2004), foi realizada adubação de manutenção com 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 33 kg ha⁻¹ de S e 100 kg ha⁻¹ de K₂O, provenientes das fontes de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. No terceiro ano de avaliação (2005), foram aplicados 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 100 kg ha⁻¹ de S, 120 kg ha⁻¹ de K₂O e 20 kg ha⁻¹ de FTE BR-12, na forma de superfosfato simples, cloreto de potássio e fritas, respectivamente. Toda a adubação de manutenção nos três anos foi realizada com uma única aplicação em cobertura, antes dos fertilizantes nitrogenados, no início o período chuvoso (setembro).

A adubação nitrogenada em cada ano foi parcelada em três épocas, após cada corte de avaliação da forrageira, tendo a primeira aplicação realizada em dezembro, a segunda em janeiro e a terceira em fevereiro, com intervalo de trinta dias entre elas.

Durante os três anos de condução do experimento foram realizados três cortes por ano do capim-marandu, no período das águas, a cada trinta dias. Após cada corte de avaliação da planta forrageira foram coletadas, com trado holandês, duas amostras de solos por parcela, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, para acompanhar a dinâmica do nitrogênio e o efeito das doses e fontes de nitrogênio em alguns atributos químicos do solo.

A determinação do pH foi realizada em água. O alumínio (Al) trocável foi extraído com KCl 1 mol L⁻¹ e depois titulado com NaOH 0,025 mol L⁻¹. A matéria orgânica do solo (MOS) foi determinada pela oxidação úmida com Na₂Cr₂O₇ 4N + H₂SO₄ 10 mol L⁻¹ e o nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl. Todos esses atributos foram analisados por meio da metodologia da Embrapa (1997). O nitrogênio amoniacal (N-NH₄⁺) e o

nitrogênio nítrico (N-NO_3^-) foram avaliados pelo método de destilação a vapor descrito por Tedesco et al. (1985).

Os dados obtidos receberam tratamento estatístico pelo software Sisvar 4,6 (Ferreira, 1999). Inicialmente, foi realizada a análise de variância para as combinações das doses e fontes de nitrogênio, em que o ano foi considerado como parcela subdividida no tempo. Em função da significância para essas variáveis, ajustaram-se curvas de regressão. Utilizou-se o nível de significância de 5% em todos os testes estatísticos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teor de Al trocável, pH do solo, MOS, nitrogênio total, N-NO_3^- e N-NH_4^+ foram influenciados pelas doses, fontes e anos e pelas doses de nitrogênio e anos avaliados e doses e fontes de nitrogênio.

As doses de nitrogênio e os anos avaliados afetaram o pH do solo promovendo decréscimos lineares dos valores nas camadas de 0-20 e 20-40 cm com o aumento das doses de nitrogênio, em todos os anos de avaliação do capim-marandu (Figura 1). Em relação à não-aplicação de nitrogênio, a dose máxima ($300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) reduziu os valores de pH na camada de 0-20 cm em 0,6; 1,2 e 1,3, e na camada de 20-40 cm em 0,5; 1,0 e 1,0 unidade, para os anos de 2004, 2005 e 2006, respectivamente.

Na Figura 2 observa-se que o sulfato de amônio promoveu maior acidificação do solo que a uréia, em todas as doses aplicadas, em ambas as profundidades, concordando com Tisdale et al. (1993). Em relação à dose zero, a aplicação de 300 kg ha^{-1} de nitrogênio reduziu o pH do solo em 1,0 e 0,8 unidade para a fonte de sulfato de amônio e uréia, respectivamente, tanto para camada de 0-20 quanto para a de 20-40 cm de profundidade.

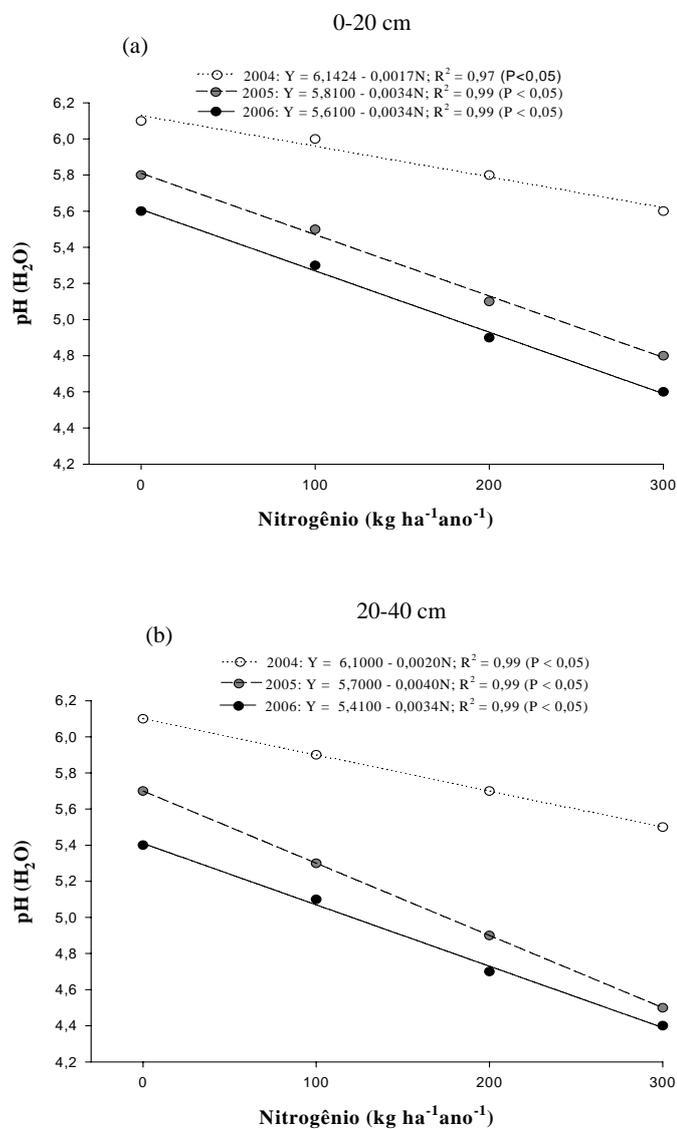


FIGURA 1. pH (H₂O) do solo nas camadas de 0-20 (a) e 20-40 cm (b) de profundidade, em função das doses de nitrogênio e anos de avaliação sob cultivo do capim-marandu (média de três amostragens em cada ano).

Muitos trabalhos têm mostrado que os adubos nitrogenados acidificam o solo, citando-se Primavesi et al. (2005), com uréia e nitrato de amônio em capim-coastcross; Campos (2004), com sulfato de amônio na cultura do milho em solo sob pastagem de capim-braquiária e Lange et al. (2006), com uréia na cultura do milho.

A acidificação do solo pelo uso de adubos nitrogenados amoniacais ou, no caso da uréia, que gera amônio pela sua hidrólise, já era esperada, pois, no processo de nitrificação, há formação de dois prótons (H^+) para cada íon de NH_4^+ nitrificado (Campos, 2004; Moreira & Siqueira, 2006).

De acordo com Malavolta (2006), adicionalmente à nitrificação, a absorção de cátions pelas raízes - no presente trabalho especialmente o NH_4^+ , também promove a acidificação do solo, devido à extrusão do H^+ celular para a solução do solo. Além disso, segundo o autor, o próprio tempo de cultivo promove acidificação do solo devido à lixiviação e à extração de bases pelas plantas, exsudação de ácidos orgânicos pelas raízes, hidrólise do Al e, como consequência, aumento dos teores de H^+ e Al^{3+} , como se pode observar na Tabela 1.

Esses fatos explicam a redução dos valores de pH com os anos de cultivos do capim-marandu, mesmo na ausência de aplicação do nitrogênio (Figura 1). A maior acidificação do solo observada para o sulfato de amônio em relação à uréia deve-se a uma série de fatores, dentre eles, a volatilização de amônio da uréia aplicada em superfície e, com isso, menores quantidades de NH_4^+ nitrificado e de H^+ e NO_3^- formados. Assim, o sulfato de amônio apresenta maior potencial de produzir H^+ e, também, o SO_4^- presente na sua estrutura e o NO_3^- formado promovem a lixiviação de bases, contribuindo para maior acidificação do solo.

