

**Adubação Nitrogenada para
Pastagens do Gênero
Brachiaria em Solos do
Cerrado**



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Arroz e Feijão
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1678-9644

Dezembro, 2006

Documentos 192

Adubação Nitrogenada para Pastagens do Gênero *Brachiaria* em Solos do Cerrado

Santo Antônio de Goiás, GO
2006

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Arroz e Feijão

Rod. GO 462, Km 12
Caixa Postal 179
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO
Fone: (0xx62) 3533 2123
Fax: (0xx62) 3533 2100
sac@cnpaf.embrapa.br
www.cnpaf.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Carlos Agustín Rava*
Secretário: *Luiz Roberto da Silva Rocha*
Membros: *Luis Fernando Stone*

Supervisor editorial: *Marina A. Souza de Oliveira*
Normalização bibliográfica: *Ana Lúcia D. de Faria*
Revisão de texto: *Vera Maira T. Silva*
Capa: *Hemerson Freire de Oliveira*
Editoração eletrônica: *Fabiano Severino*

1ª edição

1ª impressão (2006): *On line*

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Embrapa Arroz e Feijão

Costa, Kátia Aparecida de Pinho.

Adução nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* em solos do Cerrado / Kátia Aparecida de Pinho Costa, Itamar Pereira de Oliveira, Valdemar Faquin. – Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2006.

60 p. : il. – (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9644 ; 192)

1. Fertilizante nitrogenado – Pastagem. 2. Cerrado – Solo - Fertilizante nitrogenado. 3. *Brachiaria* sp – Fertilizante nitrogenado. I. Oliveira, Itamar Pereira de. II. Faquin, Valdemar. III. Título. IV. Embrapa Arroz e Feijão. V. Série.

CDD 631.8 (21. ed.)

© Embrapa 2006

Autores

Kátia Aparecida de Pinho Costa

Zootecnista, Doutoranda em Solos e Nutrição de Plantas da UFLA, Bolsista CNPq.
katiазoo@hotmail.com

Itamar Pereira de Oliveira

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fertilidade de Solos, Embrapa Arroz e Feijão
Rod. GO 462, Km 12
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO
itamar@cnpaf.embrapa.br

Valdemar Faquin

Professor, Doutor, Departamento de Ciência do Solo
Universidade Federal de Lavras - UFLA
vafaquin@ufla.br

Apresentação

Na agropecuária brasileira, o gênero *Brachiaria* tem sido considerado como um instrumento de inclusão do cerrado no processo produtivo. Esta gramínea, que é uma das forrageiras mais conhecidas, foi introduzida no cerrado como meio de se cultivar os solos de baixa fertilidade que, devido à sua acidez, apresentavam sérias restrições nutricionais às culturas.

Naturalmente, o gênero *Brachiaria* entrou no cerrado como parceria, compartilhando da necessidade de exploração de mais de duzentos milhões de hectares do Brasil Central. Atualmente, as várias espécies desse gênero são reconhecidas internacionalmente pela sua contribuição no avanço da pecuária brasileira, rompendo barreiras de adaptação e batendo recordes de produção, permitindo ganhos expressivos na taxa de lotação, no desempenho e na produtividade animal.

A pesquisa, por outro lado, cuida incansavelmente do melhoramento da planta pioneira, introduzindo nas novas cultivares, maior capacidade de adaptação às condições de solo e clima. Contudo, a utilização dessas espécies forrageiras vem sendo utilizada de maneira extrativista, sem a preocupação em repor os nutrientes do solo e manejo adequado, com isso essas gramíneas exaustivamente exploradas entram em um processo de definhamento, com risco marcante na perda de produtividade. Para isso, os profissionais da agropecuária têm intensificado o uso de nitrogênio, após a manutenção dos níveis dos demais nutrientes em condições favoráveis ao desenvolvimento da planta.

Considerando a importância da adubação nitrogenada em pastagem para a sustentabilidade dos empreendimentos da pecuária no cerrado, essa publicação tem como finalidade levar ao conhecimento técnico-científico a recomendação de adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria* em solos do cerrado.

Beatriz da Silveira Pinheiro
Chefe-Geral da Embrapa Arroz e Feijão

Sumário

Introdução	11
Gênero <i>Brachiaria</i>	13
Matéria orgânica do solo e sua relação com a disponibilidade de N	14
Adições de nitrogênio ao sistema solo-pastagem	17
Importância da adubação nitrogenada em pastagens	19
Concentrações de nitrogênio e estimativa do teor de clorofila	21
Dinâmica do nitrogênio em pastagens.....	25
Perdas de nitrogênio do sistema solo-pastagem	26
Eficiência e recuperação do nitrogênio	32
Eficiência do nitrogênio na produção animal	34
Recomendação de adubação nitrogenada	36
Recomendação de adubação nitrogenada para o gênero <i>Brachiaria</i> de acordo com a fertilidade do solo	37
Recomendação de adubação nitrogenada para o gênero <i>Brachiaria</i> de acordo com o sistema de pastejo	38
Formas de aplicação de nitrogênio para pastagens	43
Considerações finais	44
Referências Bibliográficas	45

Adução Nitrogenada para Pastagens do Gênero *Brachiaria* em Solos do Cerrado

Kátia Aparecida de Pinho Costa

Itamar Pereira de Oliveira

Valdemar Faquin

Introdução

Os capins do gênero *Brachiaria* ocupam espaços cada vez maiores na pecuária brasileira. Em menos de 20 anos após sua implantação e, por ser uma planta pouco exigente às condições edafoclimáticas, a *Brachiaria* se configura como suporte alimentar essencial na criação de gado, tanto de corte quanto de leite. Contudo, apesar do potencial dessa forrageira, os sistemas mais utilizados para pastejos, continuam sendo aqueles extensivos, em regime extrativista, sem a devida atenção ao manejo da pastagem e correção/manutenção da fertilidade do solo. Os solos escolhidos para pastagens geralmente apresentam sérias limitações quanto à fertilidade química natural, acidez e topografia (Martha Junior & Vilela, 2002). Esse modelo extrativista de utilização de pastagens em solos com aptidão agrícola desfavorável, justifica pelo menos em parte, os baixos índices zootécnicos e as baixas produtividades observadas na região dos cerrados (Macedo, 2001). Têm sido notórios os baixos índices zootécnicos médios, cerca de dez vezes menores que o real potencial de produção de carne e leite, devido principalmente à expressiva área com pastagens degradadas, com aguda deficiência de forragem no período seco (Aidar & Kluthcouski, 2003).

Por isso, é de suma importância, manter os níveis ideais de fertilidade do solo, para obter resultados satisfatórios. Para que isso ocorra, é necessário estabelecer um manejo adequado, mantendo a fertilidade do solo em níveis favoráveis ao desenvolvimento da planta, incluindo as adubações nitrogenadas complementares. O nitrogênio é um dos nutrientes que mais limitam a produtividade. Esse nutriente,

apesar de presente no solo, como constituinte de material orgânico ou na forma mineral (amônio e nitrato) tem seu suprimento limitado, podendo ser esgotado rapidamente por alguns cultivos. Como a maior área de pastagens cultivadas está localizada no cerrado, as condições de temperatura e de umidade predominantes neste bioma aceleram os processos de decomposição da matéria orgânica cerca de cinco vezes mais rápido que sob um clima frio. Assim, precisa-se produzir muita matéria orgânica para se manter o solo produtivo dependendo, para isso, de bom suprimento de nitrogênio (Kluthcouski & Aidar, 2003).

A dinâmica do N no solo é muito complexa e diferenciada em relação aos outros nutrientes. Esse nutriente possui grande mobilidade no solo, sofre inúmeras transformações mediadas por microrganismos, possui alta movimentação em profundidade, transforma-se em formas gasosas e se perde por volatilização e tem baixo efeito residual (Aguiar & Silva, 2005) e com isso, parte do N aplicado à pastagem é freqüentemente perdida do sistema, o que reduz a eficiência de uso, principalmente porque os fertilizantes nitrogenados são normalmente aplicados em cobertura, sem incorporação ao solo.

Devido a essa complexidade da dinâmica do N no solo, existe uma dificuldade de se definir qual a melhor dose a ser aplicada para as diferentes espécies forrageiras. A recomendação da adubação nitrogenada normalmente é realizada de acordo com a exigência das espécies, onde há uma variação até mesmo dentro do mesmo gênero, sendo consideradas mais exigentes em fertilidade as cultivares mais modernas de *Brachiaria brizantha* (Matsuda Sementes, 2006). Além dessa variação na dose de N a ser aplicada, é necessário levar em consideração o sistema de pastejo, controlado pela capacidade de suporte ($UA\ ha^{-1}$), para obter um sistema sustentável de exploração animal. Muitas vezes, não têm sido considerados, todos esses fatores determinantes para uma alta produção animal, na recomendação da dose de N aplicada, visto que o manejo da pastagem tem influência marcante na produção de massa seca.

Desse modo, é necessário desenvolver alternativas para reduzir as perdas e maximizar o uso de N-fertilizante nessas condições. Contudo, avanços expressivos para o entendimento do ciclo do N e para o desenvolvimento de protocolos práticos de manejo desse nutriente só serão observados quando estimativas confiáveis de perda do N aplicado forem conhecidas. Intrínseca a essa argumentação está a necessidade dessas estimativas serem realizadas em campo, uma vez que os resultados gerados em laboratórios ou em casa-de-vegetação,

ainda que úteis para o entendimento de alguns processos, são de aplicabilidade limitada e contestável para plantas crescendo no campo. Ressalta-se, ainda, o limitado número de estudos realizados no país com esse propósito (Martha Junior et al., 2004) e a inexistência de trabalhos com forrageiras amplamente utilizadas em sistemas intensivos de produção de bovinos em pastagens no Brasil.

Diante disso, justifica-se cada vez mais estudos que viabilizam o manejo adequado da adubação nitrogenada para as diferentes espécies forrageiras e sistemas de cultivo, com objetivo de incorporar o conhecimento técnico-científico à recomendação de adubação nitrogenada para pastagens do gênero *Brachiaria*, de acordo com o sistema ideal de pastejo.

Gênero *Brachiaria*

Os capins do gênero *Brachiaria* são conhecidos sob prisma da forragicultura desde a década de 50. Entretanto, a verdadeira expansão desse gênero ocorreu nas décadas de 70 e 80, principalmente nas regiões de clima mais quente. Hoje, provavelmente, 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 a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, que adquiriu uma grande expressividade nas áreas de pastagens cultivadas e, por essa razão, tornou-se uma das plantas forrageiras mais detalhadamente estudadas pela pesquisa (Silva, 2004).

Atualmente, a Embrapa Gado de Corte, em parceria com outras Unidades da Embrapa e Instituições de Pesquisa, vem testando uma coleção de genótipos de *Brachiaria* introduzidos da África, quanto à resistência a pragas, doenças, produção de sementes, valor nutritivo, desempenho animal, eficiência no uso de fertilizantes e adaptação ao meio. Desenvolver e lançar novas cultivares com essas características, que atendam a diferentes sistemas de produção, com variados níveis tecnológicos, são alguns dos objetivos do programa (Macedo et al., 2004). O primeiro resultado desta seleção foi a cultivar MG-5 Vitória de *Brachiaria brizantha*. Algumas características importantes desta cultivar é a boa produção de massa seca, resistência às secas, rápida rebrota após o pastejo e melhor tolerância aos solos mal drenados (Matsuda Sementes, 2006). Essa cultivar apresenta rendimentos de 10 a 18 toneladas de massa seca ha⁻¹ ano⁻¹ e com valores nutritivos consideráveis (Souza, 2002).

As espécies do gênero *Brachiaria* desempenham papel primordial na produção de carne e leite, por viabilizar a pecuária em solos ácidos e de baixa fertilidade, predominantes nos cerrados, e por criarem novos pólos de desenvolvimento. Por isso, o grande interesse dos pecuaristas pelas espécies, se prende ao fato de essas serem plantas de alta produção de massa seca, apresentarem poucos problemas de doenças e mostrarem bom crescimento durante a maior parte do ano, inclusive no período seco. Além disso, a importância do gênero é aumentada pela adaptabilidade que essas espécies apresentam a vários tipos de solos (Souza Filho & Dutra, 1991) e, principalmente, pela resistência à cigarrinha-das-pastagens (Valle et al., 2000).

Matéria orgânica do solo e sua relação com a disponibilidade de N

A fertilidade do solo e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas são dependentes da matéria orgânica do solo (MOS), que é freqüentemente considerada a fonte de vida do solo, pois fornece energia e nutrientes para os organismos do solo, e que desempenham importantes atividades nos ecossistemas naturais e agrícolas. De acordo com Silva & Resck (1997), os solos de cerrado caracterizam-se por serem altamente intemperizados e com baixa fertilidade natural. A fração argila desses solos é, essencialmente, constituída por minerais de argila 1:1 (com pouco ou nenhuma substituição isomórfica) e óxidos de Ferro (Fe) e Alumínio (Al), o que determina uma baixa densidade de carga superficial líquida negativa e, em consequência, baixa capacidade de troca catiônica (CTC), quando comparada aos minerais 2:1 e a própria MO. As limitações devidas à baixa CTC, bem como da baixa capacidade de retenção de água nos solos, podem ser corrigidas ou amenizadas pelo aumento da matéria orgânica, utilizando-se rotação de culturas adequadas, principalmente com a inclusão das braquiárias nos sistemas de produção e/ou rotação de cultivos (Aidar & Kluthcouski, 2003). O conteúdo de MO em solos de cerrados é pequeno, ficando geralmente entre 3 e 5%, devido às altas temperaturas associadas à adequada umidade que promovem a rápida decomposição dos resíduos vegetais incorporados ao solo e, presumivelmente, também dos mantidos na superfície do terreno (Coutinho, 2006). Frente ao uso limitado de corretivos e fertilizantes nas pastagens estabelecidas na região dos cerrados, fica fácil perceber a grande importância da função nutricional nesses ecossistemas (Vilela et al., 2003).

