

ADUBAÇÃO NITROGENADA EM CAPIM-MOMBAÇA: PRODUÇÃO, EFICIÊNCIA DE CONVERSÃO E RECUPERAÇÃO APARENTE DO NITROGÊNIO¹

SUSANA QUEIROZ SANTOS MELLO,¹ ALDI FERNANDES DE SOUZA FRANÇA,²
ANNA CRISTINA LANNA,³ ANTONIO FERNANDO BERGAMASCHINE,⁴
HUBERTO JOSÉ KLIMANN,⁵ LEONARDO CANDIDO RIOS⁶ E
TATIANA VIEIRA SOARES⁷

-
1. Doutoranda em Ciência Animal pela Universidade Federal de Goiás – UFG. E-mail: sqsmello@gmail.com
 2. Professor doutor do Departamento de Produção Animal da EV/UFG
 3. Pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão – CNPF
 4. Professor doutor do Departamento de Biologia e Zootecnia da FE/UNESP
 5. Professor doutor do Departamento de Solos da EA/UFG
 6. Acadêmico da Universidade Federal de Goiás
 7. Professora MSc. da Universidade Latino-Americana, Anápolis, GO

RESUMO

No presente trabalho objetivou-se avaliar a produção de massa seca mensal (PMSM), total (PMST), do período das águas (PMSA) e da seca (PMSS) e acumulada (PMSac), além da eficiência de conversão de nitrogênio (ECAN) e recuperação aparente do nitrogênio (RAN) em pastagem de capim-mombaça, submetida a doses de nitrogênio. Os tratamentos foram constituídos pelas doses 0, 100, 300 e 500 kg/ha de nitrogênio na forma de sulfato de amônio. A PMSM apresentou oscilações em todas as doses de nitrogênio no decorrer dos meses de experimentação. As maiores PMST, PMSA e PMSS em função das doses de nitrogênio ajustaram-se ao modelo de regressão linear (primeiro ano)

e PMSS (no segundo ano), e para o segundo ano a PMST e a PMSA ajustaram-se ao polinômio de segundo grau, não apresentando resposta significativa em doses acima de 455,80 e 438,00 kg/ha. Doses crescentes de nitrogênio causaram significativa produção de massa seca, tanto no período das águas como da seca, porém diminuíram a ECAN e a RAN, ocasionando perdas de nitrogênio do ecossistema da pastagem para o ambiente. Nos dois anos de experimentação a dose média de nitrogênio de 307 kg/ha foi a que revelou a maior eficiência de conversão da adubação pelo capim-mombaça.

PALAVRAS-CHAVES: Fertilização de nitrogenada, manejo, *Panicum maximum*, sulfato de amônio.

ABSTRACT

NITROGEN FERTILIZATION ON MOMBAÇAGRASS: YIELD, CONVERSION EFFICIENCY AND APPARENT RECOVERY OF NITROGEN

The objective of this research was to evaluate the monthly (MDMP) and total (TDMP) dry mass production, as well as the mass production during rainy (DMPR) and dry (DMPD) seasons and accumulated dry mass production (ADMY), also, nitrogen conversion efficiency (NCE) and nitrogen apparent recovery (NAR) in Mombaça-

grass (*Panicum maximum* Jacq.) pasture, submitted to nitrogen doses. The treatments were constituted by doses of 0, 100, 300 and 500 kg/ha of nitrogen as ammonium sulfate. The MDMP oscillated in all applied nitrogen doses along the months of experiments. The largest TDMP, MDMP and DMPD, as affected by applied nitrogen doses,

fitted to the lineal regression model (first year) and DMPD (in the second year), and for the second year TDMP and DMPR fitted to the polynomial of second degree, with no significant response on doses above 455,80 and 438,00 kg/ha. Increasing doses of nitrogen caused the production of dry mass during both rainy and dry seasons. However, the

efficiency on nitrogen conversion and the apparent nitrogen recuperation were decreased causing losses of nitrogen from the ecosystem, from the pasture to the environment. Within two years of testing the average dose of nitrogen of 307 kg/ha was the one that revealed the most conversion efficiency of Mombasa=grass fertilization.