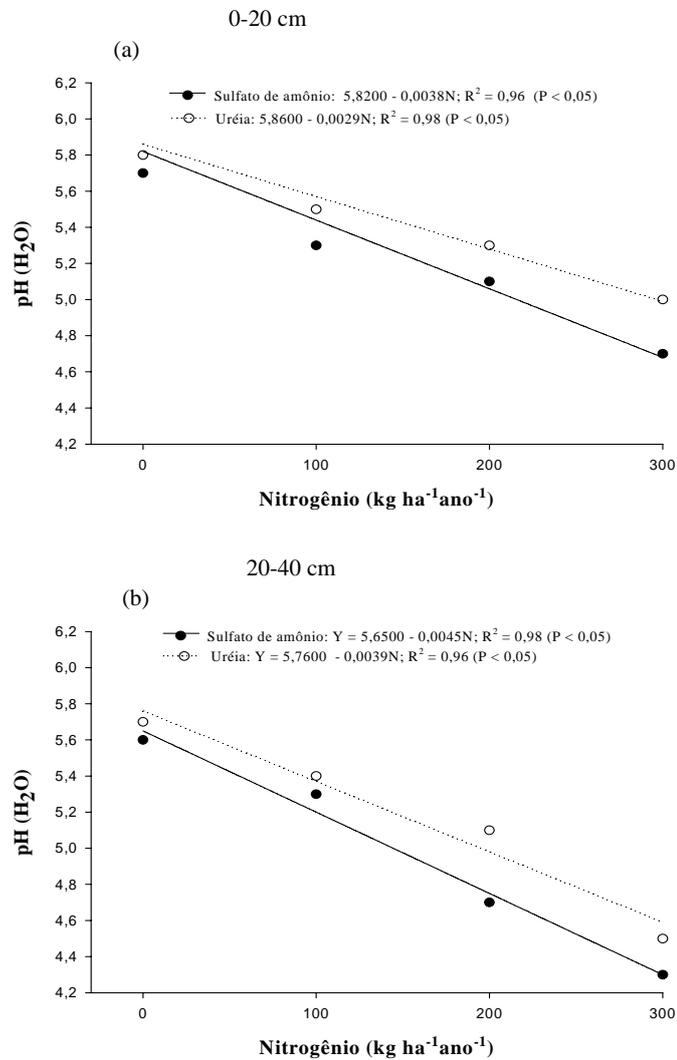


FIGURA 2. pH (H₂O) do solo nas camadas de 0-20 (a) e 20-40 cm (b) de profundidade, em função das doses e fontes de nitrogênio sob cultivo do capim-marandu (média de três anos).

As reduções do pH observadas na profundidade de 20-40 cm (Figuras 1b e 2b) mostraram que a acidificação provocada por adubos nitrogenados não se restringe apenas à camada superficial, mas afeta também a subsuperfície do solo, fato também observado por Lange et al. (2006).

A presença de Al trocável é uma consequência da acidificação do solo. Como as doses e fontes de nitrogênio e os anos de cultivo do capim-marandu promoveram a acidificação do solo (Figuras 1 e 2) como esperado, no mesmo sentido, houve também aumento nos teores de Al trocável no solo. Assim, para essa variável, houve efeito significativo para as doses de nitrogênio e anos avaliados e para as doses e fontes de nitrogênio, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm. Observa-se que a maior dose de nitrogênio aplicada ($300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) no ano de 2006 (Figuras 3) e a aplicação de nitrogênio na fonte de sulfato de amônio (Figura 4) promoveram maior acidificação do solo, proporcionando maiores teores de Al trocável. Existe relação inversa muito estreita entre pH e teor de Al trocável. Campos (2004) também observou acidificação do solo e o conseqüentemente aumento dos teores de Al com a aplicação de nitrogênio na fonte de sulfato de amônio.

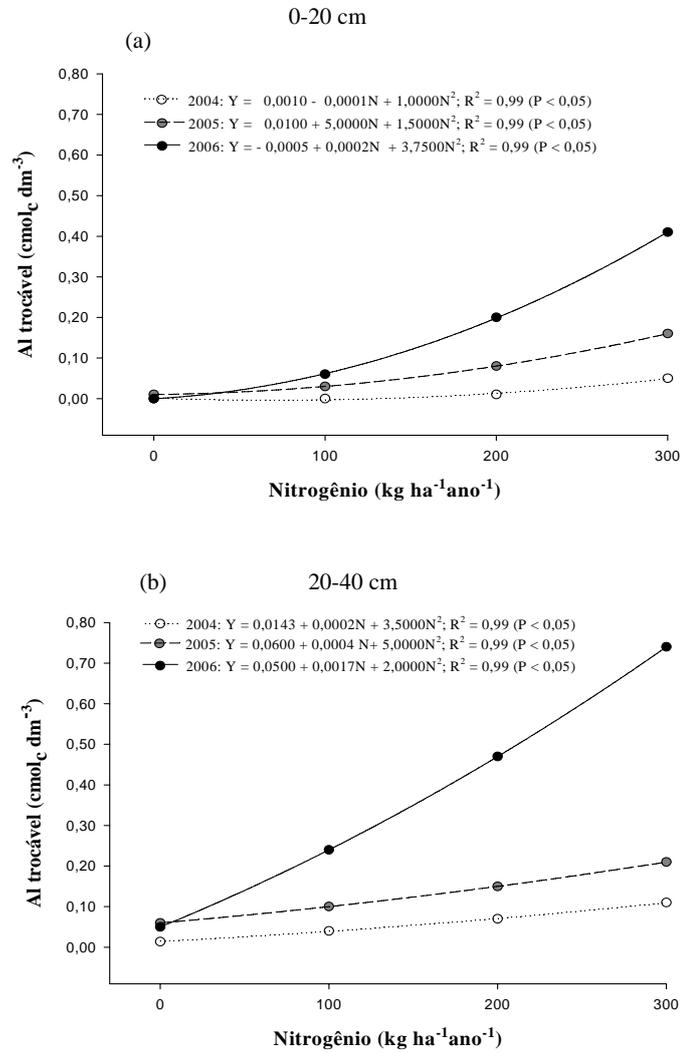


FIGURA 3. Alumínio (Al) trocável do solo nas camadas de 0-20 (a) e 20-40 cm (b) de profundidade, em função das doses de nitrogênio e anos de avaliação sob cultivo do capim-marandu (média de três amostragens em cada ano).

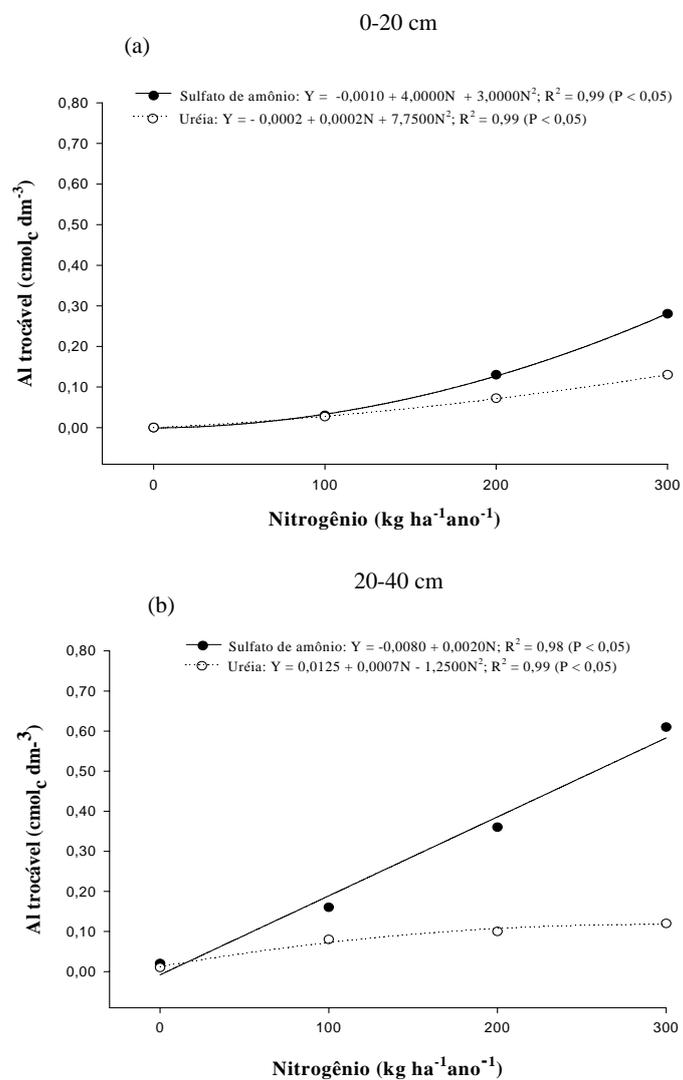


FIGURA 4. Alumínio trocável do solo nas camadas de 0-20 (a) e 20-40 cm (b) de profundidades, em função das doses e fontes de nitrogênio sob cultivo do capim-marandu (média de três anos).

Os teores de MOS foram influenciados pelas doses e fontes de nitrogênio na camada de 0-20 cm, apresentando ajuste linear com aumento das doses de nitrogênio, para ambas as fontes (Figura 5a). O aumento dos teores encontrados de MOS na dose máxima foi de 48% para o sulfato de amônio e 42% para a uréia, em relação à não aplicação de nitrogênio. Na maior dose de nitrogênio, os teores foram de 31,8 e 27,4 g dm⁻³ para o sulfato de amônio e uréia, respectivamente, em que o sulfato de amônio foi superior em 14% em relação à uréia. Martha Júnior et al. (2004) relataram que MOS afeta, indiretamente, as respostas da planta forrageira ao N-fertilizante, em razão do seu efeito benéfico no sistema, tanto por ser fonte de nitrogênio quanto por alterar no solo os fatores que afetam a mineralização.

Apesar de três anos de condução do experimento, os teores de MOS não foram influenciados pelos anos de avaliação da pastagem, nas duas profundidades. Resultados contrários foram obtidos por Oliveira et al. (2005) que, em estudo da fertilização com nitrogênio e enxofre por dois anos na recuperação de pastagem do capim-marandu em Neossolo Quartzarênico, observaram queda no teor de MOS do solo em função do tempo. Resultados semelhantes também foram obtidos por Batista (2006) que explica que o nitrogênio aplicado em altas doses acelera a decomposição da matéria orgânica, promovendo a redução do seu teor no solo.