A MOS desempenha papel importante na sustentabilidade, trazendo uma série de benefícios, que incluem a melhoria das características físicas (estruturação do solo,

macro e microagregados, capacidade de armazenamento de água), químicas (aumento da CTC, redução da toxidez por Al^{+3} , maior suprimento de nutrientes), biológicas (biodiversidade de organismos do solo), de modo que se tem sugerido os teores de MOS como um dos indicadores de sustentabilidade de sistemas agrícolas (Greenland, 1994). Além da importância que a MO exerce sobre a agregação do solo, ela também participa ativamente na estabilidade dos agregados, proporcionando-lhes maior resistência ao esboroamento. Como o tipo de estrutura do solo tem relação direta com a movimentação de água e ar nesse meio poroso, sua presença no solo é de grande importância agrônômica (Oliveira, 1993). Assim, o manejo sustentável do solo deve incluir práticas que visem aumentar ou, pelo menos, manter os teores de MOS apropriados para cada tipo de solo (Hassink et al., 1997).

Bayer & Mielniczuk (1999) relatam que o cultivo do solo promove alterações nas taxas de adição efetiva e de perdas de MOS, resultando numa variação nos seus conteúdos. Após um longo período sob manejos constantes, os teores de MO tendem novamente a estabilizar. As taxas de perda de MO são influenciadas especialmente pelo preparo do solo, em particular pela intensidade de revolvimento, devido à influência que esta apresenta sobre a temperatura, umidade e aeração, ruptura de agregados, grau de fraturamento e incorporação dos resíduos culturais e pela cobertura. A recuperação dos teores de MOS pode ser feita pela implantação de pastagens, ou no caso de sistemas de produção intensivos, pela redução de revolvimento do solo e da adoção de um sistema de rotação de culturas com a inclusão de espécies de alta produção de resíduos (Moraes et al., 2004).

As pastagens bem manejadas poderiam ser consideradas sistemas produtivos sustentáveis, pois, nestes ambientes, tem-se observado a elevação do teor de MOS após o estabelecimento do pasto (Dubeux Junior et al., 2004; Moraes et al., 2004). Neste sentido, espera-se que esse aumento de MOS em pastagens manejadas intensivamente, proporciona uma maior quantidade de carbono sendo produzida e adicionada ao sistema (Pulleman et al., 2000; Batjes, 2004).

Singh et al. (1991) observaram que o pastejo pode influenciar os processos de mineralização/imobilização de N, facilitar a rápida decomposição de substratos, além de aumentar a taxa de reciclagem de N resultante da deposição de urina e fezes, podendo aumentar a disponibilidade de nutrientes por meio de manutenção na superfície do solo de uma fração de nutrientes orgânicos facilmente mineralizáveis, onde são mais acessíveis às plantas e aos microrganismos (Archer & Smeins, 1991). O pastejo também tem efeito marcante na ciclagem de N e

umenta o potencial de perdas do nutriente. Isto se dá porque os ruminantes excretam 75 a 95% do N por eles absorvidos, criando um considerável estoque de N na pastagem e a extensão disto dependerá das taxas de adubação do solo, da ingestão ou não de concentrados, da taxa de lotação da área, do tempo de pastejo e da composição botânica da pastagem (Cuttler & Scholefield, 1995). Esses efeitos têm grande influência na ciclagem do nitrogênio em pastagens ativas, tendo, portanto, efeito direto no processo de degradação (Dias-Filho, 2005).

Decau et al. (1997) verificaram descrição quantificada dos fluxos anuais de N em uma pastagem com vacas leiteiras e, em média, encontram os seguintes coeficientes de destino para N oriundo das dejeções (Tabela 1).

Tabela 1. Coeficiente de repartição do nitrogênio da urina e das fezes.

Destino	Fezes (%)	Urina (%)
N orgânico do solo	69	31
Absorção pela planta	9	29
Volatilização	3	16
Desnitrificação	2	2
Lixiviação	17	22

Fonte: Decau et al. (1997).

Boddey et al. (2004) relatam que grande perda de nitrogênio, que ocorre em pastagens ativas, seria causada pela alta de posição de excrementos ao longo das áreas de descanso, bebedouros, cochos de mineralização e trilhas criadas pelo gado. O maior potencial de perda de nitrogênio contida nas excreções, está nos locais afetados pela urina. Essas perdas podem variar de cerca de 35%, em locais com cobertura vegetal, a cerca de 80%, em locais sem vegetação (áreas de descanso do gado, próximas a cochos, bebedouros, etc). Nesta mesma pastagem, as perdas de nitrogênio, provenientes das fezes, podem chegar a cerca de 10% (Tabela 2).

Tabela 2. Volume anual de produção de leiteira e estimativa das perdas de nitrogênio, a partir da urina e fezes, em função da taxa de lotação, em pastagens de *Brachiaria humidicola*.

Taxa de Lotação	Produção de leiteira (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Perdas de N (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	
		Urina	Fezes
2	29,7	24,5	2
3	27,5	19,8	2
4	21,3	45,4	3

Fonte: Boddey et al. (2004).

A MOS afeta, indiretamente, as respostas da planta forrageira ao N-fertilizante, em razão do seu efeito benéfico no sistema, tanto por ser fonte de N, como por alterar em solo os fatores que afetam a mineralização. Com relação ao efeito na nutrição nitrogenada da planta forrageira, sabe-se que a quantidade de N disponibilizada nos sistema, por meio da mineralização da MOS (conversão do nutriente da forma orgânica para a forma mineral), determina a produção de forragem na ausência de adubação nitrogenada e o potencial de produção de forragem quando o fertilizante nitrogenado é utilizado. Quanto maior a taxa de mineralização da MOS (aumento da quantidade de N-mineral no solo), menor a quantidade necessária de fertilizantes nitrogenados para atingir um determinado nível de produção de forragem (Martha Junior et al., 2004).

Vilela et al. (2003) e Reis et al. (2001) relatam que a adição de N a partir da atmosfera (geralmente em quantidades inferiores a 10 kg ha ano⁻¹ de N), por meio da deposição seca e úmida, juntamente com o N disponibilizado a partir da mineralização da MO e da decomposição de resíduos de origem animal e vegetal, auxiliam, ainda que de maneira limitada, no atendimento das exigências de N da planta forrageira. Entretanto, essas formas de adição/ciclagem de N nos sistemas são insuficientes para sustentar a produtividade de forragem ao longo do tempo. Com isso, Mello et al. (2004) explicam que a adubação nitrogenada pode consistir numa ferramenta importante no incremento da produção de biomassa da pastagem ao longo do tempo e, em consequência, no aumento do estoque de carbono. Boddey et al. (1996) estimaram que pastagens cultivadas de gramíneas solteiras nos cerrados teriam um déficit de N, considerando apenas a ciclagem de nutrientes, da ordem de 58 kg ha ano⁻¹ de N.

Adições de nitrogênio ao sistema solo-pastagem

Embora parte das exigências da planta por N possa ser suprida pela absorção direta de formas orgânicas de N, como aminoácidos e moléculas de uréia, a quase totalidade dessas exigências é atendida pela absorção de formas minerais de N, como o nitrato (NO₃⁻) e amônio (NH₄⁺) (Whitehead, 1995). Dessa maneira, as exigências da planta são contempladas pelo somatório de N mineral proveniente da atmosfera, de fertilizantes e de resíduos orgânicos adicionados no solo. O N proveniente dos ciclos internos do solo também é importante no fornecimento de N para planta (Jarvis et al., 1996). No caso de sistemas de produção animal em pastejo, o N da excreta do animal também contribui para nutrição nitrogenada da planta forrageira, porém, de maneira localizada, na área de influência da excreta (Corsi & Martha Junior, 1997).

A fonte do fertilizante nitrogenado pode interferir sobre o resultado econômico da adubação nitrogenada de pastagens. Pelo lado biológico, o uso de diferentes fontes, visa aumentar a recuperação do N aplicado no sistema solo-planta, minimizar as perdas de N-fertilizantes ou, ainda, fornecer nutrientes à planta forrageira em adição ao N (Martha Junior et al., 2004). Existem várias fontes de nitrogênio que podem ser usadas em pastagens, contudo, as mais comuns são a uréia (44 a 46% N), o sulfato de amônio (20 a 21% N) e o nitrato de amônio (32 a 33% N). Todas essas fontes de N apresentam vantagens e desvantagens.

A uréia tem como vantagem menor custo por quilograma de nitrogênio, mas comumente, mostra maior perda de N por volatilização, apresenta alta concentração de N, é de fácil manipulação e causa menor acidificação no solo, o que a torna potencialmente superior a outras fontes, do ponto de vista econômico (Primavesi et al., 2004). Contrapõe-se a essa vantagem a expectativa de elevada perda de N quando aplicado na fonte de uréia em pastagens. Assim, tem sido proposto o uso de misturas de sais (geralmente sulfato ou cloreto) com uréia, com o objetivo de reduzir as perdas de amônia por volatilização em comparação com o uso exclusivo de uréia e de baratear o custo da adubação em comparação com o uso exclusivo de fontes nítricas e amoniacais (Martha Junior et al., 2004). Todavia, as evidências sobre a efetividade dessa prática no aumento da eficiência de uso de N aplicado e da produção de forragem são inconsistentes até o momento (Oliveira et al., 2003).

Por outro lado, o sulfato de amônio apresenta vantagens de menor perda de N e ser fonte de enxofre (24% S), embora apresente maior custo por quilograma de N (Primavesi et al., 2004). O fornecimento de enxofre é extremamente vantajoso para as pastagens estabelecidas na região do cerrado, cujos solos são normalmente deficientes nesse elemento (Sousa et al., 2001). Além disso, o suprimento adequado de enxofre no solo aumenta a resposta da planta forrageira ao N aplicado e pode melhorar a eficiência de uso de N-fertilizante. A dependência da eficiência de utilização do N com a disponibilidade de enxofre no meio reflete a íntima ligação entre os metabolismos de nitrogênio e de enxofre na planta. Werner et al. (1996) estima que a relação N:S de pastagens de *Brachiaria* spp. varia de 10 a 15:1. Dessa maneira, pode-se inferir que, para cada quilograma de enxofre deficiente para as plantas, haveria um excedente de 10 a 15 kg de N no sistema que estariam predispostos a se perderem do sistema solo-planta (Martha Junior et al., 2004). Contudo, a desvantagem da utilização de fonte do sulfato de amônio é a maior acidificação do solo, que é gerada pela uréia e pelo nitrato de amônio. Para neutralizar a acidificação gerada no solo, em razão da aplicação de um kg de N-sulfato de amônio, um kg de N-nitrato e um kg de N-uréia,

são necessários 5,4; 1,8 e 1,8 kg de carbonato de cálcio, respectivamente (Tisdale et al., 1993). Entretanto, a acidez provocada pelo sulfato de amônio no solo pode determinar benefícios indiretos, como estabelecimento de nichos mais favoráveis à dissolução dos fosfatos reativos no solo. Contudo, essa vantagem potencial da associação de sulfato de amônio com fosfato reativo ainda não foi explorada pela pesquisa (Martha Junior et al., 2004).

Corsi et al. (2004) questionaram que produções semelhantes de forragem obtidas a partir de diferentes fontes de adubos nitrogenados são produtos de experimentos de curta duração, onde a matéria orgânica seria capaz de reduzir o impacto das perdas provenientes dos fertilizantes, mas a médios e longos prazos, as diferenças entre fontes nitrogenadas podem influenciar a produção de forragem.

Pesquisas em andamento sob condições de cerrado visando a recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, sob doses e fontes de nitrogênio, têm mostrado que essa forrageira tem respondido, em níveis satisfatórios, à aplicação desse nutriente. As respostas em relação à produção de massa seca ao N na forma de sulfato de amônio são sempre superiores àquelas obtidas ao N na forma de uréia.

Importância da adubação nitrogenada em pastagens

O nitrogênio é o principal nutriente para manutenção da produtividade das gramíneas forrageiras, sendo essencial na formação das proteínas, cloroplastos e outros compostos que participam ativamente na síntese dos compostos orgânicos constituintes da estrutura vegetal; portanto, responsável por características ligadas ao porte da planta, tais como o tamanho das folhas, tamanho do colmo, formação e desenvolvimento dos perfilhos (Werner, 1986). Na maioria das pesquisas realizadas, o N tem proporcionado aumento imediato e visível na produção de forragem, isso ocorre porque a quantidade de N disponibilizada pelo solo, a partir da MO, não tem sido suficiente para suprir adequadamente a necessidade das plantas forrageiras (Kluthcouski & Aidar, 2003).

Corsi (1994) relata que o nitrogênio promove diversas alterações fisiológicas em gramíneas forrageiras, como no número, tamanho, peso e taxa de aparecimento de perfilhos e folhas, e alongamento do colmo, que são fatores importantes na produção de massa seca e valor nutritivo da planta forrageira, resultando na elevação de índices zootécnicos. Quando o nitrogênio é deficiente, o perfilhamento

é inibido e, ao aumentar o suprimento de N, há um acréscimo no número de perfilhos por planta (Pedreira et al., 2001). A magnitude de resposta da planta a esse insumo varia com a espécie forrageira, a dose, a fonte, o modo de aplicação do fertilizante, a forma de utilização de pastagem (corte ou pastejo), o tipo e a textura do solo e com as condições de clima (temperatura e umidade), antes, durante e depois da aplicação do adubo. Nesse caso, verifica-se que diversos componentes (planta, animal, solo e atmosfera) bem como a interação entre eles, determinarão a quantidade de forragem produzida. Assim, a variação em qualquer um desses componentes, num determinado momento, estabelece, potencialmente respostas diferenciadas na produção de forragem (Martha Junior et al., 2002).

Os sintomas de deficiência de N são caracterizados pelo amarelecimento das folhas mais velhas, reduzindo a taxa fotossintética, proporcionando o crescimento reduzido das plantas. A deficiência deste nutriente tem sido apontada como a principal causa para a redução da produtividade e degradação das pastagens. Isto ocorre em pastagens que não receberam adubação nitrogenada ou que receberam o N em baixos níveis. O N fornecido adequadamente em condições favoráveis para o crescimento das plantas, proporciona aumento na produção de MS e do teor de proteína, a partir da produção de carboidratos (Havlin et al., 2005).