KEY WORDS: Ammonium sulfate, management, nitrogen fertilization, *Panicum maximum*.

INTRODUÇÃO

Pastagens para a produção animal no Brasil, quando comparadas a outros países, apresentam baixo uso da tecnologia, principalmente na região do Cerrado, onde se concentram aproximadamente 40% da pecuária nacional. O cenário é caracterizado por ação deletéria de utilização, apresentando grande área em processo de degradação, que pode alcançar até 80% da área total.

A produção de pastagem sustentável tem crescido bastante nos anos recentes em todo o mundo. Manejo incorreto que conduz à degradação do ecossistema, com práticas ineficientes, é inadmissível. O conhecimento das características do sistema solo/planta com o uso de fertilizantes, principalmente os nitrogenados para a produção de forragem e dentre elas cultivares de *Panicum maximum*, tem sido foco de inúmeras pesquisas (COLOZZA et al., 2000; LAVRES JUNIOR & MONTEIRO, 2002; ISEPON, 2003).

A importância do nitrogênio na produtividade da planta forrageira é conhecida, principalmente por ser responsável pelo aumento imediato e visível da produção (MONTEIRO, 1995). Trata-se de elemento que é exigido pelas plantas em maior quantidade, geralmente representa de 20 a 40 g/kg da massa seca dos tecidos vegetais e é componente integral de muitos tecidos (TAIZ & ZEIGER, 2004).

WERNER (1986) enfatizou a importância do nitrogênio no porte da planta forrageira influenciando o tamanho de folhas e do colmo, o aparecimento e desenvolvimento dos perfilhos. Esse autor salientou que, quando há baixa disponibilidade de nitrogênio no solo, o crescimento é lento e as plantas apresentam-se de porte baixo, com poucos perfilhos, e os teores de proteína tornam-se insuficientes para atender às exigências

do animal. A fonte natural de nitrogênio no solo é a matéria orgânica que não é absorvida diretamente pela planta, mas precisa sofrer mineralização pela ação dos microorganismos, de modo a liberar o nitrogênio para as plantas.

Muito tem sido feito em relação à adubação nitrogenada no processo de produção de forrageiras, principalmente na intensificação de espécies como é o caso do *Panicum maximum*. De acordo com COLOZZA (1998), uma grande quantidade de estudos demonstrou aumentos significativos na produção do *Panicum maximum* com o suprimento de nitrogênio. Apesar de a maioria desses experimentos apresentar respostas lineares, magnitudes deles são variadas. Assim, há a necessidade de desenvolver estudos sobre as doses de nitrogênio aplicadas sobre a frequência do seu suprimento para melhor entendimento do comportamento produtivo das plantas forrageiras.

Segundo CORSI & NUSSIO (1992), há possibilidade de resposta à adubação nitrogenada até a faixa de 400 a 800 kg/ha, com eficiência de conversão variando entre 40 a 70 kg MS/kg de nitrogênio aplicado. Contudo, MARTHA JUNIOR et al. (2006) relataram que a eficiência de conversão do nitrogênio fertilizante em massa de forrageiras, em pastagens de gramíneas tropicais, pode atingir valores de até 83 kg MS/kg de nitrogênio aplicado, mas, na média, a eficiência é de 26 kg MS/kg de nitrogênio, sendo que maiores eficiências ocorrem com a aplicação de nitrogênio de 150 kg/ha.

Inúmeros fatores devem ser observados com a utilização da adubação nitrogenada, dentre eles a época de aplicação, uma vez que é determinante para melhorar a distribuição anual da produção forrageira. CORSI (1990) argumentou que a distribuição uniforme da produção forrageira durante o ano pode ser considerada como um dos atribui-

tos mais atraentes e desejáveis pelos produtores. A estacionalidade da produção forrageira é um dos grandes obstáculos da pecuária de corte e de leite, pois determina acentuada flutuação na alimentação dos bovinos e ocasiona ciclos de safra e entressafra.