As fontes de nitrogênio e anos avaliados não influenciaram os teores de MOS na profundidade de 20-40 cm; resposta significativa foi verificada apenas para as doses de nitrogênio (Figura 5b). Os teores de MOS variaram de 13,5 g dm⁻³, na ausência da adubação nitrogenada e 19,8 g dm⁻³, na dose de 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹, mostrando aumento de 46% em relação à dose máxima aplicada.

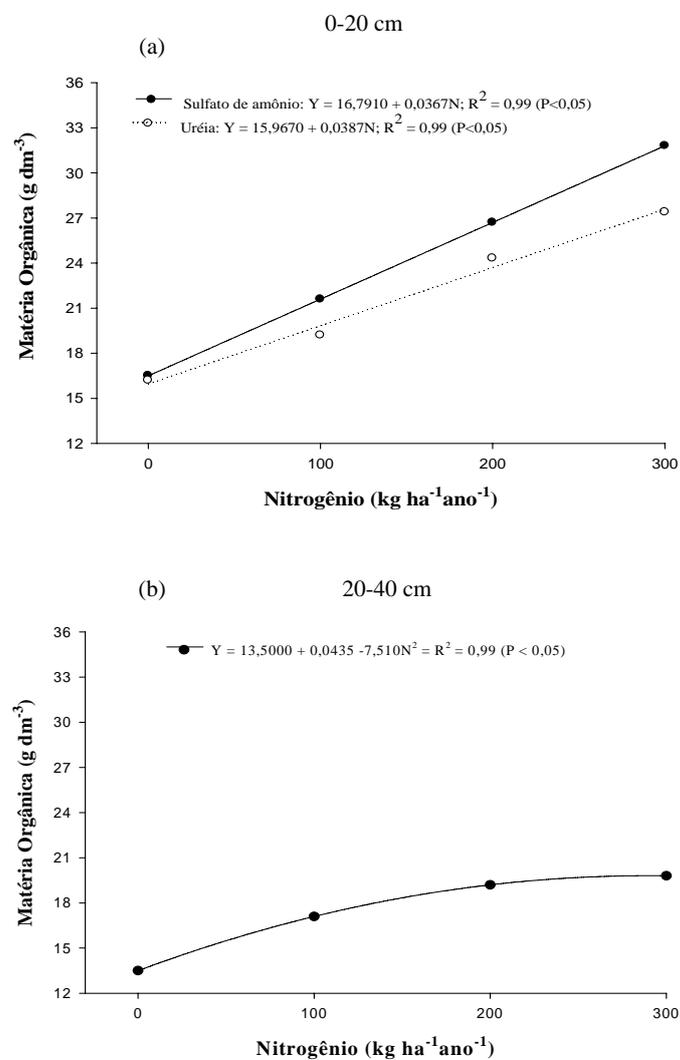


FIGURA 5. Teores de matéria orgânica do solo, em função das doses e fontes de nitrogênio na camada de 0-20 cm (a) e das doses de nitrogênio na camada de 20-40 cm (b) de profundidade, sob cultivo do capim-marandu (média de três anos).

Os teores de nitrogênio total não foram influenciados pelas fontes de nitrogênio e pelos anos de avaliação nas duas profundidades, observando-se significância apenas para as doses de nitrogênio. A MOS é a principal fonte de nitrogênio do solo e grande parte do nitrogênio total do solo está na forma orgânica (Malavolta, 2006). Observa-se que houve aumento linear do nitrogênio total com acréscimo nas doses de nitrogênio na camada de 0-20 cm (Figura 6a) e quadrático na de 20-40 cm de profundidade (Figura 6b), mostrando, na maior dose aplicada, aumento de 27% e 24% em relação à não aplicação do nitrogênio, respectivamente, para as camadas estudadas.

Em estudo com nitrogênio e enxofre em implantação do capim-marandu em solo com baixa matéria orgânica, Batista (2006) verificou respostas significativas no teor de nitrogênio total apenas nas doses individuais de nitrogênio. Resultados semelhantes também foram obtidos por Bonfim-da-Silva (2005) que, em trabalho com doses de nitrogênio e enxofre no capim-braquiária em degradação, verificou que, após os três cortes da planta forrageira, houve incremento no teor de nitrogênio total no solo com aumento das doses de nitrogênio, independentemente da extração do nutriente pelas plantas.

Os teores de $N-NO_3^-$ no solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm não foram influenciados pelas doses de nitrogênio e anos avaliados e pelas doses e fontes de nitrogênio. Entretanto, foi observado efeito significativo nesses teores apenas para as doses de nitrogênio, com ajuste quadrático para a camada de 0-20 cm e linear para 20-40 cm (Figura 7). Comparando-se os teores de $N-NO_3^-$ nas condições em que não se aplicaram adubos nitrogenados com as maiores doses empregadas, observa-se que houve aumento de 68% e 67% para a camada de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Bonfim-da-Silva (2005) e de Colozza et al. (2000).

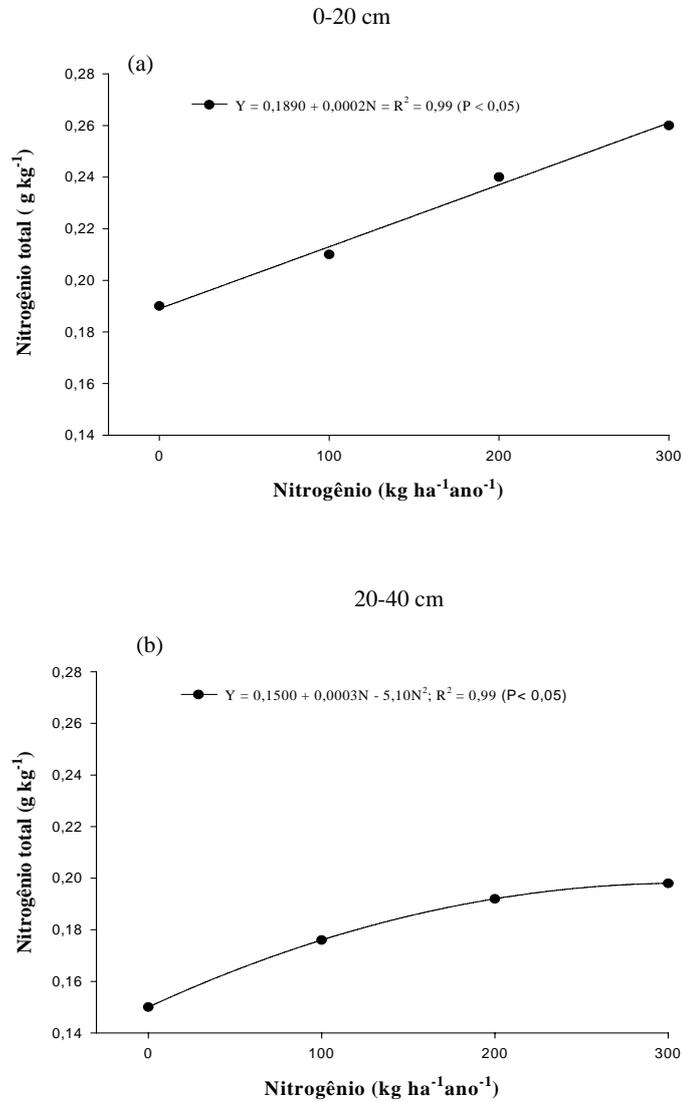


FIGURA 6. Teores de nitrogênio total do solo nas camadas de 0-20 (a) e 20-40 cm de profundidades, em função de doses de nitrogênio sob cultivo do capim-marandu (média de três anos).

Os teores de N-NO_3^- observados na camada de 20-40 cm foram inferiores aos encontrados na camada de 0-20 cm, mostrando que, apesar da aplicação de altas doses de nitrogênio ($300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), esse nutriente foi aproveitado pelas plantas, resultando em pequena lixiviação no perfil do solo, devido ao fato de as braquiárias possuírem sistema radicular profundo. Nas duas profundidades estudadas, os teores de N-NO_3^- foram relativamente baixos no solo. Isso pode ser explicado pelo fato de as gramíneas tropicais serem excelentes extratoras de nitrogênio do solo (Primavesi et al., 2001; Cantarella et al., 2003).

Várias pesquisas têm mostrado que as perdas por lixiviação, conforme indicado pela determinação de nitrogênio em profundidades do solo, não parece ser motivo de preocupação em pastagens tropicais bem manejadas (Martha Júnior, 1999; Prasertsek et al., 2001). Esses estudos indicaram que menos de 5% do nitrogênio aplicado é lixiviado para camadas de solo acima de 30 cm de profundidade. Esses autores ressaltaram ainda que a expectativa de lixiviação de N-NO_3^- é pequena em pastagens tropicais, uma vez que o nitrogênio “perdido” da camada superficial do solo (20 a 30 cm) pode ser absorvido pela planta forrageira em maiores profundidades.

Os solos utilizados com pastagens (Latosolos e Argissolos) no país são profundos e vegetados por plantas forrageiras de elevada capacidade de extração de nutrientes, diminuindo ainda mais a possibilidade de lixiviação de N-NO_3^- . Martha Júnior & Vilela (2002) relataram que esses fatos sinalizam que os problemas de lixiviação de nitrogênio do fertilizante, em solos vegetados por gramíneas tropicais, podem ser ainda menores do que o esperado (3% a 5% do nitrogênio aplicado).