No entanto, a aplicação de fertilizantes nitrogenados em grande escala na região dos cerrados tem sérias limitações, principalmente no tocante à disponibilidade atual desses insumos, sua dependência dos preços do petróleo e a grande predominância de sistemas de exploração ainda em uso. Além disso, a falta de conhecimento quantitativo sobre o manejo do N (dose, fonte e forma de parcelamento do N aplicado), em geral faz com que o N fertilizante seja utilizado de maneira menos eficiente do que é possível, o que estabelece perdas significativas desse nutriente no ambiente, em adição ao fato de o fertilizante nitrogenado não ser utilizado de maneira econômica (Martha Junior et al., 2004).

Parte do nitrogênio introduzido no sistema de produção agrícola é frequentemente perdida, o que reduz a eficiência do seu uso e, conseqüentemente, diminui a lucratividade dos empreendimentos de pecuária baseados na alimentação do gado com plantas forrageiras (Martha Junior, 1999; Primavesi et al., 2001).

Bonfim-Silva & Monteiro (2006) trabalhando com nitrogênio e enxofre em pastagem degradada, verificaram que as doses de N estudadas foram

determinantes para a produção de massa seca das lâminas foliares e dos colmos mais baixa do capim-braquiária. O mesmo foi relatado por Grano et al. (2005) que observaram que a produção de biomassa da *Brachiaria decumbens* foi incrementada à medida que aumentava as doses de nitrogênio, combinadas com doses de enxofre. Alexandrino et al. (2005) estudando o crescimento e características químicas e morfológicas do capim-marandu (*Brachiaria brizantha*) submetido a cortes e a doses de N, verificaram grande diferença de perfilhamento ao longo do tempo de rebrotação em relação ao suprimento de N, observando que as plantas não adubadas com N quase não perfilharam ao longo do tempo.

Para um bom manejo da adubação, principalmente no sistema intensivo, torna-se importante conhecer a necessidade em nutrientes das forrageiras e, conseqüentemente, a sua capacidade de extração de nutrientes do solo. Primavesi et al. (2005) verificaram que o capim-marandu quando recebe doses elevadas de nitrogênio extrai grandes quantidades de nutrientes do solo, principalmente de potássio.

O manejo adequado do N na agricultura é fundamental para que não haja prejuízos na relação custo/benefício, no ambiente (acidificação do solo, liberação de gases do efeito estufa, eutrofização de lagoas e açudes), na nutrição de plantas e de animais e à saúde humana através da contaminação de mananciais hídricos por nitratos (Costa, 2001).

Concentrações de nitrogênio e estimativa do teor de clorofila

As plantas absorvem os nutrientes presentes na solução do solo ou do meio de crescimento. Os mecanismos ativos (com gasto de energia) ou passivos de absorção são conhecidos e o contato das raízes com os íons da solução do solo ocorrem por fluxo de massa, difusão e interceptação radicular. Assim, para serem absorvidos pelas raízes, os nutrientes precisam estar disponíveis em solução, junto ou próximo às raízes (Monteiro, 2004).

Matos (2004) relata que o nitrogênio pode ser absorvido pelas plantas principalmente nas formas de NH_4^+ e NO_3^- . A absorção de nitrato é maior em pH ácido, enquanto a absorção de amônio é maior em pH próximo de neutro, decrescendo com o aumento da acidez. Em condições normais de solo, a forma de nitrato é freqüentemente dominante por ser a forma iônica de maior liberdade para movimentação em direção às raízes das plantas, o que ocorre, principalmente, por fluxo de massa e difusão.

Considerando o fato de que as concentrações dos nutrientes no tecido vegetal têm estreita relação com a produção da planta forrageira, as demandas pelos conhecimentos dessas concentrações é recorrente. A análise quantitativa ou da determinação das concentrações totais dos nutrientes minerais é a que predomina para as forrageiras e ela reflete, tanto os nutrientes incorporados nos tecidos vegetais, como naqueles presentes na seiva da planta. As espécies de forrageiras, de forma similar a outras espécies, variam em suas características morfológicas, fisiológicas, bioquímicas, nutricionais e qualitativas. A concentração de nutrientes no tecido vegetal das forrageiras tem sua variação documentada entre espécies pertencentes a diversos gêneros, a espécies dentro de um mesmo gênero, a cultivares e mesmo a acessos dentro da espécie (Monteiro, 2004).

Magalhães et al. (2005) mencionam que, além das diferenças entre as espécies, o valor nutritivo das *Brachiaria* é determinado pela idade da planta, manejo, adubação, principalmente a nitrogenada. Pastagens estabelecidas em solos de baixa fertilidade, seja com espécies de *Brachiaria* ou qualquer outro gênero, sob as condições normais de manejo (sem calagem e adubação), produzem forrageira de baixo valor nutritivo, caracterizado pelos altos teores de fibras constituintes da parede celular, e baixos teores de proteína, cálcio e fósforo. A Tabela 3 apresenta as variações ocorridas nas concentrações de N em diferentes espécies do gênero *Brachiaria* submetidas a diferentes doses de nitrogênio.

Burton & Monson (1988) relata que as adubações, principalmente a nitrogenada, além de aumentarem a produção de massa seca, elevam o teor de proteína bruta (PB) da forragem e, em alguns casos, diminuem o teor de fibra, contribuindo dessa forma para a melhoria da sua qualidade. Doses maiores do fertilizante nitrogenado normalmente estabelecem maiores teores de N na planta forrageira (Whitehead, 1995), o que tende a reduzir a absorção foliar de $N-NH_3$.

Tabela 3. Concentração foliar de N em diferentes espécies do gênero *Brachiaria*.

Espécie	Concentração foliar de N ($g\ kg^{-1}$)	Fonte
¹ <i>Brachiaria decumbens</i>	21,00 (13,1 %)	Carvalho et al. (1991)
² <i>Brachiaria humidicola</i>	15,84 (11,5 %)	Silva et al. (2004)
³ <i>Brachiaria briz.</i> cv. Marandu	19,50 (12,1 %)	Oliveira et al. (2005)
⁴ <i>Brachiaria briz.</i> cv. MG-5	19,80 (12,4 %)	Cesar et al. (2006)
⁵ <i>Brachiaria briz.</i> cv. MG-4	15,68 (9,8 %)	Sales et al. (2005)

¹ 400 $kg\ ha^{-1}$ de N; ² 100 $kg\ ha^{-1}$ de N; ³ 210 $kg\ ha^{-1}$ de N; ⁴ 200 $kg\ ha^{-1}$ de N; ⁵ 300 $kg\ ha^{-1}$ de N. Valores entre parênteses indicam o teor de proteína bruta (PB).

Corrêa et al. (2005) avaliando duas fontes de N: uréia e nitrato de amônio e quatro doses de N: 0, 50, 100, 200 kg ha⁻¹ na *Brachiaria brizantha* cv. Marandu observaram acréscimos no teor de proteína bruta, com o aumento das doses de nitrogênio para as duas fontes de N, nos quatro cortes avaliados. As médias dos teores de PB variaram de 8,1% para testemunha, a 14,2% na maior dose de N aplicada. Resultados semelhantes foram encontrados por Primavesi et al. (2006) que observaram que os teores de N na planta aumentaram com as doses de N, das duas fontes, de forma linear com a uréia e quadrática com o NA (nitrato de amônio). Com a uréia, os teores de N nas plantas variaram de 17 a 24 g kg⁻¹, e com o NA de 18 a 26 g kg⁻¹, sendo a faixa adequada de 13 a 20 g kg⁻¹ (Werner et al., 1996). No tratamento 200 kg ha⁻¹, o teor de N se mostrou maior que o adequado, confirmado pelo acúmulo de nitrato na forragem. O nitrato (NO₃⁻) é a forma inorgânica de N que se acumula na planta quando o suprimento excede o requerimento para o crescimento.

Carvalho et al. (1991) constataram concentrações baixas de N na parte aérea de *Brachiaria decumbens*, com valores de 17,0 a 21,0 g kg⁻¹. Na ausência do nitrogênio, as concentrações desse nutriente variaram de 8,0 a 14,0 kg ha⁻¹ de N. Também verificaram que nos tratamentos com elevadas produções de massa seca, obtidas com altas doses de N, houve uma redução nas concentrações de N na forragem, caracterizando um efeito de diluição.

Devido à relação existente entre concentração de N total e concentração de clorofila nas folhas (Girardin et al., 1985), esse atributo tem sido utilizado para avaliar o estado nutricional das plantas com relação ao nitrogênio, assim como para a determinação de adubações nitrogenadas adicionais (Santos Júnior, 2001). Contudo, Aguiar & Silva (2005) relatam que, embora a adubação foliar tenha inúmeras vantagens, parece não ser eficiente para adubação de pastagens, pois, para a máxima absorção de nutrientes via folha é necessário que a planta tenha uma área foliar muito desenvolvida. Quando as forrageiras estão com este tipo de área foliar, é o momento de ser consumida pelos animais e não de ser adubada. A partir dessa fase, começam a ocorrer perdas crescentes na produção de massa seca da planta forrageira, devido ao auto-sombreamento e alongamento do caule. Apesar disso, muitas pesquisas realizadas com finalidade de relacionar o teor de clorofila determinado pelo clorofilômetro com a concentração de nitrogênio nas folhas de plantas anuais de interesse econômico têm demonstrado que essa determinação é promissora para avaliar o estado nutricional das plantas em relação ao N. Entretanto, o número de informações com gramíneas forrageiras tropicais é reduzido (Colozza et al., 2000).

A determinação indireta do teor de clorofila de algumas forrageiras vem sendo feita através do aparelho Chlorophyll Meter SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development), desenvolvido pela Minolta, no Japão. Este clorofilômetro expressa os resultados em valores SPAD e vem sendo utilizado para estimar a concentração de N na folha, pois o teor de clorofila e concentração de N apresentam correlação positiva. O aparelho pode ser utilizado em diversas condições ambientais a campo e predizer o aparecimento inicial da deficiência de N (Minolta Camera, 1989). O medidor de clorofila SPAD-502 fornece leituras que correspondem ao teor de pigmento presente na folha. Os valores são calculados com base na quantidade de luz transmitida pela folha em duas regiões de comprimento de onda nas quais a absorção pela clorofila é diferente (Malavolta et al., 1997). Algumas vantagens do uso do medidor de clorofila são: a leitura que indica a concentração de nitrogênio adequada (concentração crítica) não é afetada pelo consumo de luxo desse nutriente, pois a planta não produz clorofila além do que necessita, mesmo quando em presença de excesso de nitrogênio; a não necessidade de envio de amostras para análise em laboratório, economizando tempo e dinheiro (Malavolta et al., 1997).

A relação entre o valor SPAD e a concentração de nitrogênio pode ser linear, até que o nitrogênio não seja mais assimilado e seja acumulado na forma de nitrato, tendendo formar uma estabilização da intensidade, de forma a refletir o acúmulo de nitrato (Abreu & Monteiro, 1999).

Os valores das leituras de SPAD nas lâminas de folhas recém-expandidas foram estudados por Abreu & Monteiro (1999) no capim-marandu sendo verificada que, para as idades de 28 e 42 dias, os valores de SPAD foram significativamente influenciados pelas doses de nitrogênio de 205 e 314,5 mg L⁻¹, respectivamente. A análise das equações de regressão obtidas demonstrou que, aos 14, 28 e 42 dias de crescimento da forrageira, o valor SPAD variou entre 31, 18 e 14 para a ausência de uso de N e entre 51, 57 e 46 para a dose de N relacionada ao máximo valor SPAD, tendo esses máximos valores correspondido às doses de 228, 239 e 302 mg L⁻¹, respectivamente.

Santos (1997) utilizando-se do clorofilômetro SPAD-502 para leituras de clorofila nas lâminas do capim-braquiária, obteve alto coeficiente de correlação entre as leituras do aparelho e as doses de N, tanto na primeira, como na segunda rebrota da gramínea. Por outro lado, para a correlação com as doses de enxofre foram observados baixos coeficientes de correlação entre a concentração

de enxofre nas lâminas de folhas recém-maduras e o teor de clorofila. O nível crítico de N no capim-braquiária foi verificado quando os valores de SPAD situaram-se entre 37 a 49.

Dinâmica do nitrogênio em pastagens

A dinâmica do N no ecossistema solo-planta tem sido extensivamente estudada. Para sistemas de produção animal em pastagens, nos trópicos, os esforços para compreender melhor essa dinâmica, passaram a ser mais evidentes a partir da década de 60. Desde essa época, até poucos anos atrás, a pesquisa com pastagens de gramíneas tropicais adubadas com N tem focado, prioritariamente, no estabelecimento de limites econômicos para o uso do fertilizante nitrogenado e na determinação do provável retorno econômico obtido pelo uso desse insumo (Lugão, 2001). Esse enfoque é importante e plenamente justificado pela necessidade de garantir ao fazendeiro maior produção de forragem e, conseqüentemente, elevada produtividade animal e/ou custos de produção reduzidos, que são fatores necessários para obtenção de ganhos marginais condizentes com o novo patamar de investimentos em adubação (Martha Junior & Vilela, 2002).

Dessa maneira, é evidente, nos dias atuais, a necessidade de se desenvolver estratégias para assegurar nutrição adequada à planta forrageira e ao animal em pastejo ao mesmo tempo em que se confere proteção aos recursos/qualidade do solo, água e atmosfera (Jarvis, 1998), uma vez que as pastagens, em especial aquelas produtivas, que sustentam elevadas taxas de lotação animal, não são mais consideradas benignas ao ambiente. Essa assertiva encontra suporte no fato de que sistemas "verticalizados" de produção animal, com elevado uso de insumos, estão, via de regra, associados a uma maior concentração de animais por unidade de área, o que potencialmente predispõe alterações nos ciclos de nutrientes no ecossistema de pastagem (Aarts et al., 2000).