AMBROSANO et al. (1996) atentaram para o fato dos elevados custos dos adubos nitrogenados em função da realidade econômica do País. Estudos de avaliação do aproveitamento de adubos nitrogenados, aplicados em várias épocas, são importantes, pois resultam em maior conhecimento sobre a utilização do insumo pelas culturas, viabilizando seu uso econômico.

O nitrogênio aplicado ao solo pode seguir vários caminhos, como ser absorvido pela planta, perdido do sistema solo-planta ou permanecer no solo. Em geral, 50% do nitrogênio fertilizante aplicado no solo é absorvido pelas plantas, 25% é perdido por variados processos e 25% permanece no solo (AZAM et al., 1985).

Resultados de pesquisa referentes à disponibilidade, às perdas e à recuperação do nitrogênio aplicado ao solo como fertilizante são influenciados pelas dificuldades metodológicas em fazer a distinção daquelas formas existentes no solo (AMBROSANO et al., 1996). No entanto, experimentações, ainda que com quantificações aparentes de recuperação e perdas de nitrogênio aplicado ao solo, são importantes para o conhecimento de fatores como movimentação e transformações na planta forrageira e no solo, dando suporte a estratégias de maximização e eficiência de uso dos fertilizantes nitrogenados.

Os estudos de recuperação do nitrogênio do fertilizante pelo método aparente têm sua vantagem, em razão dos menores custos e da maior praticidade no processo de avaliação e de análise laboratorial. O método é adequado quando o objetivo da experimentação é determinar a recuperação do nitrogênio do fertilizante na parte área da forragem e há possibilidade de se trabalhar com um tratamento-controle (parcelas sem adubação). Cabe esclarecer que a avaliação da recuperação aparente do nitrogênio do fertilizante apresenta a incapacidade de distinguir, no nitrogênio da planta, o nitrogênio derivado do fertilizante daqueles pro-

venientes do solo ou da atmosfera e dessa forma pode superestimar os valores reais (FAVORETTO et al., 1988; RAO et al., 1992; KUZYAKOV et al., 2000). Apesar disso, é um método de uso frequente, pelas vantagens que apresenta.

A recuperação aparente do nitrogênio do fertilizante aplicado em pastagens está dentro do limite de 50% a 80% segundo WHITEHEAD (1995). O aumento da dose de nitrogênio, conforme relataram PRIMAVESI et al. (2004), diminui a porcentagem de nitrogênio recuperado.

Objetivou-se no presente trabalho avaliar a produção de massa seca, a eficiência de conversão e a recuperação aparente do nitrogênio em pastagem de capim-mombaça submetido a doses de nitrogênio, durante dois anos de experimentação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nas dependências do Departamento de Produção Animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás, localizado na latitude 16°35'00"S e longitude 49°17'00"W do município de Goiânia, GO, em solo classificado como latossolo vermelho distrófico. Para fins de caracterização da fertilidade do solo, coletaram-se amostras até a profundidade de 0,20 m, tendo a análise química revelado o seguinte resultado: pH (CaCl₂) - 5,6; CTC - 9,4 cmol_c/dm³; MO - 39 g/kg; Ca - 4,0; Mg - 2,0 e Al - 0,0 cmol_c/dm³; P (Mehlich - 1) - 17,5 e K - 114,0 mg/dm³ e V - 67,0%.