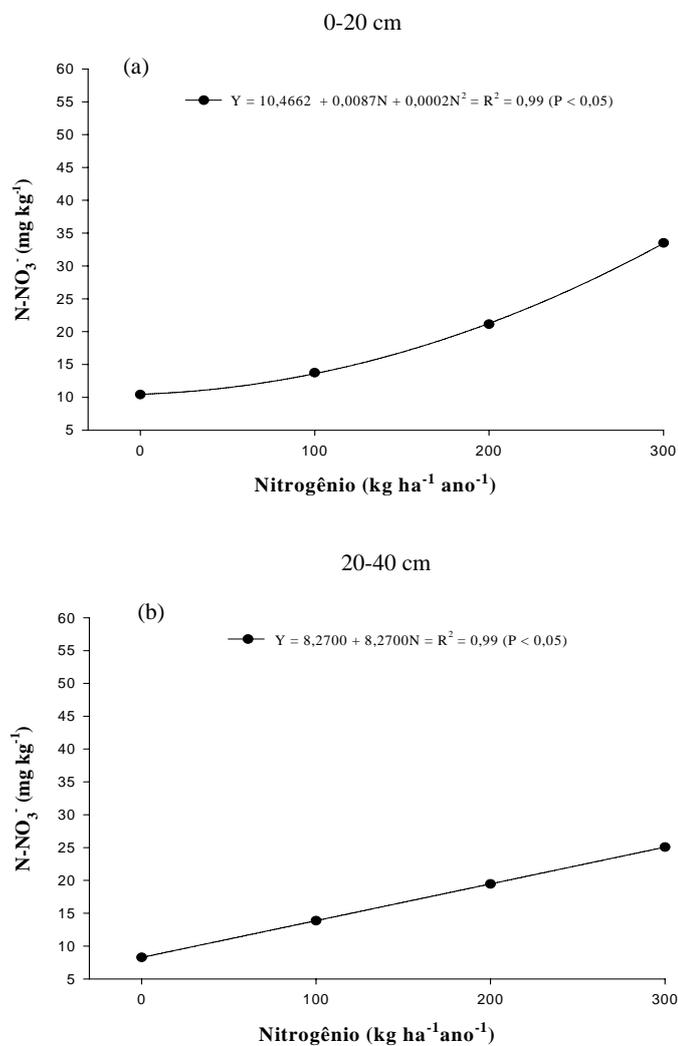


FIGURA 7. Teores de nitrato no solo nas camadas de 0-20 (a) e 20-40 cm (b) de profundidade, em função das doses e fontes de nitrogênio sob cultivo do capim-marandu (média de três anos).

Em estudo de lixiviação de nitrato em pastagem de capim-coastcross adubada com doses de nitrogênio de 125, 250, 500 e 1.000 kg ha⁻¹ ano⁻¹, na fonte de uréia e nitrato de amônio, Primavesi et al. (2006) verificaram que, na dose de nitrogênio de até 500 kg ha⁻¹, não houve perdas significativas de nitrato para o lençol freático.

Os anos de recuperação do capim-marandu estudados não influenciaram nos teores de N-NH₄⁺ no solo para ambas as profundidades. Contudo, houve efeito significativo das doses e fontes de nitrogênio para a camada 0-20 cm, com ajuste quadrático para o sulfato de amônio e linear para a uréia (Figura 8a). As médias ajustadas ficaram entre 11,84 e 56,34 mg kg⁻¹ para sulfato de amônio e entre 10,69 e 48,09 mg kg⁻¹ para a uréia, com incremento de 78% e 77% para a dose máxima aplicada, em relação à não-aplicação do adubo nitrogenado, respectivamente. Para a camada de 20-40 cm, as doses de nitrogênio influenciaram linearmente os teores N-NH₄⁺ no solo, atingindo valores máximos de 31,92 mg kg⁻¹ na dose máxima estudada, com incremento de 59% em relação à não-aplicação de nitrogênio (Figura 8b).

Em pesquisas realizadas com doses de nitrogênio e enxofre na recuperação de pastagens do capim-braquiária, Bonfim-da-Silva (2005) e Batista (2006) verificaram aumentos lineares nos teores de N-NH₄⁺ no solo, com acréscimos das doses de nitrogênio aplicadas.

Observa-se que, nos tratamentos em que se aplicou nitrogênio (doses de 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹), os valores absolutos dos teores de N-NH₄⁺ no solo foram sempre maiores que o de N-NO₃⁻ (Figuras 7 e 8).

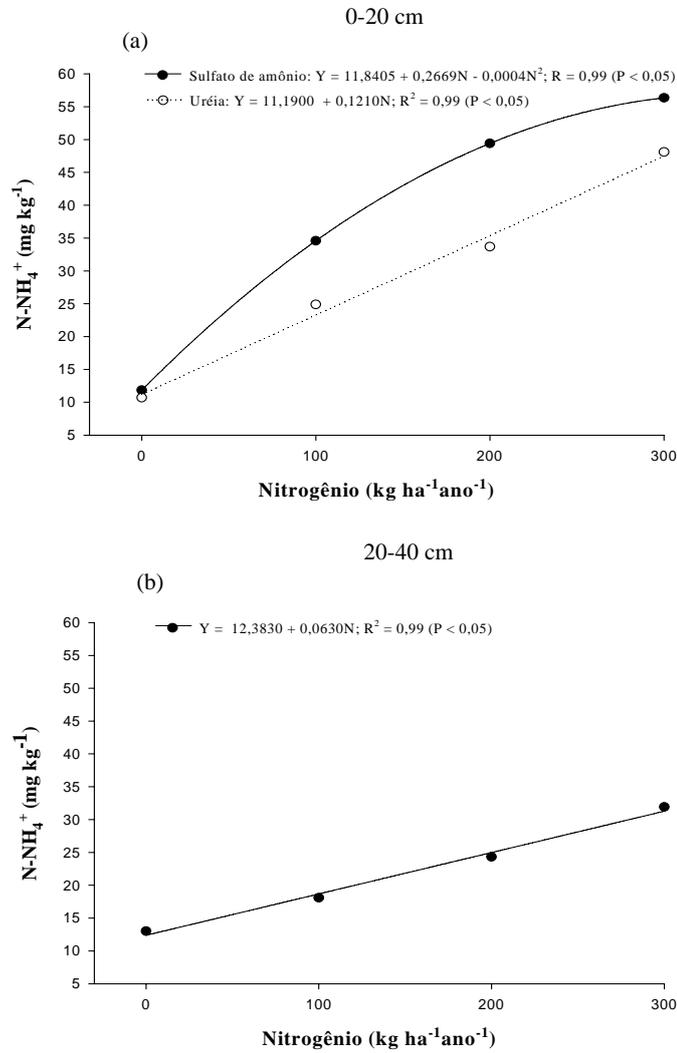


FIGURA 8. Teores de amônio no solo nas camadas de 0-20 cm, em função das doses e fontes de nitrogênio (a) e na camada de 20-40 cm de profundidade, em função de doses de nitrogênio (b), sob cultivo do capim-marandu (média de três anos).

Segundo Moreira & Siqueira (2006), o processo de nitrificação é mediado pelas bactérias dos gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*, sendo essas muito sensíveis a valores de pH menores que 6,0 e nula a valores menores que 4,5. Como a aplicação de nitrogênio por ambas as fontes reduziu o pH do solo (Figura 2), esse fato explica os maiores teores de N-NH_4^+ em relação ao N-NO_3^- , principalmente na profundidade de 0-20 cm.

Silva & Vale (2000), estudando o efeito da calagem e de fontes e doses de nitrogênio na disponibilidade de nitrato em solos brasileiros, mostraram, para a maioria dos solos, que o abaixamento do pH em água promoveu drástica redução da nitrificação e que, em pH de 4,9 a 5,2, muito pouco N-NO_3^- foi formado. Campos (2004), trabalhando com sulfato de amônio na cultura do milho em solo sob pastagem de capim-braquiária, verificou predominância da forma amoniacal sobre a nítrica.

Na Figura 8a observa-se que, na camada de 0-20 cm, os teores de N-NH_4^+ foram maiores para o sulfato de amônio em todos os tratamentos em que se aplicou nitrogênio. Esse fato deve-se a uma possível volatilização de amônia da uréia aplicada na superfície da pastagem.

4 CONCLUSÕES

O aumento das doses de nitrogênio de ambas as fontes promoveu, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, redução do pH do solo e aumento dos teores de Al trocável, matéria orgânica, nitrogênio total, nitrogênio nítrico e amoniacal.

O sulfato de amônio promoveu menores valores de pH e maiores teores de alumínio trocável do que a uréia, cujos valores foram se acentuando com os anos de avaliação.

Os teores de N-NH_4^+ foram superiores aos de N-NO_3^- no solo, em todas as doses de nitrogênio.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, K. Nitrogênio e enxofre na implantação do capim-marandu em substituição ao capim-Braquiária em degradação num solo com baixa matéria orgânica. 2006. 125p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BONFIM-DA-SILVA, E.M. Nitrogênio e enxofre na recuperação de capim-braquiária em degradação em Neossolo Quartzarênico com expressiva matéria orgânica. 2005. 123p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CAMPOS, A.X. Fertilização com sulfato de amônio na cultura do milho em um solo do cerrado de Brasília sob pastagem de *Brachiaria decumbens*. 2004. 119p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CANTARELLA, H.; MATTOS JÚNIOR, D.; QUAGGIO, J.A. & RIGOLIN, A.T. Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied. N. Nutr. Cycling in Agroec., 67:215-223, 2003.