Para atender os conflitantes objetivos de maior produtividade/rentabilidade agrícola e de redução do impacto ambiental, o conhecimento e manejo dos elementos minerais, marcadamente do N, nos diferentes agroecossistemas, assume posição de destaque. As transformações do N no ecossistema de pastagem precisam ser quantificadas e conhecidas, por meio de técnicas capazes de atender as propostas idealizadas. A grande amplitude nas eficiências parciais dos diversos processos inerentes ao ciclo do N, oferece oportunidade para

manipulação e ratifica a proposta de melhor entendimento da dinâmica do N no ecossistema para garantir elevada rentabilidade ao empreendimento pecuário baseado na exploração de pastagens sem, no entanto, prejudicar o ambiente (Martha Junior, 2003).

O ciclo terrestre do N é composto pelo sistema solo-planta e, no caso de ecossistemas de pastagens, pelo sistema solo-planta-animal. Nos últimos anos, tem sido enfatizada a importância da atmosfera no ciclo terrestre do N, dada à natureza interagente do N desse componente com o N dos compartimentos solo e planta (Harper & Sharpe, 1995). Em ecossistemas naturais, como florestas e pastagens nativas, assume-se que as perdas de N são baixas e contrabalançadas por pequenos acréscimos de N ao sistema (N proveniente da atmosfera, reciclagem do N de resíduos vegetais e de origem animal e mineralização do N da matéria orgânica do solo), de modo que esses ecossistemas sejam, de certa forma, de natureza conservativa. A sustentabilidade desses ecossistemas ao longo dos séculos, sem a interferência do homem, dá suporte a essa idéia.

Por outro lado, em ecossistemas modificados (agroecossistemas), o ciclo do N passa a ser aberto, de natureza não conservativa, e necessita da intervenção do homem no sentido de garantir a sua sustentabilidade (Boddey et al., 1996). Em sistemas que operam com baixo nível de manejo/insumo, o N desempenha papel fundamental na sustentabilidade da comunidade vegetal, enquanto que em sistemas de produção “verticalizados” e de melhor manejo, o N, além de atuar sobre a sustentabilidade da comunidade de plantas, torna-se o principal modulador da produtividade vegetal (Corsi & Martha Junior, 1997).

Perdas de nitrogênio do sistema solo-pastagem

As perdas de N do sistema solo-planta precisam ser conhecidas para permitir estratégias visando aumentar a eficiência de uso e minimizar o impacto ambiental do N aplicado. Os resultados de pesquisa em relação às perdas do nitrogênio são extremamente variados, principalmente porque o nitrogênio proveniente da uréia é muito suscetível às perdas e, conseqüentemente, muito sensível às condições de manejo de aplicação. Esta suscetibilidade às perdas se traduz na principal diferença entre os fertilizantes nitrogenados mais utilizados no Brasil (uréia e sulfato de amônio); quanto mais cuidados forem tomados para evitar perdas, mais a uréia se equiparará ao sulfato de amônio em relação à eficiência de produção de massa seca (Soares & Restle, 2002).

Carvalho & Saraiva (1987) relatam que existe perda de nitrogênio toda vez que se aplica esse elemento no solo, sendo as mais comuns por meio de volatilização, desnitrificação e, principalmente, por lixiviação, o que logicamente resulta em baixa taxa da eficiência da utilização do nitrogênio. De acordo com Werner et al. (2001), as adubações nitrogenadas devem ser parceladas principalmente quando se usam altas doses de nitrogênio, para se evitar principalmente as perdas por volatilização e por lixiviação, a fim de que se obtenha a maior eficiência de utilização desse nutriente pelas plantas forrageiras.

As perdas de N por erosão e por escoamento superficial em pastagens bem manejadas são pequenas e freqüentemente não ultrapassam 5 kg ha⁻¹ de N (Russelle, 1996). As perdas por lixiviação, conforme indicado pela determinação de N em diferentes profundidades do solo, também não parecem ser motivos de preocupação em pastagens tropicais bem manejadas (Martha Junior, 1999; Oliveira, 2001; Prasertsak et al., 2001). Esses estudos indicaram que menos de 5% do N aplicado é lixiviado para camadas de solo inferiores a 30 cm de profundidade. Cabe ressaltar que a possibilidade de haver absorção do N do fertilizante até 163 cm de profundidade do solo dá suporte à idéia de que a expectativa de lixiviação de N-NO₃⁻ é pequena em pastagens tropicais, uma vez que o N "perdido" da camada superficial do solo (20 a 30 cm) pode ser absorvido pela planta forrageira em maiores profundidades. Além disso, o fato de que os solos utilizados com pastagens (Latossolos e Podzólicos) no país são profundos e vegetados por plantas forrageiras de elevada capacidade de extração de nutrientes diminuem, ainda mais, a possibilidade de lixiviação de N-NO₃⁻. Esses fatos sinalizam que os problemas de lixiviação de N do fertilizante, em solos vegetados por gramíneas tropicais, podem ser ainda menores do que o esperado (3 a 5 % do N aplicado) (Martha Junior & Vilela, 2002).

Entretanto, a lixiviação de N-NO₃⁻ pode ser problema em regiões que experimentam elevados índices de chuvas e que apresentam uma associação de solos rasos, arenosos de baixa capacidade de troca catiônica (CTC) e são mal manejados. Nessas situações as condições de solo e expectativa de baixa profundidade da planta forrageira e, portanto, a limitada capacidade de remoção de N-NO₃⁻ do solo, estabelecem condições favoráveis à lixiviação do N do fertilizante (Corsi et al., 2001).

Com base nessa discussão, reduz-se que, em pastagens de gramíneas tropicais, as perdas mais representativas são aquelas que ocorrem por via gasosa, através da volatilização de N-NH₃ ou da desnitrificação (Martha Junior, 2003).

O processo por volatilização de N-NH_3 é definido como a transferência de amônia gasosa do solo para atmosfera. Para que esse processo ocorra, é necessário que haja um suprimento de N-NH_3 próximo à superfície do solo. Em pastagens, isso não é problema, pois o íon NH_4^+ , precursor da amônia, é constantemente formado nos solos pela mineralização da matéria orgânica do solo, pela decomposição de resíduos vegetais ou de origem animal, ou pela hidrólise de fertilizantes amídicos e amoniacais. A quantidade de N-NH_3 volatilizada, por sua vez, irá depender de fatores de clima, de solo e de manejo, bem como da interação entre eles (Trivelin et al., 1994).

Fatores de clima, como a umidade relativa do ar, a velocidade do vento e a concentração de amônia na atmosfera podem interferir sobre a volatilização de N-NH_3 , porém, a temperatura e a precipitação pluviométrica são, normalmente, os fatores climáticos mais importantes nesse processo de perda (Harper & Sharpe, 1995).

As chuvas (quantidade e momento em que ocorrem depois da aplicação do fertilizante) são importantes no processo de perda de N-NH_3 por volatilização. Chuvas em quantidades suficientes podem proporcionar a movimentação do adubo para camadas mais profundas do solo, onde o processo de volatilização é sensivelmente reduzido (Rodrigues & Kiehl, 1992).

Martha Junior et al. (2004) trabalhando com perdas de amônia por volatilização adubada com uréia, verificaram que a volatilização acumulada aumentou com o período depois da adubação, apesar de as taxas de perdas de amônia terem sido decrescentes ao longo do período estudado. Constataram, ainda, que os maiores valores de volatilização acumulada (kg ha^{-1}) foram verificados nas doses mais elevadas de N-uréia . A perda de N-NH_3 medida no dia seguinte (1, 5 e 9 dias) à adubação pela volatilização acumulada de N-NH_3 no período, uma vez que, nas avaliações efetuadas nos dias 5 e 9, não foram constatadas diferenças na taxa diária de volatilização nas adubações com 40, 80 e 120 kg ha^{-1} de N-uréia .

Os fatores de solo mais importantes que influenciam as perdas de N-NH_3 por volatilização são o pH, a CTC, o poder tampão e a matéria orgânica do solo (Trivelin et al., 1994; Martha Junior, 2003). O pH é importante por alterar o equilíbrio entre NH_4^+ e NH_3 na solução do solo, de maneira que incrementos no pH deslocam a reação $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ para a direita, elevando o potencial de perda. Na região de dissolução do grânulo de uréia, o pH pode

e elevar-se em até três unidades, o que estabelece condições propícias para volatilização de N-NH_3 , inclusive em solos ácidos (Trivelin et al., 1994; Whitehead, 1995).

Estudos mostraram que para uma dada dose de N-fertilizante (amoniacoal ou amídico) aplicada em pastagens, a concentração de NH_4^+ na solução do solo e o pH são influenciados pelo poder tampão e pela CTC do solo (Whitehead, 1995). Em solos de baixo poder tampão e CTC, a taxa de perda de N-NH_3 por volatilização pode ser mantida por um maior período de tempo depois da adubação, enquanto que, em solos de alto poder tampão e CTC, o efeito inverso é esperado. Adicionalmente, quanto maior a CTC do solo menor será a concentração de NH_4^+ na solução do solo e, portanto, menores perdas por volatilização deverão ocorrer (Freney et al., 1983).

Para pastagens estabelecidas em solos ácidos, as perdas de N-NH_3 decorrentes da aplicação superficial e a lanço de nitrato de amônia e de sulfato de amônio são geralmente baixas e inferiores a 5 e 10% do N aplicado, respectivamente (Whitehead, 1995; Primavesi et al., 2001). Porém, em algumas situações, essas perdas podem ser mais elevadas, da ordem de até 20% do N-sulfato de amônio aplicado (Martha Junior, 1999). Em solos alcalinos as perdas de N-NH_3 a partir de sais amoniacoais podem atingir patamares de até 40% do N-total aplicado (Whitehead & Raistrick, 1990).

Em relação à uréia, tem-se verificado que as perdas de N-NH_3 por volatilização, como resultado da aplicação superficial e a lanço do fertilizante em pastagens, situam-se freqüentemente, na faixa de 10 a 25% do N aplicado (Primavesi et al., 2001). Em condições favoráveis à volatilização, como elevada temperatura, ausência de precipitação imediatamente depois da adubação e altas taxas de evaporação de água do solo, as perdas podem atingir até 80% do N-uréia aplicado (Martha Junior, 1999).

Quanto à dose do adubo aplicado, tem-se verificado que na grande maioria das vezes, maiores doses de fertilizantes resultam em acréscimo nas perdas de N-NH_3 por volatilização (Primavesi et al., 2001). Porém, uma vez que o padrão de perda pode ser linear ou exponencial, as perdas relativas do fertilizante (porcentagem perdida em relação ao total de N aplicado) podem diminuir e manterem-se constantes ou aumentarem com os incrementos na dose do fertilizante (Hargrove, 1988). O potencial de perda de N-NO_3 é mínimo em

pastagens de baixa e moderada produtividade, em função do menor uso de N, no entanto, este risco pode aumentar em sistemas de alta produtividade (Moraes et al., 2004).

Martha Junior (2003) mostra um resumo dos principais efeitos de fatores de clima, solo e manejo do solo sobre o processo de volatilização de N-NH₃ (Tabela 4).

Tabela 4. Principais efeitos de fatores de clima, solo e manejo do solo sobre as perdas de amônia por volatilização em pastagens.

<i>Variável</i>	<i>Efeito</i>
Clima	
Temperatura	Incrementos na temperatura favorecem as perdas
Chuvas	Redução das perdas com chuvas superiores a 10-20 mm até três dias depois da adubação. Aumento das perdas com chuvas inferiores a 5 mm até três dias depois da adubação. Chuvas acontecendo antes da aplicação do N-fertilizante interferem positivamente sobre as perdas quando elevam a umidade do solo para valores próximos ou maiores do que a capacidade de campo.
Solo	
pH	Incrementos no pH aumentam as perdas, principalmente quando a uréia é utilizada. Em solos alcalinos (naturalmente ou como resultado de doses elevadas de calagem), as perdas do N do sulfato de amônio também podem ser elevadas.
CTC	Incrementos no poder tampão reduzem as perdas
Matéria orgânica	Incrementos na M.O., por possibilitarem o aumento da CTC do solo, reduzem as perdas. Entretanto, com o aumento nos teores de M.O., ocorre, concomitantemente, o aumento na quantidade e na atividade da enzima urease, favorecendo as perdas de N-uréia.
Manejo do solo/fertilizantes	
Geral	Influência no processo de volatilização quando altera, direta ou indiretamente, as características do solo (pH, M.O., etc.)
Incorporação do adubo	Reduz as perdas, mas essa prática não tem sido recomendada para pastagens estabelecidas, em razão de falta de implementos adequados.

Fonte: Martha Junior (2003).

Além das perdas por volatilização, em pastagens também podem ocorrer perdas por desnitrificação. A nitrificação ocorre em meio aeróbico e, nesse caso, as perdas de óxido de N ocorrem de modo mais lento, porém, de maneira contínua (Whitehead, 1995). Na desnitrificação, os microrganismos do solo obtêm do NO_3^- e do nitrito (NO_2^-) a fonte de oxigênio para respiração, produzindo, nesse processo, os óxidos de N. A desnitrificação ocorre em meio anaeróbico e as perdas de N na forma de óxidos processam-se de maneira mais intensa e em curtos períodos de tempo (Stevenson & Cole, 1999).

Os principais fatores controlando a desnitrificação são a disponibilidade de N (NO_3^- e NO_2^-) e de C (fonte de energia para os processos microbianos) em ambiente anaeróbico o que predispõe as pastagens a elevadas perdas, uma vez que esses ecossistemas normalmente apresentam essas características (Corsi & Martha Junior, 1997).

A desnitrificação depende de interações complexas entre fatores de clima, de solo e de manejo, que influenciam os processos microbiológicos. Valores de pH próximos à neutralidade favorecem os processos de desnitrificação e nitrificação (Stevenson & Cole, 1999). Condições de temperaturas elevadas e alto teor de umidade no solo (chuvas ou condições precárias de drenagem no solo) também atuam positivamente sobre a desnitrificação, sendo esses fatores as principais explicações para as maiores taxas de emissão de óxidos de N em regiões tropicais em comparação com as regiões temperadas (Granli & Bockman, 1995).