Realizou-se o preparo da área experimental de forma convencional com uma aração e duas gradagens e em seguida procedeu-se à semeadura a lanço do capim-mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) (11 de setembro de 2003), empregando-se uma taxa de 1,6 kg/ha de SPV (sementes puras viáveis). Após o estabelecimento da pastagem, fez-se o corte de uniformização (14 de novembro de 2003), com a retirada dos resíduos e com a alocação de 32 parcelas com 16 metros quadrados (4 m x 4 m), espaçadas de um metro e ocupando área total de 512 m² e, em seguida, realizou-se a aplicação do nitrogênio. Os tratamentos foram constituídos por quatro doses de nitrogênio na forma de sulfato de amônio, ou

seja: 0, 100, 300 e 500 kg/ha ano de nitrogênio, utilizando o delineamento em blocos completos ao acaso em parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições. A adubação nitrogenada foi parcelada em função da época do ano e do número de cortes preestabelecidos para cada estação. Dessa forma, 80% das doses foram aplicados no período das águas, sendo feitos sete cortes no primeiro ano e seis no segundo ano de avaliação, enquanto no período seco distribuíram-se os 20% restantes das doses preconizadas nos dois cortes do primeiro ano e nos três cortes do segundo ano, caracterizando um período experimental de dois anos, ou seja, de 12 de dezembro a 10 de dezembro de 2004 (definido como primeiro ano) e de 15 de janeiro de 2005 a 10 de dezembro de 2005 (como segundo ano) (Tabela 1).

Os cortes de avaliação foram realizados a 0,40 m de altura, a cada trinta dias no período chuvoso e de sessenta a noventa dias no período seco de acordo com a disponibilidade de massa seca no campo experimental. Após cada corte, procedeu-se ao nivelamento das parcelas com a utilização de ceifadeira costal, observando-se a altura residual, retirando-se em seguida o material

cortado, para ser feita a aplicação da adubação nitrogenada, conforme parcelamento preestabelecido. A adubação potássica de manutenção foi realizada com a aplicação de 15 kg/ha de K_2O por tonelada de massa seca retirada da área, seguindo a recomendação de MONTEIRO (1995).

Acondicionou-se o material coletado em saco plástico devidamente identificado de acordo com os tratamentos e imediatamente transportado para o laboratório, sendo pesado e, posteriormente, retirada uma subamostra de aproximadamente 500 g, que foi colocada em estufa de ventilação forçada, em temperatura de 55/60°C, por 72 horas, visando à determinação da matéria seca parcial. Posteriormente, moeram-se as amostras em moinho tipo Willey, com 1 mm de abertura da malha da peneira para as análises de matéria seca total e concentração de nitrogênio, segundo a metodologia descrita por SILVA & QUEIROZ (2002). Desenvolveram-se essas determinações no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Biologia e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista no Campus de Ilha Solteira, SP (FE/UNESP).

TABELA 1. Datas dos cortes realizados durante o período experimental

1º Ano		2º Ano
Número de cortes		Período das águas
1	12 de dezembro de 2003	15 de janeiro de 2005
2	12 de janeiro de 2004	18 de fevereiro de 2005
3	11 de fevereiro de 2004	19 de março de 2005
4	12 de março 2004	16 de abril de 2005
5	15 de abril de 2004	13 de novembro de 2005
6	06 de novembro de 2004	10 de dezembro de 2005
7	14 de dezembro de 2004	-
		Período da seca
1	08 de junho de 2004	14 de maio de 2005
2	13 de agosto de 2004	12 de julho de 2005
3	-	16 de outubro de 2005

As variáveis estudadas foram a produção de massa seca mensal (PMS) e total (PMST), no período das águas (PMSA) e das secas (PMSS), e a acumulada (PMSac), bem como a eficiência

de conversão (ECAN) e a recuperação aparente do nitrogênio (RAN) no primeiro e segundo ano. Obteve-se a PMSac durante cada ano por meio da soma dos valores obtidos em cada corte. As

produções estacionais em cada dose de nitrogênio foram obtidas pelo somatório dos cortes nas estações (águas e seca), no primeiro e segundo ano de experimentação.