COLOZZA, M.T.; KIEHL, J.C.; WERNER, J.C. & SCHAMMASS, E.A. Repostas de *Panicum maximum* cv. Aruana a doses de nitrogênio. B. Ind. Animal, Nova Odessa, 57:21-32, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2.ed.rever. e atual. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 2 ed. 2006. 306p.

FERREIRA, D.F. SISVAR - Sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 1999. Software.

LANGE, A; CARVALHO. J.L.N.; DAMIN, V.; CRUZ, J.C. & MARQUES, J.J. Alterações em atributos do solo decorrentes da aplicação de nitrogênio e palha em sistema semeadura direta na cultura do milho. Ci. Rural, 36:460-467, 2006.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição de plantas. São Paulo: Ceres, 2006. 638p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic, 1997. 889p.

MARTHA JÚNIOR, G.B. Balanço de ^{15}N e perdas de amônia por volatilização em pastagem de capim-elefante. 1999. 75p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MARTHA JR., G.B. & VILELA, L. Pastagens no Cerrado: baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes em pastagens. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 32p. (Documentos, 50).

MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; BARIONI, L.G.; SOUSA, D.M.G. & BARCELLOS, A.O. Manejo da adubação nitrogenada em pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., Piracicaba, 2004. Anais. Piracicaba: FEALQ, 2004. p.155-215.

MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. 2ªed. Lavras: UFLA, 2006. 729p.

OLIVEIRA, P.P.A.; TRIVALIN, P.C.O.; OLIVEIRA, W.S. & CORSI, M. Fertilização com nitrogênio e enxofre na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo quartzarênico. R. Bras. Zootec., 34:1121-1129, 2005.

PAIVA, P.J.R. Parâmetros de fertilidade de um solo do Paraná sob diferentes sistemas de manejo. 1990. 55p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PRASERTSEK, P.; FRENEY, J.R. & DENMEAD, O.T. Significance of gaseous nitrogen loss from a tropical dairy pasture fertilized with urea. Australian J. of Experimental Agric., 41:625-632, 2001.

PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A. & PRIMAVESI, A.C. Adubação com uréia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross sob manejo rotacionado: eficiência e perdas. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. 42p. (CircularTécnica., 30).

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A.G.; FREITAS, A. R.; VIVALDI, L.J. Adubação Nitrogenada em capim-coastcross: Efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. R. Bras. Zootec., 33:68-78, 2004.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H. & SILVA, A.G. Absorção de cátions e ânions pelo capim-coastcross adubado com uréia e nitrato de amônio. Pesq. agropec. bras., 40:247-253, 2005.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; SILVA, A.G. & CANTARELLA, H Lixiviação de nitrato em pastagens de coastcross adubada com nitrogênio. R. Bras. Zootec., 35:683-690, 2006.

SILVA, C. A. & VALE, F.R. Disponibilidade de nitrato em solos brasileiros sob efeito da calagem e de fontes e doses de nitrogênio. Pesq. agropec. bras. 35:2461-2471, 2000.

SOUSA, D.M.G.; VILELA, L. & LOBATO, E. Uso do gesso, calcário e adubos para pastagens no cerrado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 22p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 12).

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J. & BOHNEN, H. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 95p. (Boletim Técnico, 5).

TISDALE, S.M.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. et al. Soil fertility and fertilizers. 5 ed. New York: Macmillan, 1993. 634p.

CAPÍTULO 4

DOSES E FONTES DE NITROGÊNIO NA NUTRIÇÃO NITROGENADA DO CAPIM-MARANDU

(Artigo submetido para a Revista Brasileira de Ciência do Solo)

RESUMO

O nitrogênio tem provocado alteração no aspecto nutricional das gramíneas forrageiras, influenciando positivamente na sua nutrição. Diante disso, objetivou-se estudar a nutrição do capim-marandu submetido a doses e fontes de nitrogênio, pelo período de três anos. O experimento foi conduzido, de julho de 2003 a março de 2006, na Fazenda Modelo da Universidade Estadual de Goiás, numa área de 882 m². A pastagem já se encontrava estabelecida há mais de dez anos, com baixa produção de forragem. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso, com três repetições. Nas parcelas foi utilizado o esquema fatorial 2 x 4, sendo duas fontes de nitrogênio (sulfato de amônio e uréia) e quatro doses de nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹). Nas subparcelas, foram alocados os três anos (2004, 2005 e 2006), referentes ao tempo de avaliação da pastagem. Em cada um dos anos, foram realizados três cortes de avaliação da planta forrageira. Os valores de leitura SPAD foram influenciados pelas doses de nitrogênio e anos de avaliação da pastagem. A maior concentração de nitrogênio foi verificada na maior dose de nitrogênio na fonte de sulfato de amônio. Os valores SPAD e as concentrações de nitrogênio nas folhas recém-expandidas do capim-marandu apresentaram relação direta entre essas variáveis. As concentrações de nitrogênio mineral (N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻) representaram pequena fração do nitrogênio total das folhas da forrageira.

Palavras Chave: clorofilômetro, *Brachiaria brizantha*, estado nutricional, SPAD.

**NITROGEN DOSES AND SOURCES ON NITROGEN NUTRITION IN
MARANDU PALISADEGRASS**

(Paper submitted to Brazilian Periodical of Soil Science)

ABSTRACT

Nitrogen has been proportioning alteration on nutritional aspects of forage grass influencing positively on its nutrition. Besides that, this research objected to study marandu palisadegrass nutrition submitted to nitrogen doses and sources by three years period. The experiment was carried out from July of 2003 to March of 2006 in the Modelo Farm of University State of Goiás in an area of 882 m². The pasture was established for more than ten years and it was presenting low herbage production being considered in moderate degradation phase. The treatment combination was made in a split-plot design using three replications. Main plot arrangements in a randomized complete block design was employed, were turned by a 2 x 4 factorial, being two sources of N (ammonium sulfate and urea) and four doses of N (0, 100, 200 and 300 kg ha⁻¹ yr⁻¹). Were represented by the years (2004, 2005 and 2006) referring to the time of pasture recovery. In each one year, three cuttings were made to marandu palisadegrass evaluation. SPAD reading values were influenced by nitrogen doses and years after pasture evaluation. The increase nitrogen concentration was verified in higher nitrogen dose having ammonium sulfate as nitrogen source. SPAD values and leaf nitrogen concentration just expanded leaf of marandu palisadegrass presented a direct relationship among these parameters. Mineral nitrogen concentration (N-NH₄⁺ and N-NO₃⁻) represented little total nitrogen fraction of forage lives. Chlorophyll meter can be used for evaluation of nutritional state of marandu palisadegrass to know nitrogen absorption. The

mineral nitrogen concentration (N-NH₄⁺ and N-NO₃⁻) had represented small fraction of total nitrogen of forage leaves.

Key word: *Brachiaria brizantha*, chlorophyll meter, nutritional state, SPAD.

1 INTRODUÇÃO

Os capins do gênero *Brachiaria* são conhecidos sob o prisma da forragicultura desde os anos de 1950. Entretanto, a verdadeira expansão desse gênero ocorreu nas décadas de 1970 e 1980, principalmente nas regiões de clima mais quente. Atualmente, ocupa mais de 50% das áreas de pastagens cultivadas no Brasil tropical, devido à sua adaptação às mais variadas condições de solo e clima, e vem ocupando espaços cada vez maiores nos cerrados, com vantagens sobre outras espécies, por propiciar produções satisfatórias de forragem (Soares Filho, 1994). Dentre as espécies, destaca-se *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, que adquiriu grande expressividade nas áreas de pastagens cultivadas e, por essa razão, tornou-se uma das plantas forrageiras mais detalhadamente estudadas pela pesquisa (Silva, 2004).

Diante disso, tem crescido a preocupação com a melhoria da fertilidade do solo e o manejo adequado dessa espécie forrageira, devido ao aumento de área de pastagens degradadas. A degradação de pastagens é considerada um dos maiores problemas da pecuária brasileira no cerrado. Estima-se que cerca de 80% dos 45 a 50 milhões de hectares da área de pastagens nesse bioma encontra-se em algum estágio de degradação (Barcellos, 1996). Isso reverte a uma preocupação muito grande, principalmente porque o Brasil, pela extensão da sua área territorial e pelas condições climáticas favoráveis, apresenta enorme potencial de produção bovina a pasto.

Para a recuperação dessas áreas degradadas, são de fundamental importância a melhoria da fertilidade do solo e o manejo adequado da planta forrageira (Oliveira et al., 2003). Assim, o fornecimento de nutrientes em quantidades e proporções adequadas, particularmente o nitrogênio, assume grande importância no processo produtivo das plantas forrageiras (Fagundes et al., 2006).