Martha Junior et al. (2004) avaliando as perdas de N com as doses de 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de N, utilizando como fonte a uréia, verificaram que, as perdas por desnitrificação mantiveram-se em patamares altos em razão da umidade do solo em níveis elevados, principalmente na superfície, onde constataram o encharcamento do solo nos dias subseqüentes à adubação nitrogenada, sendo que essas perdas de N seriam mais expressivas nas doses mais elevadas de N. Os mesmos autores relatam ainda que, em razão do elevado risco de perda de N quando se utiliza a uréia como fonte, dessas condições, recomenda-se que estudos futuros considerem as seguintes alternativas para controlar a perda por volatilização de N-NH₃ e, conseqüentemente, aumentar a eficiência de uso do N-fertilizante, como: o uso de irrigação imediatamente depois da adubação sem, no entanto, favorecer a desnitrificação; uso de misturas de sais com uréia para determinar se a manipulação da relação N:S do fertilizante, por exemplo, é realmente uma maneira eficaz de controlar as perdas de N-NH₃ em ecossistemas

de pastagens tropicais; e o uso de outras fontes de fertilizantes nitrogenados menos propensas às perdas de amônia por volatilização, como os sais amoniacais. Primavesi et al. (2001) relatam que a utilização de outros fertilizantes nitrogenados, que não a uréia, parece ser, no curto prazo, a alternativa mais viável tecnicamente.

Eficiência e recuperação do nitrogênio

Cerca de 98% do nitrogênio presente no solo estão associados à matéria orgânica, todavia, devido à baixa taxa de mineralização nos solos, 10 a 40 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, para cada 1% de MO presente no solo, não são suficientes para sustentar elevadas produções, pois as gramíneas forrageiras tropicais têm potencial para responder até 1800 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, com respostas lineares até 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, dependendo do solo, da espécie e do manejo (Guilherme et al., 1995). A maior eficiência de uso de N, somente ocorrerá quando os demais nutrientes estiverem em níveis adequados no solo e a pastagem for manejada adequadamente, para os animais aproveitarem a forragem produzida (Corrêa, 2000).

Carvalho & Saraiva (1987) relatam que a eficiência da utilização do nitrogênio é um parâmetro indispensável para enriquecimento de trabalhos científicos com o uso de adubação nitrogenada. Sempre que possível, é de suma importância estimar a eficiência da utilização do nitrogênio, uma vez que esse parâmetro indica a dose de nitrogênio mais eficiente a ser aplicada no solo, resultando, conseqüentemente, em menor custo de produção das pastagens.

A eficiência de utilização do nitrogênio depende de vários fatores, dentre eles, a fonte de nitrogênio, as condições do solo e climáticas, grau de fracionamento e dose aplicada, potencial de resposta da planta, presença do animal, entre outros (Lupatini et al., 1998). Esses fatores que influem na taxa de acúmulo da planta e na recuperação de nitrogênio também influenciam a eficiência de utilização deste nutriente (Soares & Restle, 2002).

Algumas fórmulas para se aproximar do melhor método para recomendação e aplicação de nitrogênio em pastagem foram desenvolvidas. Primavesi et al. (2004) têm estudado a eficiência da utilização do nitrogênio (EUN) em gramíneas forrageiras através da seguinte equação:

$$EUN = \frac{\text{(Produção de MS da parcela adubada - Produção de MS da testemunha)}}{\text{Dose de N aplicado.}}$$

Em sistemas de utilização de forrageiras sob corte, a eficiência do nitrogênio oriundo de fertilizantes é geralmente alta; mesmo com a aplicação de doses elevadas de adubos nitrogenados (400 kg ha⁻¹ de N), pouco N resta no campo (Prins, 1980). Conseqüentemente, a lixiviação de nitrato após o corte é freqüentemente baixa (Simmelsgaard, 1998).

Primavesi et al. (2002) avaliando a eficiência da utilização do nitrogênio na *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, verificaram que os melhores índices ocorreram quando se aplicaram as menores doses de N, ocorrendo redução nos valores desses índices com o aumento das doses de N. Resultados semelhantes foram obtidos por Costa et al. (2005a) que avaliando a eficiência da conversão do N no capim-Tanzânia, observaram que a maior eficiência foi obtida quando se aplicaram as menores doses de N e K, provavelmente devido ao menor aproveitamento do N pelas plantas, resultante de maiores perdas desse nutriente no solo, sendo as mais comuns por meio de volatilização, desnitrificação e lixiviação, o que logicamente resulta em baixa taxa da eficiência da utilização do N.

Além de avaliar a eficiência de utilização no N é importante associar a sua recuperação. Primavesi et al. (2006) mencionam que, em pastagens manejadas intensivamente, onde são usadas doses elevadas de N, conhecer a recuperação do N do fertilizante pelas plantas torna-se importante para montar estratégias para maximizar a eficiência do seu uso e minimizar o impacto ambiental. O cálculo da recuperação aparente do N do fertilizante é de fácil execução e de baixo custo, pois utiliza apenas o teor de N total da planta e a massa seca da forragem. De acordo com Primavesi et al. (2004) a recuperação aparente do nitrogênio pode ser calculada pela fórmula:

$$RAN = \frac{\text{N extraído na parcela fertilizada} - \text{N extraído na parcela testemunha} \times 100}{\text{Dose de N aplicada}}$$

A recuperação aparente do N é, freqüentemente, uma superestimativa dos valores reais, porque, dentre outros valores, o N do fertilizante estimula a atividade biológica do solo e o maior crescimento das raízes das plantas

adubadas, fazendo com que o N de um maior volume de solo seja absorvido por essas plantas (Léon et al., 1995; Stout, 1995).

A recuperação do N do fertilizante pode ser maior do que a indicada em experimentos que determinaram as perdas de N-NH₃ (amônia) por volatilização, uma vez que até 15% do N volatilizado do fertilizante nitrogenado aplicado ao solo pode ser absorvido por via foliar (Ping et al., 2000).

A recuperação do fertilizante aplicado em pastagens está dentro dos limites de 50 a 80% e, com maior frequência, entre 65 e 70%. Resultados de pesquisa têm mostrado que com o aumento das doses de N aplicado, a quantidade de N recuperado é menor (Whitehead, 1995, 2000). De acordo com Corsi (1994), essa baixa recuperação de N pelas forrageiras tropicais deveria ser esperada, devido à profundidade dos solos e ocorrência de chuvas fortes no período das águas. Todavia, mais de 80% do N pode ser recuperado, quando o adubo é adequadamente aplicado. Uma cultura raramente aproveita mais que 60% do N aplicado e o restante pode permanecer no solo para as culturas subseqüentes, ou perder-se por diversos processos, sendo um dos principais a volatilização de N-NH₃. A perda de amônia por volatilização é um processo complexo estando, em geral, associado à aplicação superficial de fertilizantes minerais. As diferentes fontes de N disponíveis como fertilizantes podem apresentar variação na capacidade de formar NH₃, em decorrência da sua constituição química, e interação com o solo e resíduos culturais (Cassol et al., 2005).

Primavesi et al. (2006) trabalhando com duas fontes de N: uréia e nitrato de amônio e quatro doses: 0, 200, 400 e 800 kg ha⁻¹ corte⁻¹, observaram que a recuperação aparente do N dos adubos variou com as fontes e doses de N. Com o aumento das doses de N ocorreu um decréscimo na recuperação, que foi maior com o nitrato de amônio. A recuperação média de N de todas as doses de uréia representou 84% da obtida com o nitrato de amônio.

Eficiência do nitrogênio na produção animal

Em muitas situações, justifica-se a não utilização ou o uso limitado de corretivos e fertilizantes em pastagens, principalmente em áreas que recebem adubação com N, pelo retorno econômico pouco satisfatório advindo da adoção dessa prática (Macedo, 2000). Todavia, essa assertiva pode ou não ser verdadeira, pois ela irá depender de uma série de fatores. Por exemplo, quanto pior for a eficiência

obtida com o uso de fertilizantes, resultado de uma manejo deficiente como subpastejo, mais difícil será a obtenção de lucro com a adubação do pasto (Martha Junior & Vilela, 2002).

Martha Junior et al. (2004) relatam que a maximização da eficiência de conversão do N-fertilizante em massa seca de forragem é extremamente importante para o resultado econômico final da adubação nitrogenada de pastagens. Entretanto, uma vez que a forragem produzida pela adubação precisa ser consumida pelo animal e, posteriormente, convertida em produto animal, o que interessa ao pecuarista não é, propriamente dito, a relação kg de MS por kg de N aplicado, mas sim a razão entre kg de ganho de peso vivo por kg de N aplicado. Em outras palavras, deve-se buscar o aumento da eficiência de todas as etapas envolvidas no processo de produção animal a pasto, pois, se isso não ocorrer, a resposta da planta forrageira ao N- fertilizante será diluída durante as etapas subseqüentes de produção. A eficiência de N na produção animal (ENPA) pode ser calculada, de acordo com Martha Junior et al. (2004), pela seguinte fórmula:

$$\text{ENPA} = \frac{\text{kg de peso vivo animal}}{\text{kg de N aplicado}}$$

A eficiência de pastejo tem variado entre 40 a 60% (Barioni et al., 2003), embora estudos em andamento têm revelado a possibilidade de valores maiores de eficiência de pastejo em pastagens tropicais, da ordem de 70%. Na etapa subseqüente, da forragem consumida ser convertida em produto animal, os resultados dependem, sobremaneira, da qualidade da forragem e dos fatores do animal, como: categoria, peso, potencial genético, raça, etc. A variação desses fatores explica a amplitude nos valores de kg de MS por kg de ganho de peso.

Em média, a eficiência do uso do N-fertilizante na produção animal é de 1,45 kg de ganho de peso vivo (GPV) por kg de N aplicado, para um potencial estimado em 3,5 a 4,0 kg de GPV por kg de N aplicado. Para efeito de manejo, deve-se observar que 48% dos resultados concentram-se na faixa de 1,2 a 2,4 de GPV por kg de N e que em apenas 30% e 13% dos casos, a eficiência do N-fertilizante pode ser considerada boa (> 1,8 de GPV por kg de N) e excelente (> 2,4 kg de GPV por kg de N), respectivamente (Martha Junior et al., 2004).

Recomendação de adubação nitrogenada

A recomendação de adubação nitrogenada para pastagem é um desafio, por envolver uma série de fatores ligados à planta, ao solo e a aspectos sócio-econômicos da área. Normalmente, os boletins de recomendação de adubação são detalhistas em recomendar macro e micronutrientes, sendo exceção o nitrogênio, cuja disponibilidade em solos, invariavelmente, não é avaliada. Isso ocorre devido ao fato de cerca de 95% ou mais do nitrogênio do solo fazer parte da matéria orgânica, que constitui o grande reservatório desse nutriente para as plantas. No entanto, a capacidade do solo em fornecer nitrogênio às culturas depende da taxa de mineralização do nitrogênio orgânico, que é função de fatores climáticos e bióticos (Werner et al., 2001). Desse modo, a análise de solo é pouco realizada para o N, até o momento, o que se explica pela complexidade da dinâmica desse nutriente no solo e isso tem implicações na recomendação da adubação nitrogenada.

Por ser o nutriente que traz maior impacto na produtividade das pastagens, o nitrogênio deve ser melhor estudado em relação à quantidade aplicada. Novos trabalhos devem ser realizados com o intuito de mostrar que, além da espécie da forrageira, deve-se considerar na recomendação da adubação nitrogenada o sistema de pastejo (contínuo ou rotacionado) e a capacidade de suporte ($UA\ ha^{-1}$), além da intensidade de uso do sistema de produção, o que se relaciona com a característica da forrageira, tais como produtividade, valor nutritivo e requerimento nutricional.

A opção da adubação nitrogenada para um sistema de pastejo deve sempre se fundamentar na eficiência e na praticidade das operações para manter a produtividade da pastagem. Após o conhecimento sobre as fontes e dose de nitrogênio, o produtor deve analisar criticamente as recomendações, para se ter um sistema sustentável de exploração animal.

Vilela et al. (2000) orientam que na fase de estabelecimento de pastagem exclusiva de gramíneas, em solos com baixo teor de matéria orgânica ($< 1,6\ g\ kg^{-1}$), recomenda-se aplicar de 40 a 50 $kg\ ha^{-1}$ de N em cobertura, de preferência sob as formas de sulfato de amônio - que contém enxofre, ou nitrato de amônio, por serem menos suscetíveis às perdas de nitrogênio por volatilização.

Em pastagem estabelecida, em fase de produção, Cantarutti et al. (1999) elaboraram um guia para a recomendação da adubação nitrogenada levando em consideração o nível tecnológico adotado no sistema de produção (Tabela 5). Estas orientações são as que atualmente mais se aproximam do que se espera para recomendação de adubação de pastagens no futuro, com base em níveis de extração para se alcançar metas de produtividade.

Tabela 5. Doses de nitrogênio e número de aplicações de acordo com o nível tecnológico adotado no sistema de produção.

Nível tecnológico	Nitrogênio (kg ha ⁻¹ ano)	Número de aplicações
Baixo (< 1,0 UA ha ⁻¹)	50	1 no início das águas
Médio (1,0 - 3,0 UA ha ⁻¹)	100 - 150	2 a 3 de 50 kg ha ⁻¹
Alto (3,0 - 7,0 UA ha ⁻¹)	200	4 de 50 kg ha ⁻¹
Muito Alto (irrigado)	≥ 300	6 de 50 kg ha ⁻¹

Fonte: Cantarutti et al. (1999).

Recomendação de adubação nitrogenada para o gênero *Brachiaria* de acordo com a fertilidade do solo

As recomendações ideais para suprir as necessidades das cultivares modernas de *Brachiaria* devem ser constantemente revisadas, uma vez que estas são melhoradas no sentido de serem precoces e produtivas. Por isso, para a escolha de uma cultivar para renovação de pastagem deve-se associá-la à sua necessidade nutricional, combinado com o custo-benefício. Cada espécie de *Brachiaria* apresenta uma exigência em nitrogênio necessária para atingir uma elevada produção. As *Brachiaria decumbens*, *humidicola* e *ruziensis* são menos exigentes que as *Brachiaris brizantha* cvs. Marandu e MG-4, que têm um grau de exigência médio e, recentemente foi lançada no mercado uma nova cultivar de *Brachiaria brizantha*, a MG-5, que apresenta de média a alta exigência em fertilidade (Matsuda Sementes, 2006). Essas diferenciações são devidas não somente ao processo de melhoramento em que as espécies de *Brachiaria* foram submetidas mas, também, às altas produtividades por elas atingidas. Baseado na necessidade diferencial das espécies desse gênero foi elaborada a Tabela 6 que relaciona quantidades de fertilizantes nitrogenados para o gênero *Brachiaria*, em relação ao grau de exigência da espécie em fertilidade do solo, de acordo com o melhoramento genético das espécies.