Para determinação da eficiência de conversão aparente de nitrogênio (ECAN) e da recuperação aparente do nitrogênio (RAN) utilizaram-se os cálculos: $ECAN = \text{kg de MS produzida por kg de N aplicado e } \% RAN = 100 \times [(\text{nitrogênio total absorvido na parcela com adubação (kg/ha)} - \text{nitrogênio total absorvido na parcela sem adubação (kg/ha)}) / \text{dose de nitrogênio aplicada (kg/ha)}]$, respectivamente (CARVALHO & SA-RAIVA, 1987).

Os resultados para a produção mensal, total, nos períodos das águas e da seca para o primeiro e segundo ano de experimentação foram submetidos à análise de variância pelo procedimento PROC GLM do programa SAS (1986) com realização de teste de médias (Tukey) para a produção mensal a 5% significância e análises de regressão realizadas para a produção total, nos períodos das águas e da seca, testando os modelos lineares e quadráticos, a 5% de significância. Nessas equações, considera-

se Y a estimativa da produção de massa seca (total, águas e seca) expressa em kg/ha, e X a dose de nitrogênio, expressa em kg/ha. A escolha do modelo ao qual os resultados mais se ajustavam baseou-se no nível de significância de 5% e nos coeficientes de determinação. A produção acumulada da forragem para o primeiro e segundo ano, bem como a eficiência de conversão aparente de nitrogênio e a recuperação aparente de nitrogênio foram submetidas à regressão não-linear programa do SigmaPlot - 2000, com comparações médias pelo teste Tukey a 5% de significância. Nessas equações, considera-se Z a estimativa da PMSac em kg/ha; Y a dose de nitrogênio (kg/ha) e X, o intervalo de corte em dias.

Durante o desenvolvimento do experimento foram monitorados, mensalmente, os dados de precipitação pluvial (mm), as temperaturas média máxima e mínima (°C) e a luminosidade (h) coletada na estação meteorológica da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás (EA/UFG), cujos valores estão presentes na Figura 1.

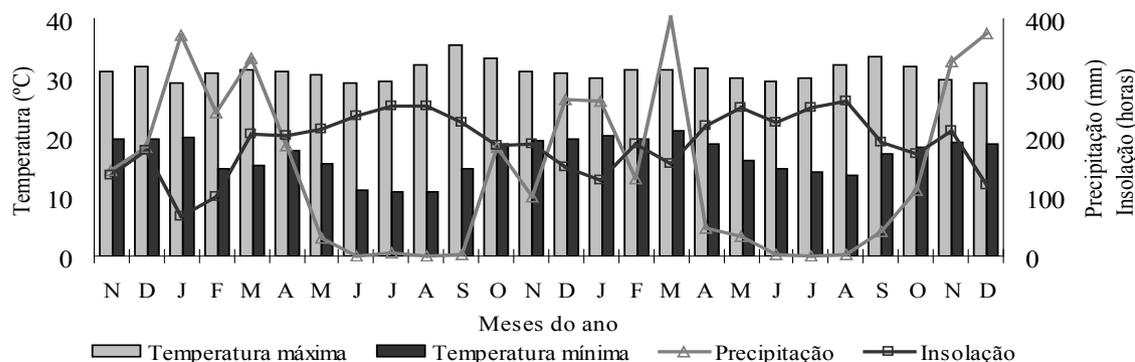


FIGURA 1. Dados meteorológicos durante o período experimental. — Fonte: Estação Meteorológica da EA/UFG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância para a produção de massa seca (PMS) do capim-mombaça (Figura 2) mostrou significância interação entre as doses de nitrogênio e os meses de cortes, tanto no primeiro como no segundo ano. Verifica-se que as produções dentro dos meses nos períodos das águas e

da seca diferiram significativamente, no primeiro e segundo ano em todas as doses de nitrogênio aplicadas, indicando a sensibilidade da planta diante das oscilações climáticas, principalmente da temperatura e da precipitação pluviométrica.