Primavesi et al. (2005) citaram que, de todos os nutrientes minerais, o nitrogênio é quantitativamente o mais importante para o crescimento da planta. A forma do nitrogênio nos fertilizantes nitrogenados usados na adubação pode influenciar o balanço de cátions-ânions nas plantas (Engels & Marschner, 1995). Diante disso, as plantas diferem na sua preferência pelas formas de nitrogênio, absorvendo-o primariamente em formas inorgânicas como N-NO_3^- e N-NH_4^+ via sistema radicular (Williams & Miller, 2001). Em solos corrigidos e aerados, o N-NO_3^- é a principal forma de nitrogênio mineral disponível para o crescimento das plantas, enquanto que, em condições de acidez e de inundação, o N-NH_4^+ é predominante (Raij, 1991).

O estado nutricional das plantas é avaliado, primordialmente, pelo resultado da análise química do tecido vegetal, tendo como aplicações a identificação de deficiências nutricionais e a predição da necessidade do suprimento de nutrientes. A determinação do teor de clorofila empregando-se o clorofilômetro (SPAD) pode ser utilizada na quantificação de nitrogênio (Mengel & Kirkby, 2001). Várias pesquisas têm mostrado aumento no valor da leitura de SPAD, com incremento das doses de nitrogênio em espécies do gênero *Brachiaria* e correlações positivas entre leitura de SPAD e concentração de nitrogênio (Santos Jr. & Monteiro, 2003; Bonfim-da-Silva, 2005; Lavres Jr. & Monteiro, 2005; Batista, 2006).

Nesse contexto, objetivou-se, estudar a nutrição do capim-marandu submetido a doses e fontes de nitrogênio, pelo período de três anos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido, de julho de 2003 a março de 2006, na Fazenda Modelo da Universidade Estadual de Goiás (UEG), em São Luís de Montes Belos, GO, a 579 m de altitude, 16°31'30" de latitude Sul e 50°22'20" de

longitude Oeste. Predomina na região o clima tropical de savana do tipo Aw, conforme classificação de Koppen, com chuvas concentradas no verão (outubro-abril) e a estação seca no inverno (maio-setembro).

A área utilizada de pastagem foi de 882 m², dividida em três blocos de 294 m², com parcelas individuais de 20 m² e área útil de 6 m². A pastagem já se encontrava estabelecida há mais de dez anos, com baixa produção de forragem, em estágio moderado de degradação, devido à exploração intensiva de animais e falta de reposição de nutrientes no solo.

O delineamento experimental utilizado foi blocos completos ao acaso, com três repetições. Nas parcelas foi utilizado o esquema fatorial 2 x 4, sendo duas fontes (sulfato de amônio e uréia) e quatro doses de nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹). Nas subparcelas, foram alocados os três anos (2004, 2005 e 2006) referentes ao tempo de avaliação da pastagem.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho (Embrapa, 2006), de textura argilosa, cujas médias das características químicas do solo, na profundidade de 0-20 cm, em todos os anos estudados, estão apresentadas na Tabela 1. A metodologia utilizada para a análise de solo foi da Embrapa (1997).

As adubações de manutenção em todos os anos de avaliação da pastagem foram realizadas com base nos resultados obtidos das análises dos solos. No primeiro ano (2003), foram aplicados 500 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico, com 85% de PRNT em cobertura, 60 dias antes do período chuvoso. Em setembro, após as primeiras chuvas, foram aplicados 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 100 kg ha⁻¹ de S, 80 kg ha⁻¹ de K₂O e 30 kg ha⁻¹ de FTE BR-12, utilizando como fontes: superfosfato simples, cloreto de potássio e fritas, respectivamente. A partir dos resultados da análise em amostra de solo do segundo ano (2004), foi realizada adubação de manutenção com 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 33 kg ha⁻¹ de S e 100 kg ha⁻¹ de K₂O, provenientes das fontes de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. No terceiro ano de avaliação (2005), foram aplicados

150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 100 kg ha⁻¹ de S, 120 kg ha⁻¹ de K₂O e 20 kg ha⁻¹ de FTE BR-12, na forma de superfosfato simples, cloreto de potássio e fritas, respectivamente. Toda a adubação de manutenção nos três anos foi realizada com uma única aplicação em cobertura, antes dos fertilizantes nitrogenados, no início do período chuvoso (setembro).

TABELA 1. Resultados das determinações químicas do solo (análises realizadas antes da aplicação dos fertilizantes em cada ano).

Características do solo	2003	2004	2005
pH (água)	5,2	5,1	4,6
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,0	0,1	0,2
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	3,9	4,5	5,3
Ca (cmol _c dm ⁻³)	2,70	2,79	2,20
Mg (cmol _c dm ⁻³)	1,00	0,91	0,23
K (cmol _c dm ⁻³)	0,42	0,23	0,11
P-Mehlich1 (mg dm ⁻³)	1,3	6,4	1,8
SO ₄ ⁻² (mg dm ⁻³)	9,8	18,9	30,0
Cu (mg dm ⁻³)	0,4	1,7	1,0
Zn (mg dm ⁻³)	0,2	2,9	0,7
Fe (mg dm ⁻³)	13,0	30,0	31,3
Mn (mg dm ⁻³)	27,4	41,0	15,6
MOS (g dm ⁻³)	11,0	18,0	20,0
CTC pH 7,0 (cmol _c dm ⁻³)	8,0	8,4	7,8
V (%)	51,5	46,7	32,5

A adubação nitrogenada em cada ano foi parcelada em três épocas, após cada corte de avaliação da forrageira, tendo a primeira aplicação realizada dezembro, a segunda em janeiro e a terceira em fevereiro, todas com intervalo de trinta dias.

Foram realizados três cortes da planta forrageira por ano, na época das águas. O primeiro, trinta dias após a aplicação dos fertilizantes nitrogenados (janeiro), o segundo trinta dias após o primeiro (fevereiro) e o terceiro trinta dias após o segundo (março).

A planta forrageira foi coletada com o auxílio de um quadrado de ferro de 1 m x 1 m e cortada com tesoura de aço à altura de 20 cm da superfície do solo. Após cada corte de avaliação, foi realizado o corte de uniformização de toda a área experimental, na mesma altura de corte das plantas avaliadas, sendo retirado da área o resíduo resultante dessa uniformização.

O material coletado no campo foi acondicionado em saco plástico e enviado ao laboratório, onde foi retirada uma amostra representativa da forragem de, aproximadamente, 500 g. Em seguida, o material foi colocado em estufa de ventilação forçada de ar, com temperaturas entre 58° e 65°C, por 72 horas, para a determinação da matéria seca parcial. Após a secagem, as amostras foram moídas em moinho do tipo Willey, com peneira de 1 mm, armazenadas em sacos plásticos para serem analisadas.

Para estimar o teor de clorofila nas folhas, utilizou-se clorofilômetro SPAD-502 (Soil and Plant Analysis Development). As leituras foram realizadas, no campo, em seis lâminas de folhas recém-expandidas, no sentido do ápice para a base da planta, sendo consideradas cinco leituras por folha, totalizando, em cada parcela, experimental trinta leituras. As leituras foram realizadas um dia antes do primeiro, segundo e terceiro cortes de avaliação da planta forrageira. Nessas mesmas folhas, foi realizada análise química de nitrogênio total, pelo método semi-micro Kjeldahl (Malavolta et al., 1997) e foram determinadas as concentrações de amônio ($N-NH_4^+$) e nitrato ($N-NO_3^-$), de acordo com o método de Tedesco et al. (1985).

Os dados obtidos receberam tratamento estatístico pelo software SISVAR 4,6 (Ferreira, 1999). Inicialmente, foi realizada a análise de variância para as combinações das doses e fontes de nitrogênio, em que o ano foi considerado como parcela subdividida no tempo. Em função da significância para essas variáveis, ajustaram-se curvas de regressão. Utilizou-se o nível de significância de 5% em todos os testes estatísticos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da análise de variância não observou-se diferença significativa pelas doses e fontes de nitrogênio no valor de SPAD. Entretanto, houve efeito significativo pelas doses de nitrogênio e anos avaliados. Nos três anos de avaliação, houve ajuste dos resultados ao modelo quadrático entre os valores de SPAD e as doses de nitrogênio, tendo a dose de nitrogênio de 300 kg ha⁻¹ proporcionado os máximos valores de leitura de SPAD em todos os anos avaliados (Figura 1). Nas maiores doses de nitrogênio foram verificados valores de leituras SPAD de 44; 45 e 46, mostrando aumento em relação à não-aplicação de nitrogênio de 27%, 28% e 30%, para os anos de 2004, 2005 e 2006, respectivamente.

Os valores das leituras de SPAD nas lâminas de folhas recém-expandidas foram estudados no capim-marandu por Abreu & Monteiro (1999) que observaram que, aos 14, 28 e 42 dias de crescimento da forrageira, o valor SPAD variou entre 31, 18 e 14 para a não-aplicação de nitrogênio e entre 51, 57 e 46 para a dose de nitrogênio relacionada ao máximo valor SPAD. Em trabalho de recuperação de capim-braquiária em degradação, Mattos & Monteiro (2003) testaram quatro doses de nitrogênio combinadas com três doses de enxofre num Neossolo Quartzarênico e constataram que as doses de nitrogênio influenciam positivamente nos valores SPAD. Estudando o efeito de doses de nitrogênio e enxofre no capim-braquiária em área de pastagem em degradação, Bonfim-da-Silva (2005) observou, no segundo e terceiro crescimentos, efeito significativo no valor de SPAD apenas nas doses de nitrogênio, em que os maiores valores foram observados na maior dose empregada, com valores de SPAD de 47 e 42, respectivamente.