Tabela 6. Recomendação de adubação nitrogenada para o gênero *Brachiaria*, de acordo com o grau de adaptação às condições de fertilidade do solo.

Espécie	Grau de adaptação à fertilidade	Nitrogênio (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)
<i>Brachiaria decumbens</i>	Baixo	100
<i>Brachiaria humidicola</i>	Baixo	100
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	Médio	150
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	Médio	200 a 250
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. MG-4	Médio	200 a 250
<i>Brachiaria brizantha</i> cv. MG-5	Médio a Alto	250 a 300

Souza (2002) relata que o cultivar MG-5 foi lançado com o intuito de produzir maior quantidade de massa seca e com valores nutritivos consideráveis. De acordo com Vilela (2006) esta cultivar apresenta lâmina foliar mais larga (2,5 cm) e compridas (60 cm), do que as outras cultivares de *Brachiaria brizantha*. Miranda et al. (2005) trabalhando com quatro cultivares de *Brachiaria brizantha*, verificaram que o cultivar Xaraés (MG-5), apresentou maior produtividade de lâminas foliares e maior produção de massa seca acumulada.

Em estudo com diferentes doses de N na *Brachiaria brizantha* cv. MG-5, Cezar et al. (2006), verificaram um aumento de 22,1% em relação às parcelas que não receberam N. Resultados semelhantes também foram obtidos por Ydoyaga et al. (2006), que trabalhando com métodos de recuperação de pastagens de *Brachiaria decumbens*, verificaram que a adubação nitrogenada propiciou aumento de 34% na disponibilidade de massa seca.

Carvalho et al. (1991) avaliaram as repostas de gramíneas forrageiras à adubação nitrogenada e constataram incrementos marcantes na produção de massa seca da *Brachiaria decumbens* quando esta foi submetida a doses crescentes de N até o valor de 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

Recomendação de adubação nitrogenada para o gênero *Brachiaria* de acordo com o sistema de pastejo

O critério para definição do sistema de pastejo deve ser baseado nas decisões de planejamento que influenciam os equilíbrios globais e estacionais entre produção de forragem e demanda. Neste contexto, o objetivo do manejo é promover o controle dos recursos vegetal e animal, com a finalidade de atingir altas eficiências globais no sistema de produção. A manutenção da condição da estrutura do pasto

é, portanto, muito mais importante para o sucesso da exploração que o sistema de pastejo utilizado. O sistema ideal de pastejo é aquele que permite maximizar a produção animal, sem afetar a persistência das plantas forrageiras. Desse modo, a utilização de plantas forrageiras sob condições de pastejo em níveis ideais de fertilidade do solo, incluindo a aplicação de fertilizante nitrogenado, é um fator de grande importância a ser considerado na exploração de pastagens.

O sistema de pastejo contínuo extensivo é realizado em grandes áreas, em propriedades de baixo nível tecnológico e caracteriza-se pelo manejo com taxas de lotação menores que $1 \text{ UA ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Apresentam em geral, baixa ocupação animal e o rendimento atingem, quando muito, níveis médios, o que acarreta a degradação da forrageira, fator considerado como um dos maiores problemas da pecuária. Barcellos (1996) relata que cerca de 80%, dos 45 a 50 milhões de hectares da área de pastagens nos cerrados do Brasil Central, encontram-se em algum estágio de degradação, sendo que 30 milhões de hectares de pastagens são do gênero *Brachiaria*. Dessa forma, a recomendação das quantidades de nitrogênio para áreas cobertas com *Brachiaria* tem variado de 50 a $300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N (Tabela 7). O menor valor mencionado de $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N é considerado como uma quantidade mínima, inclusive para evitar degradação das forrageiras, sendo que esta dose não é suficiente para obter produtividades satisfatórias.

Os sistemas de pastejo intensivos são baseados em grandes divisões de áreas sem muita preocupação com o máximo aproveitamento da forragem. Apresenta um nível tecnológico mais elevado do que os sistemas extensivos, mas necessitam de melhores tecnologias para se atingir altas produtividades. Por isso, são recomendadas quantidades de nitrogênio em torno de 100 a $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para aumentar a produtividade em fluxo de animal controlado.

Para o sistema de pastejo rotacionado, são recomendados de 200 a $300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N, com exploração intensiva (Tabela 7). Esse sistema de pastejo beneficia a planta forrageira por ter uma sequência regular entre o pastejo e o descanso, sobre um número determinado de piquetes. A exploração intensiva de pastagens tropicais depende de níveis elevados de adubações nitrogenadas. Estudos de Lugão (2001), Tosi (1999), Esteves (2000), Aguiar et al. (2001) e Maya (2003) mostraram níveis econômicos de adubação nitrogenada situados em torno de 300 a $400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N.

Tabela 7. Recomendação de adubação nitrogenada para o gênero *Brachiaria*, de acordo com o sistema de pastejo.

<i>Sistemas de pastejo</i>	<i>Capacidade de suporte (UA ha⁻¹)*</i>	<i>Nitrogênio (kg ha⁻¹ ano⁻¹)</i>	<i>Número de aplicações</i>
Contínuo extensivo	0,5 a 0,8	50	1 no início das águas
Contínuo intensivo	0,8 a 1,5	100 a 150	3 aplicações (início, meio e final das águas)
Rotacionado extensivo	2,0 a 3,0	200 a 300	3 a 4 aplicações
Rotacionado intensivo	3,0 a 6,0	300 a 350	5 a 6 aplicações
Irrigado	6,0 a 7,0	350 a 400	6 a 8 aplicações

*Equivale a 450 kg de peso vivo animal.

A planta, após o pastejo, necessita de uma adubação complementar de nitrogênio para manter a taxa de crescimento. Corsi & Nussio (1992) relatam que a falta de nitrogênio nos meristemas logo após a desfolha provoca redução drástica na produção de massa seca, que é determinada pela expansão de folhas, que é dependente de condições climáticas e da disponibilidade de nitrogênio. Tal fato justifica que a aplicação de nitrogênio seja realizada logo após o pastejo ou corte, pois a taxa de expansão de folhas pode ser duplicada pela aplicação de N.

Normalmente, quando se utiliza o sistema de pastejo rotacionado, com adubação elevada de nitrogênio, tem-se verificado produtividades satisfatórias. A adubação nitrogenada no final das águas garante uma estabilidade relativa de produção na época da seca. Martha Junior et al. (2003) relatam que em sistema moderado de insumos, o uso estratégico do N-fertilizante, no momento da vedação do pasto, pode aumentar a produção de forragem na época seca, de maneira compatível com a disponibilidade de recursos financeiros e humanos da maioria das fazendas da região do cerrado. Esses autores apontaram que essa estratégia ainda permite reduzir, substancialmente, a área de pasto vedada na fazenda visando à manutenção de uma taxa de lotação, o que traz uma série de benefícios. Werner et al. (2001) relatam que a adubação realizada nesta época proporcionará um acentuado aumento de produção de forragem para o período da seca e uma rebrota mais precoce no início da primavera. Dessa forma, a forrageira permanecerá verde por mais tempo e terá uma estrutura mais apropriada para estimular o consumo de MS pelos animais (maior proporção de folhas e maior densidade). Por isso, recomenda-se que se faça essa adubação como alternativa para minimizar a defasagem de produção de forragem durante o ano. Sendo assim, é possível promover um acúmulo de forragem na forma de “feno em pé” para pastejo direto durante o período crítico de disponibilidade de alimentos (Paulino, 1999). As

plantas dos gêneros *Brachiaria* têm se mostrado promissoras para esse tipo de manejo devido à perda relativamente lenta de seu valor nutritivo ao longo do tempo, quando comparadas com outras forrageiras tropicais (Valle et al., 2000). As *Brachiaris decumbens* e *brizantha* apresentam ritmo de crescimento menos acelerado durante o período das chuvas, alta proporção de folhas em relação aos caules e alguma produção durante o outono, por isso são as mais recomendadas para este tipo de manejo (Aguilar & Silva, 2002).

Além dos fatores nutricionais, as recomendações das adubações devem estar associadas às condições climáticas, isto porque a maior área plantada com *Brachiaria* no Brasil está na Região Centro-Oeste, sujeita a grandes variações estacionais de temperatura e umidade. O período chuvoso desta região é caracterizado pela ocorrência de temperaturas e índices pluviométricos elevados, com altas taxas de evapotranspiração. A época seca apresenta fotoperíodo mais curto, com baixas temperaturas noturnas e a baixa umidade, devido à menor pluviosidade, pode limitar o crescimento das gramíneas, promovendo assim, acentuado comportamento estacional (Valle et al., 2000).

Costa et al. (2005b) realizaram uma pesquisa na Embrapa Arroz e Feijão, onde foi avaliado o efeito da estacionalidade na produção de massa seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em sistema de pastejo rotacionado, durante o período de maio 2000 a fevereiro de 2001. Esses autores verificaram que nos meses de maio a setembro ocorreu uma baixa disponibilidade de forragem, devido ao problema da estacionalidade. Neste período a produção de forragem foi um terço daquela observada no período chuvoso, devido às condições climáticas, com baixas temperaturas, umidade do ar e precipitação, que não permitiram um melhor desenvolvimento da forrageira, mesmo em níveis adequados de fertilidade do solo.

Nos últimos anos, devido às preocupações em produzir forragem na época da seca, tem crescido o interesse de alguns pecuaristas em fazer irrigação em área de pastagem. Contudo, a irrigação nessas áreas está constituindo apenas uma alternativa para amenizar o problema de estacionalidade de produção de forragem, podendo aumentar o potencial de lotação do sistema no período de inverno. Para isso, é necessário que se faça uma adubação de manutenção, incluindo a nitrogenada, com intuito de aumentar a produção de forragem e conseqüentemente a capacidade de suporte ou taxa de lotação. A recomendação para sistemas irrigados tem variado de 350 a 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N (Tabela 7). Trabalhos realizados por

Euclides et al. (1999) e Corrêa (2000) mostraram que os pastos adubados com níveis mais elevados de nitrogênio suportaram maiores taxas de lotações, as quais resultaram em maiores produtividades, pelo fato de possibilitarem maiores produções de quilos de peso vivo ha^{-1} . Quando se aumentou a adubação de 50 kg ha^{-1} para 100 kg ha^{-1} de N (Euclides et al., 1999) e de 200 kg ha^{-1} para 300 kg ha^{-1} (Corrêa, 2000), houve acréscimo de 1,9 kg ha^{-1} e de 1,2 kg ha^{-1} de peso vivo dos animais, respectivamente, para cada quilo adicional de nitrogênio aplicado. Mostrando que em condições edafoclimáticas normais e mediante a inexistência de outras limitações, seguramente o nitrogênio é o fator de maior impacto na produtividade da pastagem. Contudo, vale lembrar que, a irrigação de pastagem resulta em retorno econômico quando as condições de clima são favoráveis ao crescimento e produção de forragem.

A *Brachiaria* é uma planta de clima tropical com mecanismo fotossintético do tipo C_4 , que exige temperaturas em torno de 30 a 35° C para a realização da fotossíntese. Por outro lado, temperaturas inferiores a 15° C inibe o seu crescimento afetando a fisiologia da planta. Cardoso (2001) relata que temperaturas noturnas abaixo de 15°C não permitem atividade metabólica satisfatória e formação de tecidos da parte aérea de forrageiras tropicais. Além disso, baixas temperaturas e menor número de horas de luz determinam mudanças fisiológicas na forrageira, desencadeando o processo reprodutivo e afetando o crescimento.

Para os Estados do Mato Grosso, Goiás e Tocantins, a irrigação de pastagens durante o período seco seria mais vantajosa pelo fato de nessas regiões serem reduzidas as possibilidades de temperatura abaixo de nível limitante de 15°C. Para esses estados, Aguiar (2001) mencionou ser viável manter durante o inverno, até 70% da lotação possível no verão. Entretanto, a utilização de sistema de irrigação submetido a altas doses de nitrogênio, somente deve ser adotada quando se faz o acompanhamento do efeito do grande número de animais por unidade de área sobre as características químicas, físicas e biológicas do solo além do acompanhamento das condições nutricionais da planta.

Aguiar (1999) relata que a baixa fertilidade do solo é a maior limitação para a intensificação da produção da pastagem nas condições do Brasil, principalmente em solos de cerrado. De acordo com os cálculos realizados com base em análises de solos e nas exigências nutricionais de plantas forrageiras, conclui-se que a produção de forragem sem o uso de fertilizantes nestes solos seria de 2,7 a 3,9 toneladas $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ de MS, suficientes para alimentar 0,82 a 0,97 UA ha^{-1}

durante o período chuvoso ou 0,41 a 0,48 UA ha⁻¹ durante o ano todo, se outros fatores de crescimento não forem limitantes. Por outro lado, Cardoso (2001) tem mostrado que quando se utiliza um sistema sustentável de pastagens adubadas e irrigadas, essa taxa de lotação atinge valores superiores a 7 UA ha⁻¹ ano⁻¹ e produtividade acima de 1500 kg de peso vivo ha⁻¹ ano⁻¹.

Formas de aplicação de nitrogênio para pastagens

Uma vez estabelecida, a pastagem deve receber sua primeira adubação nitrogenada aos 30 e 40 dias após a emergência, considerando que a forrageira esteja cobrindo cerca de 60 a 70% da área, visando maior aproveitamento do fertilizante. O adubo nitrogenado deve ser aplicado na época das águas. A forma de aplicação do nitrogênio para manutenção é a de cobertura a lanço, quando o solo está retendo níveis de umidade que favorecem a solubilidade e distribuição do fertilizante contendo nitrogênio, que é um elemento móvel muito suscetível a grandes perdas no solo.

Werner et al. (2001) relatam que em sistemas de produção com lotação animal elevada, como no caso da exploração de pastagens tropicais sob adubação intensiva, principalmente a nitrogenada, a aplicação desse nutriente deve ser efetuada por ocasião do período das chuvas quando os fatores de crescimento água, luz, temperatura, etc, não são limitantes para o pleno crescimento das plantas. Aliado a isso, deve-se proceder a um manejo que propicie uma exploração do potencial de produção da forragem, cujo objetivo é a obtenção de alta produtividade por área o que normalmente implica no aumento do número de animais utilizando as pastagens.

O sulfato de amônio é o mais recomendável para aplicações em cobertura a lanço. O emprego da uréia é possível, desde que sejam observadas condições que reduzem as perdas, tais como: aplicação quando o solo apresentar-se com adequada umidade e aplicação em dias não muito quentes (Cantarutti et al., 1999).

Como visto anteriormente, as perdas mais comuns de nitrogênio aplicado no solo são por volatilização e lixiviação. Sabe-se que a forma de incorporação do nitrogênio no solo diminui as perdas desse nutriente. Contudo, a incorporação de fertilizantes em pastagens estabelecidas, especialmente naquelas formadas por plantas forrageiras cespitosas, não é recomendada, porque essa prática geralmente prejudica o sistema radicular da planta e, conseqüentemente, traz prejuízos à subsequente rebrota da pastagem (Corsi et al., 2001). Então, a forma para se fazer chegar o N até à planta sem causar danos ao sistema radicular pela incorporação mecânica, a

aplicação do fertilizante deve ser em cobertura, parcelado em número de aplicações convenientes para se obter melhor eficiência de utilização de nitrogênio aplicado e atingir a sustentabilidade da exploração pecuária.

Martha Junior et al. (2004) relatam que o número de vezes em que se parcela a dose anual de fertilizante nitrogenado varia com a dose de N-fertilizante aplicada e com os objetivos idealizados para o sistema de produção (por exemplo, a expectativa de distribuição estacional da produção de forragem para equilibrar a demanda de forragem pelos animais). Em situações de pastejo, quando pequenas quantidades de fertilizante nitrogenado são utilizadas ($< 60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), a aplicação pode ser feita de uma vez só. Assim, seria interessante que doses entre 80 a 120 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N sejam parceladas em duas vezes. Com doses mais elevadas, na faixa de 120 a 180 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N, seria aconselhável dividir essa quantidade em três ou quatro vezes. Nas situações em que as adubações ultrapassam a 200 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N, o mais indicado seria parcelar a quantidade anual de fertilizante nitrogenado de acordo com os ciclos de pastejo durante a estação das chuvas. Normalmente, praticam-se cinco a oito ciclos de pastejo durante o verão. Desse modo, seria possível aplicar cinco a oito parcelas de 40 a 60 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N, depois da saída dos animais dos piquetes, totalizando doses anuais de N de 200 a 480 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N, conforme o número de ciclos de pastejo e a dose de N-fertilizante utilizada por ciclo. Note-se que em razão da pequena quantidade de N utilizada, o risco de perda no N aplicado também é menor, o que de certa forma reduz o risco de produção associada à adubação nitrogenada (Martha Junior et al., 2004).

Considerações finais

Embora o uso de fertilizante nitrogenado em pastagens seja uma maneira efetiva de repor N no sistema e garantir a sustentabilidade da produção, sua adoção pelos pecuaristas ainda é limitada. Dentre outras razões, atribui-se esse fato à cultura do pecuarista de não aplicar fertilizante em pastagem e a expectativa de baixa lucratividade da adubação nitrogenada, principalmente nos sistemas extensivos de produção animal a pasto, ainda predominantes na região do cerrado, onde as braquiárias são intensivamente cultivadas.

Tem-se justificado a maior adoção de adubação nitrogenada em função das exigências das novas cultivares lançadas e aos sistemas tecnificados de

produção. A viabilidade desta adoção deve estar diretamente relacionada com a sustentabilidade proporcionada pela tecnologia padronizada.

A resposta da *Brachiaria* às aplicações de fertilizantes nitrogenados depende, como a de outros fertilizantes, do solo, do clima e da planta. Quando se recomenda fertilizante nitrogenado para o gênero *Brachiaria*, em relação ao grau de adaptabilidade da forrageira, as *Brachiaria decumbens*, *humidicola* e *ruzizensis* são menos exigentes. A *Brachiaria brizantha* cvs. Marandu e MG-4 são consideradas intermediárias e a cultivar MG-5 é a mais exigente em N. Essas diferenciações devem-se, não somente ao processo de melhoramento em que as espécies de *Brachiaria* foram submetidas mas, também, devido às altas produtividades por elas atingidas. Contudo, além da espécie forrageira, a recomendação da melhor dose de N a ser aplicada ao solo depende dos sistemas de pastejo utilizados. Em razão disso, e aliado ao caráter extrativista, não estão sendo adotados sistemas eficientes de produção de bovinos a pasto, o que gera por muitas vezes desânimo ao produtor em investir em adubação para pastagens. Essa técnica apresenta um alto investimento e nem sempre é ressarcido exclusivamente via produção de carne, ou leite, devido à ineficiência de utilização, associado ao manejo incorreto da pastagem.

Pela revisão apresentada, observa-se a carência de estudos em relação aos critérios que devem ser levados em consideração na recomendação da adubação nitrogenada para pastagens, visto que o manejo da pastagem é o componente chave dos sistemas de produção animal a pasto. Percebe-se, ainda, que o tema “Nitrogênio em Pastagens” é assunto complexo, de caráter multidisciplinar, em razão das diversas formas de entradas e saídas de N do sistema e das diferentes transformações do elemento no ecossistema pastagem, e seu investimento depende totalmente da sua eficiência de utilização, justificando-se a necessidade de intensificar a pesquisa com doses, fontes e parcelamentos de nitrogênio nos diversos sistemas de exploração agropecuária.

Referências Bibliográficas

AARTS, H. F. M.; HABEKOTTÉ, B.; VAN KEULEN, H. Nitrogen (N) management in the “De Marke” dairy farm system. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 56, n. 3, p. 231-240, Mar. 2000.

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

AGUIAR, A. P. A. Benefícios e utilização da irrigação de pastagens para gado de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E GERENCIAMENTO DA PECUÁRIA DE CORTE, 2., 2001, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: FEPMVZ, 2001. p. 95-116.

AGUIAR, A. P. A. Possibilidades de intensificação do uso da pastagem através de rotação sem ou com uso mínimo de fertilizantes. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 85-138.

AGUIAR, A. P. A.; SILVA, A. M. Calagem e adubação da pastagem. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 5., 2005, Lavras. **Temas em evidência**. Lavras: UFLA, 2005, p. 177-246.

AGUIAR, A. P. A.; SILVA, A. M. Técnicas de medição da produção da pastagem e planejamento alimentar em sistemas de produção a pasto. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 3., 2002, Lavras. **Temas em evidência**. Lavras: UFLA, 2002, p. 109-165.

AGUIAR, A. P. A.; ALMEIDA, B. H. P. J. F.; AMARAL, G. C.; DATENA, J. L. F.; YOUNES, R. J.; COSTA, R. O.; MORA, J.; VIVIAN, W. S. O. Viabilidade econômica da produção de carne em sistemas intensivos de pastagens na região do Cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 1462-1464.

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Evolução das atividades lavoureira e pecuária nos cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 25-58.

ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO JUNIOR, D. do; REGAZZI, A. J.; MOSQUIM, P. R.; ROCHA, F. C.; SOUZA, D. de P. Características morfogênicas e estruturais da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio e frequências de cortes. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 7-14, jan./mar. 2005.

ARCHER, S.; SMEINS, F. E. Ecosystem-level processes. In: HEITSCHMIDT, R. K.; STUTH, J. W. (Ed.). **Grazing management: an ecological perspective**. Portland: Timber, 1991. p. 109-139.

BARCELLOS, A. de O. Sistemas extensivos e semi-intensivos de produção: pecuária bovina de corte nos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados: análise...** Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1996. p. 130-136.

BARIONI, L. G.; MARTHA JUNIOR, G. B.; RAMOS, A. K. B. Planejamento e gestão do uso de recursos forrageiros na produção de bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 20., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 303-326.

BATJES, N. H. Estimation of soil carbon gains upon improved management within croplands and grassland of Africa. **Environment, Development and Sustainability**, The Netherlands, v. 6, n. 1/2, p. 133-143, Mar. 2004.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. de O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 9-26.

BODDEY, R. M.; MACEDO, R.; TARRÉ, R. M.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O. C. de; REZENDE, C. de P.; CANTARUTTI, R. B.; PEREIRA, J. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 103, n. 2, p. 389-403, Jul. 2004.

BODDEY, R. M.; RAO, I. M.; THOMAS, R. J. Nutrient cycling and environmental impact of *Brachiaria* pasture. In: MILES, J. W.; MAASS, B. L.; VALLE, C. B. do [Ed.]. **Brachiaria: biology, agronomy and improvement**. Cali: CIAT; Brasília, DF: EMBRAPA-CNPGC, 1996. p. 72-86.

BONFIM-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**, Viçosa, MG, v. 35, n. 4, p. 1289-1297, jul./ago. 2006.

BURTON, G. W.; MONSON, W. G. Registration of 'Tifton 78' Bermudagrass. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 1, p. 187-188, Jan./Feb. 1988.

CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, M. M. de; FONSECA, D. M. da; ARRUDA, M. L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F. T. T. de. Pastagens. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.).

Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 331-341.

CARDOSO, G. C. Alguns fatores práticos da irrigação de pastagens. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2., 2001, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2001. p. 243-260.

CARVALHO, M. M.; SARAIVA, O. F. Resposta do capim-gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.) a aplicações de nitrogênio, em regime de cortes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 16, n. 5, p. 442-454, set./out. 1987.

CARVALHO, M. M.; MARTINS, C. E.; VERNEQUE, R. da S.; SIQUEIRA, C. Resposta de uma espécie de braquiária à fertilização com nitrogênio e potássio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, n. 2, p. 195-200, maio/ago. 1991.

CASSOL, L. C.; DIEHL, R. C.; ASSMANN, J. M.; BRAIDA, J. A. Perdas de $N-NH_3$ por volatilização após aplicação de diferentes níveis e fontes de nitrogênio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 38., 2005, Recife. **Anais...** Recife: CBCS, 2005. 1 CD-ROM.

CESAR, A. S. M.; PERNA JÚNIOR, F.; TONETTI, P. A.; SILVA, L. H. O.; SGAMBATTI, M. B. D. R.; KOKUBO, M. S.; HERLING, V. R. Algumas características agrônomicas 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. 1 CD-ROM.

COLOZZA, M. T.; KIEHL, J. C.; WERNER, J. A.; SCHAMMASS, E. A. Respostas de *Panicum maximum* cultivar Aruana a doses de nitrogênio. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 57, p. 21-32, 2000.

CORRÊA, L. de A. Pastejo rotacionado para produção de bovinos de corte. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 1., 2000, Lavras. **Temas em evidência**. Lavras: UFLA, 2000. p. 149-177.

CORRÊA, L. de A.; PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; FREITAS, A. R.; SILVA, A. G. S. Valor nutritivo da forragem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. 1 CD-ROM.

CORSI, M. Adubação nitrogenada das pastagens. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. de (Ed.). **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 121-155.

CORSI, M.; MARTHA JUNIOR, G. B. Manutenção da fertilidade do solo em sistemas intensivos de pastejo rotacionado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 161-192.

CORSI, M.; NUSSIO, L. G. Manejo do capim-elefante: correção e adubação do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 10., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1992. p. 87-115.

CORSI, M.; MENEZES, M. J. T.; GOULART, R. C. D. Manejo do pastejo para altas taxas de lotação. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE E LEITE. 6., 2004, Goiânia. **Anais...** Goiânia: CNBA, 2004. p. 299-321.

CORSI, M.; MARTHA JUNIOR, G. B.; PAGOTTO, D. S. Sistema radicular: dinâmica e resposta a regimes de desfolha. In: A PRODUÇÃO animal na visão dos brasileiros. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 838-852.

COSTA, K. A. de P.; FRANÇA, A. F. de S.; OLIVEIRA, I. P. de; MONTEIRO, F. A.; BARRIGOSI, J. A. F. Produção de massa seca, eficiência e recuperação do nitrogênio e enxofre pelo capim Tanzânia adubado com nitrogênio, potássio e enxofre. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 598-603, maio/jun. 2005a.

COSTA, K. A. de P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I. P. de; CUSTÓDIO, D. P.; SILVA, D. C. e. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 6, n. 3, p. 187-193, jul./set. 2005b.

COSTA, M. C. G. **Eficiência agrônômica de fontes nitrogenadas na cultura da cana-de-açúcar em sistema de colheita sem despalha a fogo**. 2001. 79 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

COUTINHO, L.M. **Aspectos do cerrado – solo**. Disponível em: < http://eco.ib.usp.br/cerrado/aspectos_solo.htm > . Acesso em: 25 abr. 2006.

CUTTLE, S. P.; SCHOLEFIELD, D. Management options to limit leaching from grassland. **Journal of Contaminat Hydrology**, Amsterdam, v. 20, n. 3/4, p. 299-312, Dec. 1995.

DECAU, M. L.; DELABY, L.; ROCHE, B. AzoPât: une description quantifiée des flux annuels d'azote en prairie pâturée par les vaches laitières. II- Lês lflux du sytème sol-plante. **Fourrages**, Versailles, n. 151, p. 313-330, 1997.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens**: processos, causas e estratégias de recuperação. 2. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 161 p.

DUBEUX JUNIOR, J. C.; SANTOS, H. Q.; SOLLENBERGER, L. E. Ciclagem de nutrientes: perspectivas de aumento da sustentabilidade da pastagem manejada intensivamente. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 357-400.

ESTEVES, S. N. Custo de produção de carne utilizando pastagens adubadas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE GADO DE CORTE, 2000, Goiânia. **Anais...** Goiânia:CBNA, 2000. p. 25-40.