Segundo Bullock & Anderson (1998), mais clorofila é sintetizada com o aumento da disponibilidade de nitrogênio para a planta, resultando em aumento

da intensidade do verde nas folhas. Porém, esse aumento de clorofila atinge um patamar denominado de ponto de maturidade fotossintético, o qual se mantém invariável, mesmo com aumento das concentrações de nitrogênio no tecido da planta (Schepers et al., 1992; Costa et al., 2001). Esse fato ocorreu no presente trabalho (Figura 2), em que se observou, nos três anos avaliados, que, a partir da doses de nitrogênio de 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹, os valores de leitura de SPAD tenderam a se estabilizar com as doses de nitrogênio.

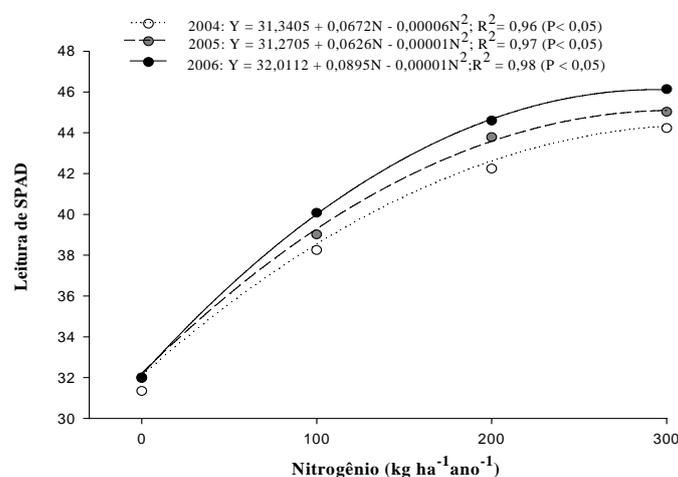


FIGURA 1. Leitura do valor de SPAD, em função das doses de nitrogênio e anos avaliados no capim-marandu (média de três cortes por ano).

As doses de nitrogênio e os anos avaliados não foram influenciados pela concentração de nitrogênio total nas folhas em que foram realizadas as leituras de SPAD. No entanto, foi observado efeito significativo das doses e fontes de nitrogênio. Observa-se, na Figura 2, aumento quadrático na concentração do nitrogênio, em função das doses de ambas as fontes, mostrando aumento em relação à não-aplicação de nitrogênio de 48% para sulfato de amônio e 46% para uréia, indicando o baixo suprimento natural de nitrogênio do solo. Nas maiores

doses, as plantas adubadas com sulfato de amônio apresentaram maiores concentrações de nitrogênio do que aquelas adubadas com uréia, mostrando aumento nas doses máximas de 5,8%, que pode ser devido às perdas por volatilização de amônia da uréia aplicada em superfície (Cantarella et al., 2001).

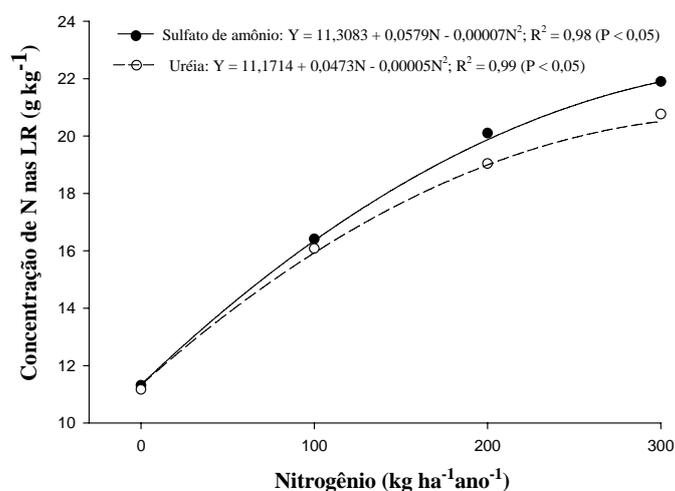


FIGURA 2. Concentração de nitrogênio (N) nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim-marandu, em função das doses e fontes de nitrogênio (média de três cortes por ano).

Mattos & Monteiro (2003) verificaram que a concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas recém-expandidas foi influenciada pelas doses de nitrogênio no primeiro crescimento da *Brachiaria decumbens*. Nas lâminas de folhas recém-expandidas a concentração de nitrogênio nesse crescimento variou entre 12,2 e 30,0 g kg⁻¹, respectivamente, para a mais baixa e a mais elevada dose de nitrogênio. Em estudo de doses de nitrogênio e enxofre na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo quartzarênico,

Oliveira et al. (2005) verificaram aumento na concentração de nitrogênio nas lâminas recém-explandidas à medida que se elevou o fornecimento do nutriente.

Observa-se na Figura 3, uma relação direta entre os valores SPAD e as concentrações de nitrogênio nas folhas recém-expandidas do capim-marandu. Abreu & Monteiro (1999) relataram que a relação entre valor SPAD e concentração de nitrogênio pode ser linear até que o nitrogênio não seja mais assimilado e seja acumulado na forma de nitrato, tendendo a uma estabilização da intensidade do verde, de forma a refletir o acúmulo de nitrato. Além de o nitrogênio ser componente da molécula da clorofila, cerca de 50% a 70% do nitrogênio total das folhas é integrante de proteínas associadas aos cloroplastos (Chapman & Barreto, 1997).

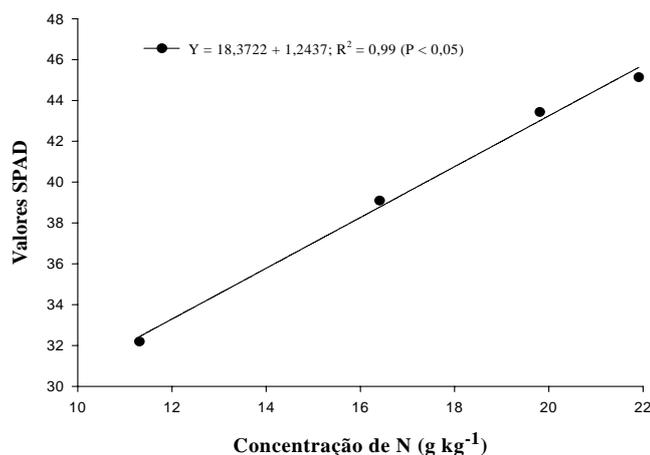


FIGURA 3. Relação entre os valores SPAD e a concentração de nitrogênio nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim-marandu (média de três anos).

As doses e fontes de nitrogênio não influenciaram na concentração de amônio (N-NH₄⁺) no tecido das folhas em que foram realizadas as leituras de

SPAD; entretanto, foi observado efeito significativo das doses de nitrogênio e anos avaliados. Observa-se, na Figura 4, que o incremento das doses de nitrogênio em todos os anos avaliados aumentou a concentração foliar de N-NH_4^+ de forma linear. As médias ajustadas na dose máxima foram de 1,91; 1,93 e 2,05 mg kg^{-1} , mostrando aumentos de 73%, 69% e 50%, em relação à não-aplicação de nitrogênio, nos anos de 2004, 2005 e 2006, respectivamente. A maior concentração de amônio foi verificada no ano de 2006, mostrando aumento nas doses máximas de 6,8% e 5,9%, em relação aos anos de 2004 e 2005, respectivamente.

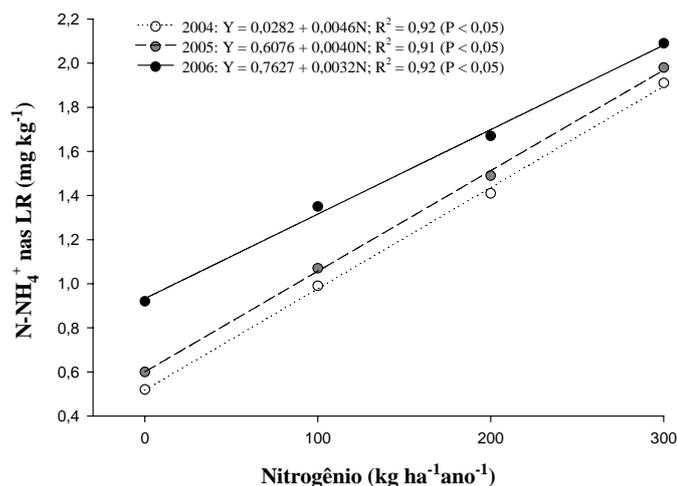


FIGURA 4. Concentração de N-NH_4^+ nas lâminas de folhas recém-expandidas (LR), em função das doses e fontes de nitrogênio no capim-marandu (média de três cortes por ano).

As fontes de nitrogênio e anos avaliados não influenciaram nas concentrações de N-NO_3^- nas lâminas de folhas recém-expandidas, havendo efeito significativo apenas para doses de nitrogênio. A concentração de N-NO_3^-

aumentou de forma linear com o acréscimo das doses de nitrogênio (Figura 5), mostrando incremento na maior dose aplicada de 69% em relação à não-aplicação de nitrogênio.