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; OLIVEIRA, M. P. Avaliação de cultivares de *Panicum maximum* em pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. 1 CD-ROM.

FRENEY, J. R.; SIMPSON, J. R.; DENMEAD, O. T. Volatilization of ammonia. In: FRENEY, J. R.; SIMPSON, J. R. (Ed.). **Gaseous loss of nitrogen from plant-soil systems**. The Hague: Martinus Nijhoff, 1983. p. 1-32.

GIRARDIN, P.; TOLLENAAR, M.; MULDOON, J. F. Effect of temporary n-starvation on leaf photosynthetic rate and chlorophyll content of maize. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 65, n. 3, p. 491-500, 1985.

GRANLI, T.; BOCKMAN, O. C. Nitrous oxide (N₂O) emissions from soils in warm climates. **Fertilizer Research**, The Hague, v. 42, n. 1/3, p. 159-163, 1995.

GRANO, F. G.; HEINRICHS, R.; GUIMARÃES, F. B.; SILVA, V. R.; MACHADO, C. P.; RODRIGUES, B. S.; BARBOSA, M. F. C. Doses de nitrogênio e enxofre na produção de *Brachiaria decumbens*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. 1 CD-ROM.

GREENLAND, D. J. Soil science and sustainable land management. In: SYBERS, J. K.; RIMMER, D. L. (Ed.). **Soil science and sustainable land management in the tropics**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 1-15.

GUILHERME, L. R. G.; VALE, F. R.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes**. Lavras: ESAL: FAEPE, 1995. 171 p.

HARGROVE, W. L. Soil environmental and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions. In: BOCK, B. R.; KISSEL, D. E. (Ed.). **Ammonia volatilization from urea fertilizers**. Muscle Shoals: Tennessee Valley Authority, 1988. p. 17-36. (Bulletin, Y-206).

HARPER, L. A.; SHARPE, R. R. Nitrogen dynamics in irrigated corn: soil-plant nitrogen and atmospheric ammonia transport. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, n. 4, p. 669-675, Jul./Aug. 1995.

HASSINK, J.; WHITMORE, A. P.; KUBÁT, J. Size and density fractionation of soil organic matter and the physical capacity of soils to protect organic matter. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 7, n. 1/3, p. 189-199, Sept. 1997.

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. 515 p.

JARVIS, S. C. Nitrogen management and sustainability. In: CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R. (Ed.). **Grass for dairy cattle**. Wallingford: CAB International, 1998. p. 161-192.

JARVIS, S. C.; STOCKDALE, E. A.; SHEPHERD, M. A.; POWLSON, D. S. Nitrogen mineralization in temperate agricultural soils: processes and measurement. **Advances in Agronomy**, New York, v. 57, p. 187-235, 1996.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 185-223.

LÉON, M.; LAINE, P.; OURRY, A.; BOUCAUD, J. Increased uptake of native soil nitrogen by roots of *Lolium multiflorum* Lam. after nitrogen fertilization is explained by a stimulation of the uptake process itself. **Plant and Soil**, The Hague, v. 173, n. 2, p. 197-203, Jun. 1995.

LUGÃO, S. M. B. **Produção de forragem e desempenho animal em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. (acesso BRA-006998) adubadas com nitrogênio na região noroeste do Estado do Paraná**. 2001. 151 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.

LUPATINI, G. C.; RESTLE, J.; CERETTA, M. Avaliação da mistura de aveia preta e azevém sob pastejo submetida a níveis de nitrogênio. I - Produção e qualidade de forragem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 11, p. 1939-1943, nov. 1998.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura-pecuária: alternativa para sustentabilidade da produção animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 18., 2001, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 257-283.

MACEDO, M. C. M. Sistema de produção animal em pasto nas savanas tropicais da América: limitações a sustentabilidade. In: REUNIÃO LATINO AMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 16.; CONGRESSO URUGUAYO DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 3., 2000, Montevideo. **Anais...** Montevideo: Apla, 2000. 1 CD-ROM.

MACEDO, M. C. M.; MACHADO, J. L.; VALLE, C. B. Resposta de cultivares e acessos promissores de *Brachiaria brizantha* ao fósforo em dois níveis de saturação por bases. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande, MS: SBZ, 2004. 1 CD-ROM.

MAGALHÃES, A. F.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; SILVA, F. F.; SOUSA, R. S.; BONOMO, P.; VELOSO, C. M.; TRINDADE JÚNIOR, G. Composição bromatológica do capim *Brachiaria decumbens* adubado com doses crescentes de nitrogênio e de fósforo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. 1 CD-ROM.

MALAVOLTA, E.; VITI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potássio e do fosfato, 1997. 319 p.

MARTHA JUNIOR, G. B. **Produção de forragem e transformação do nitrogênio do fertilizante em pastagem irrigada de capim Tanzânia**. 2003. 149 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MARTHA JUNIOR, G. B. **Balanco de ¹⁵N e perdas de amônia por volatilização em pastagem de capim-elefante**. 1999. 75 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

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

MARTHA JUNIOR, G. B.; BARIONI, L. G.; CEZAR, I. M.; VILELA, L. **Sistema de produção animal em pastejo**: um enfoque de negócio. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 33 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 63).

MARTHA JUNIOR, G. B.; BARIONI, L. G.; VILELA, L. **Uso de pastagem diferida no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 6 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 102).

MARTHA JUNIOR, 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., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 155-215.

MATOS, A. T. Utilização de resíduos da suinocultura e do confinamento de bovinos na adubação de forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 25-70.

MATSUDA SEMENTES. **Gramíneas**. Disponível em: < <http://www.matsuda.com.br/site/semementes/Gramineas/Gramineas.asp> > . Acesso em: 20 fev. 2006.

MAYA, F. L. A. **Produtividade e viabilidade econômica da recria e engorda de bovinos em pastagens adubadas intensivamente com e sem o uso de irrigação**. 2003. 83 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MELLO, N. A.; SALTON, J. C. S.; ZANATTA, J. A. Estoque de carbono orgânico em um argissolo sob pastagem natural com diferentes ofertas de forragem. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 15., 2004, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2004. 1 CD-ROM.

MINOLTA CAMERA. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Osaka, 1989. 22 p.

MIRANDA, A. de A.; RODRIGUES, D. de C.; BARIONI, L. G.; RAMOS, A. K. B; PEDREIRA, C. G. S.; LEITE, G. G.; MARTHA JÚNIOR, G. B. M. Estacionalidade da produção de forragem de quatro cultivares de *Brachiaria brizantha* (hochst. ex a. rich) sob irrigação no Planalto Central. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **A produção animal e o foco no agronegócio: anais eletrônico**. Goiânia: SBZ, 2005. 1 CD-ROM.

MONTEIRO, F. A. Concentração e distribuição de nutrientes em gramíneas e leguminosas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 71-107.

MORAES, A.; FAVARETTO, N.; LANG, C. R.; CARVALHO, P. C. F. Conservação do solo e da água em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2., 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 110-158.

OLIVEIRA, P. A. V. de (Coord.). **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPASA, 1993. 188 p. (EMBRAPA-CNPASA. Documentos, 27).

OLIVEIRA, P. P. A. **Manejo da calagem e da fertilização nitrogenada na recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria* sp. em solos arenosos**. 2001. 110 p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 613-620, jul./ago. 2003.

OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S.; CORSI, M. Fertilização com N e S na recuperação de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 1121-1129, jul./ago. 2005.

PAULINO, M. F. Estratégias de suplementação para bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., 1999, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 137-156.

PEDREIRA, C. G. S.; MELLO, A. C. L.; OTANI, L. O processo de produção de forragem em pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 772-807.

PING, J.; BREMER, E.; JANZEN, H. H. Foliar uptake of volatilized ammonia from surface-applied urea by spring wheat. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 31, n. 1/2, p. 165-172, 2000.

PRASERTSAK, P.; FRENEY, J. R.; DENMEAD, O. T.; SAFFIGNA, P. G.; PROVE, B. G. Significance of gaseous nitrogen loss from a tropical dairy pasture fertilized with urea. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 41, n. 5, p. 625-632, 2001.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. de A.; CANTARELLA, H.; PRIMAVESI, A. C.; SILVA, A. G. da. 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, maio./jun. 2006.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. de A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G. da. Recuperação aparente do nitrogênio de adubos nitrogenados aplicados em capim-Marandu. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005.1 CD-ROM.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. de A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G. da; FREITAS, A. R. de; VIVALDI, L. J. Adubação nitrogenada em capim-*Coastcross*: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 68-78, jan./fev. 2004.

PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. de A.; PRIMAVESI, A. C.; SILVA, A. G. da; CANTARELLA, H. Eficiência nutricional de duas fontes de nitrogênio na produção de matéria seca de capim-Marandu. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...**Recife: SBZ, 2002. 1 CD- ROM.

PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. de 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. 42 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 30).

PRINS, W. H. Changes in quantity of mineral nitrogen in three grassland soils as affected by intensity of nitrogen fertilization. **Fertilizer Research**, The Hague, v. 1, p. 51-63, 1980.

PULLEMAN, M. M.; BOUMA, J.; VAN ESSEN, E. A; MEIJLES, E. W. Soil organic matter as a function of different land use history. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 64, n. 2, p. 689-693, Mar./Apr. 2000.

REIS, V. M.; REIS F. B. dos; QUESADA, D. M.; OLIVEIRA, O. C. A.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Biological nitrogen fixation associated with pasture grasses. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v. 28, n. 9, p. 837-844, 2001.

RODRIGUES, M. B.; KIEHL, J. C. Distribuição e nitrificação da amônia proveniente da uréia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, n.3, p. 403-408, set./dez. 1992.

RUSSELLE, M. P. Nitrogen cycling in pasture systems. In: JOOST, R. E.; ROBERTS, C. A. (Ed.). **Nutrient cycling in forage systems**. Columbia: PPI: FAR, 1996. p. 125-166.

SALES, M. F. L.; VALENTIM, J. F.; ANDRADE, C. M. S.; HUBACK, J. F. Composição química de cultivares de *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria humidicola* em Rio Branco, Acre. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. 1 CD-ROM.

SANTOS, A. R. **Diagnose nutricional e respostas do capim braquiária submetido a doses de nitrogênio e enxofre**. Piracicaba, 1997. 115 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SANTOS JÚNIOR, J. D. G. **Dinâmica de crescimento e nutrição do capim-Marandu submetido a doses de nitrogênio**. 2001. 79 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1997. p. 467-516.

SILVA, M. da C.; SANTOS, M. V. F. dos; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; LIRA, M. de A.; MELO, W. S. de; OLIVEIRA, T. N. de; ARAÚJO, G. G. L. de. Avaliação de método para recuperação de pastagens de braquiária no agreste de Pernambuco. 2. valor nutritivo de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 6, p. 2007-2016, nov./dez. 2004. Suplemento 2.

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, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 347-385.

SIMMELSGAARD, S. E. The effect of crop, N-level, soil type and drainage on nitrate leaching from Danish soil. **Soil Use and Management**, Oxford, v. 14, n. 1, p. 30-36, Mar. 1998.

SINGH, R. S.; RAGHUBANSHI, A. S.; SINGH, J. S. Nitrogen mineralization in dry tropical savanna: effects of burning and grazing. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 23, n. 3, p. 269-273, 1991.

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.

SOARES, A.; RESTLE, J. Adubação nitrogenada em pastagem de Triticale mais Azevém sob pastejo com lotação contínua: recuperação de nitrogênio e eficiência na produção de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 43-51, fev. 2002.

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

SOUZA FILHO, A. P. da S.; DUTRA, S. Resposta do *Brachiaria humidicola* à adubação em campo Cerrado do Estado do Amapá, Brasil. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 13, n. 2, p. 42-45, ago. 1991.

SOUZA, F. H. D. As sementes de espécies forrageiras do gênero *Brachiaria* no Brasil Central. In: PAULINO, V. T.; ALCÂNTARA, V. B. G. **A *Brachiaria* no novo século**. 2 ed. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 2002. p. 7-29.

STEVENSON, F. J.; COLE, M. A. **Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients.** 2.ed. New York: J. Willey, 1999. 427 p.

STOUT, W. L. Evaluating the "added nitrogen interaction" effect in forage grasses. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 26, n. 17/18, p. 2829-2841, 1995.

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

TOSI, P. **Estabelecimento de parâmetros agrônômicos para o manejo e eficiência de utilização de *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1 sob pastejo rotacionado.** 1999. 103 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

TRIVELIN, P. C. O.; LARA CABEZAS, W. A. R.; BOARETTO, A. E. Dinâmica do nitrogênio de fertilizantes fluidos no sistema solo-planta. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. (Ed.). **Fertilizantes fluídos.** Piracicaba: Potafos, 1994. p. 314-330.

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. B. P.; MACEDO, M. C. M. Característica das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 17., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000. p. 65-108.

VILELA, H. **Série gramíneas tropicais - gênero *Brachiaria* (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu - capim.** Disponível em: < http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos_gramineas_tropicais_brachiaria.htm > . Acesso em: 5 out. 2006.

VILELA, L.; MACEDO, M. C. M.; MARTHA JUNIOR, G. B.; KLUTHCOUSKI, J. Degradação de pastagens e indicadores de sustentabilidade. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 105-128.

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G.; MACEDO, M. C. M. **Calagem e adubação para pastagens na região do cerrado.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. 15 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 37).

WERNER, J. C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49 p. (Boletim Técnico, 18).

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.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H. Forrageiras. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p. 263-273. (IAC. Boletim técnico, 100).

WHITEHEAD, D. C. **Nutrient elements in grasslands**: soil-plant-animal relationships. Wallingford: CAB International, 2000. 369 p.

WHITEHEAD, D. C. Volatilization of ammonia. In: WHITEHEAD, D. C. (Ed.). **Grassland nitrogen**. Wallingford: CAB International, 1995. p. 152-179.

WHITEHEAD, D. C.; RAISTRICK, N. Ammonia volatilization from five nitrogen compounds used as fertilizers following surface application to soils. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 41, n. 3, p. 387-394, 1990.