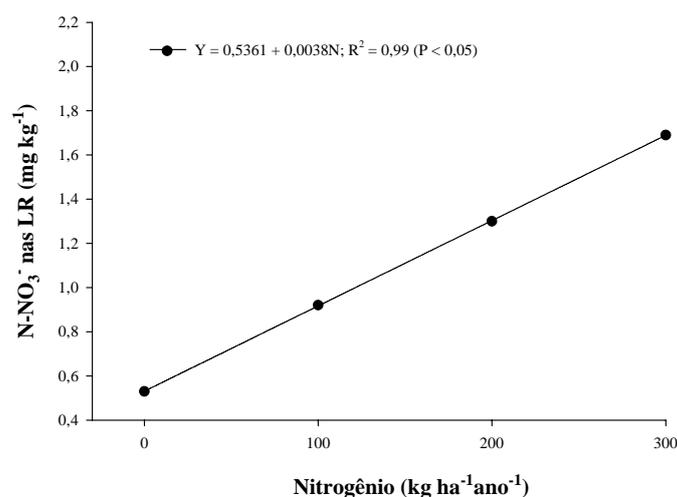


FIGURA 5. Concentração de N-NO₃⁻ nas lâminas de folhas recém-expandidas (LR), em função de doses de nitrogênio no capim-marandu (média de três cortes por ano).

Em estudo com doses e fontes de nitrogênio no capim-marandu, Primavesi et al. (2006) verificaram que os incrementos nas doses de nitrogênio promoveram aumento nas concentrações de N-NO₃⁻, tendo a maior concentração verificada na fonte de nitrato de amônio.

As concentrações encontradas de N-NO₃⁻ no tecido do capim-marandu encontram-se dentro do normal, pois o limite de teores tóxicos para os animais está entre 243 e 321 mmol_c kg⁻¹ de NO₃⁻ (0,34 a 0,45% de N na forma de NO₃⁻), ou seja, de 3.400 a 4.500 mg kg⁻¹ de NO₃⁻ na forragem fresca (Whitehead, 1995). Mesmo nas maiores doses de nitrogênio, essas oncentrações e as relatadas por

Primavesi et al. (2005) estão bem abaixo do limite tóxico, indicando boa metabolização de nitrogênio pela planta, confirmada pela grande produção de massa de massa seca (Costa et al., 2007).

Independente do ano e das fontes de nitrogênio utilizadas, as concentrações de N-NH_4^+ foram superiores às de N-NO_3^- nas lâminas de folhas recém-expandidas do capim-marandu. Esses resultados evidenciam que houve redução no processo de nitrificação do NH_4^+ no solo, o que pode ser explicado pelo abaixamento do pH (Figuras 2 e 3 do Capítulo 3), proveniente de altas doses de nitrogênio, com fontes acidificantes (sulfato de amônio e uréia), inibindo, assim, o processo de nitrificação. Bissani et al. (2004) relataram que, em pH baixo, a nitrificação é afetada devido à especialização dos nitrificadores. Em clima seco ou pH baixo a nitrificação pode paralisar bem antes da mineralização. Por isso, em solos ácidos, a população destes grupos nitrificadores (*nitrossomonas* e *nitrobacter*) torna-se extremamente baixa.

Resultados contrários foram encontrados por Primavesi et al. (2005) que, trabalhando com doses e fontes de nitrogênio no capim-coastcross, verificaram que as plantas absorveram mais N-NO_3^- do que N-NH_4^+ em ambas as fontes utilizadas, devido alto pH inicial do solo, provocando rápida nitrificação do N-NH_4^+ , tanto na fonte de nitrato de amônio quanto da uréia.

4 CONCLUSÕES

Os valores de leitura SPAD foram influenciados pelas doses de nitrogênio e anos de avaliação da pastagem.

A maior concentração de nitrogênio foi verificada na maior dose de nitrogênio na fonte de sulfato de amônio.

Os valores SPAD e as concentrações de nitrogênio nas folhas recém-expandidas do capim-marandu apresentaram uma relação direta entre essas variáveis.

As concentrações de nitrogênio mineral (N-NH_4^+ e N-NO_3^-) representaram pequena fração do nitrogênio total das folhas da forrageira.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, J.B.R. & MONTEIRO, F.A. Produção e nutrição do capim-marandu em função de adubação nitrogenada e estádios de crescimento. B. Ind. Animal, 56:37-146, 1999.

BARCELLOS, A.O. Sistemas extensivos e semi-intensivos de produção: pecuária bovina de corte nos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO. BIODIVERSIDADE E PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE ALIMENTOS E FIBRAS NOS CERRADOS, 1996, Brasília. Anais. Brasília, 1996. p.130-136.

BATISTA, K. Nitrogênio e enxofre na implantação do capim-marandu em substituição ao capim-Braquiária em degradação num solo com baixa matéria orgânica. 2006. 125p. (Tese de Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J. & CAMARGO, F.A.D.O. Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas. Porto Alegre: Gênese, 2004. 328p.

BONFIM-DA-SILVA, E.M. Nitrogênio e enxofre na recuperação de capim-braquiária em degradação em Neossolo Quartzarênico com expressiva matéria orgânica. 2005. 123p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BULLOCK, D.G.; ANDERSON, D.S. Evaluation of the Minolta SPAD-502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. J. Plant Nutr., 21:741-755, 1998.

CANTARELLA, H.; CORRÊA, L.; PRIMAVERSI, A.C.; FREITAS, A.R. & SILVA, A.G. Ammonia losses by volatilization from coastcross pasture fertilized with two nitrogen sources. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. Proceedings. Piracicaba: FEALQ, 2001. p.190-192.

CHAPMAN, S.C.& BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. Agron. J., 89:557-562, 1997.

COSTA, C.; DWYER, L.M.; DUTILLEUL, P.; STEWART, D.W.; MA, B.L. & SMITH, D.L. Inter-relationships of applied nitrogen, spad, and yield of leafy and non-leafy maize genotypes. J. Plant. Nutr., 24:1173-1194, 2001.

COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P.; RODRIGUES, R.B.; OLIVEIRA, M.A. & MEDEIROS, L.S. Recuperação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob doses e fontes de nitrogênio em estágio moderado de degradação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, 2007, Jaboticabal. Anais. Jaboticabal: SBZ, 2007. CD ROM.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed.rever. e atual. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 2 ed. 2006. 306p.

ENGELS, C. & MARSCHNER, H. Plant uptake and utilization of nitrogen. In: BACON, P.E. (Ed.). Nitrogen fertilization in the environment. New York: Marcel Dekker, 1995. p.41-81.

FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MORAIS, R.V.; MISTURA, C.; VITOR, C.M.T.; GOMIDE, J.A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; SANTOS, M.E.R. & LAMBERTUCCI, D.M. Avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. R. Bras. Zootec., Viçosa, 35: 30-37, 2006.

FERREIRA, D.F. SISVAR - Sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA/DEX, 1999. Software.

LAVRES Jr. J. & MONTEIRO, F.A. Diagnose nutricional de nitrogênio no capim-aruaana em condições controladas. R. Bras. Ci. Solo, 30:829-837, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. & OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MATTOS, W.T. & MONTEIRO, F.A. Produção e nutrição de capim-braquiária em função de doses de nitrogênio e enxofre. B. Ind. Animal, Nova Odessa, 60:1-10, 2003.

MENGEL, K. & KIRKBY, E. Principles of plant nutrition. 5.ed. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academi, 2001. 849p.

OLIVEIRA, P.P.A.; TRIVELIN, P.C.O. & OLIVEIRA, W.S. Eficiência da fertilização nitrogenada com uréia (15^N) em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu associada ao parcelamento de superfosfato simples e cloreto de potássio. R. Bras. Ci. Solo, 27:613-620, 2003.

OLIVEIRA, P.P.A.; TRIVALIN, P.C.O.; OLIVEIRA, W.S. & CORSI, M. Fertilização com nitrogênio e enxofre na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo quartzarênico. R. Bras. Zootec., 34:1121-1129, 2005.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H. & SILVA, A.G. Absorção de cátions e ânions pelo capim-coastcross adubado com uréia e nitrato de amônio. Pesq. agropec. bras., 40:247-253, 2005.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; SILVA, A.G. & CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. Ci e Agrotec., Lavras, 30:562-568, 2006.

RAIJ, B. Van. Avaliação da fertilidade do solo. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1991. 142p.

SANTOS Jr., J.D.G. & MONTEIRO, F.A. Nutrição em nitrogênio do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio e idades de crescimento. B. Ind. Animal, 60:139- 146, 2003.

SCHEPERS, J.S.; FRANCIS, D.D.; VIGIL, M. & BELOW, F.E. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 23:2173-2187, 1992.

SILVA, S.C. Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*. In: II Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem, 2., Viçosa, 2004. Anais. Viçosa, 2004. p. 347-385.

SOARES FILHO, C.V. Recomendação de espécie e variedade de *Brachiaria* para diferentes condições, In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 11, 1994, Piracicaba. Anais. Piracicaba: FEALQ, 1994. p.25-48.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J. & BOHNEN, H. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 95p. (Boletim Técnico, 5).

WHITEHEAD, D.C. Grassland nitrogen. Wallingford: CAB International, 1995. 397p.

WILLIAMS, L. E.; MILLER, A. J. Transporters responsible for the uptake and partitioning of nitrogenous solutes. *Annual Review In Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, Palo Alto, 52: 59-688, 2001.