Ocorreu um pico de produção no mês de novembro para a dose 500 (kg/ha) no primeiro ano, e nas doses de 300 e 500 kg/ha no segundo ano. Esse

comportamento de PMS é atribuído ao aumento da temperatura e da precipitação pluvial após o período da seca, em adição ao reflexo do efeito residual da adubação nitrogenada, a adubação realizada após a volta das chuvas e, provavelmente, à deposição no período da seca de material senescente (matéria orgânica) contendo nitrogênio. Os demais meses do primeiro e segundo anos que caracterizavam o período das águas apresentaram respostas, de certa forma, constantes, de acordo com dados climáticos, com exceção das parcelas não adubadas, em que a PMS caiu drasticamente, mesmo em condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da planta, o que pode ser atribuído à possível deficiência de nutrientes (em especial, nitrogênio e fósforo).

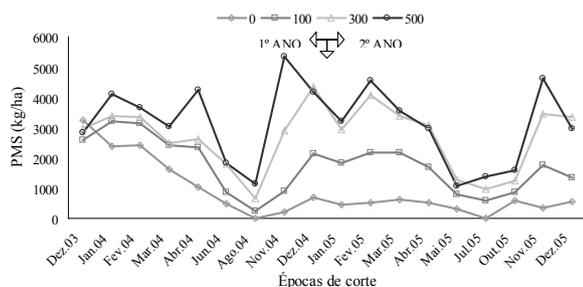


FIGURA 2. Produção de massa seca mensal (PMS) do capim-mombaça submetido a doses de nitrogênio no primeiro e segundo ano de experimentação.

Observa-se que a maior resposta de PMS foi atingida no primeiro ano de experimentação (ano de implantação da forrageira) em praticamente todas as doses de nitrogênio, o que pode ser justificado pelas altas precipitações pluviais que ocorreram antes e após a aplicação das doses de nitrogênio, além das temperaturas ótimas (acima de 15°C) na maioria dos meses das águas e disponibilidade de nutrientes no solo. Cabe enfatizar que tal PMS poderia ter sido bem maior, se não fossem os resultados dos meses de janeiro, fevereiro e março. Nesses meses, apesar de a precipitação ter sido alta, a temperatura só foi ótima para o crescimento da planta forrageira no mês de janeiro, sendo que os outros dois meses apresentaram valores abaixo de 15°C, em adição aos dados de insolação, que foram os menores do

período experimental, com 66,1 e 99,1 h (janeiro e fevereiro, respectivamente), com dias nublados e luminosidade reduzida (Figura 1).

Nos cortes realizados no período da seca (primeiro e segundo ano) em todas as doses de nitrogênio aplicadas, observou-se que a forrageira apresentou sensibilidade aos efeitos da queda de temperatura e à baixa precipitação pluvial. Contudo, foi obtida PMS principalmente nas maiores doses de nitrogênio. Partindo-se do pressuposto de que o crescimento radicular é proporcional à parte aérea, nas parcelas adubadas ocorreram produções de massa, ao passo que no tratamento-controle, no mês de agosto (2004) e julho (2005), a PMS foi nula. Isso pode ser explicado porque o sistema radicular possibilitou a busca de água no perfil mais profundo do solo, o que está de acordo com as afirmações de WHITEHEAD (1995).

A variação de PMS entre as doses de nitrogênio, principalmente com a aplicação de 300 e 500 kg/ha, mostra que a exigência do capim-mombaça em nitrogênio pode ter proporcionado maiores respostas, possivelmente no porte de plantas, tamanho das folhas e colmos, bem como no perfilhamento, que no decorrer do período de experimentação foram destacados nas parcelas com estas doses. Os efeitos do nitrogênio no metabolismo da planta são inúmeros, de forma que uma pastagem bem manejada tem sua persistência prolongada. Contudo, no segundo ano, a PMS nas doses de 300 e 500 (kg/ha) não diferenciou significativamente nos meses das águas, indicando, possivelmente, uma deficiência de outros nutrientes como o fósforo para a dose de 500 (kg/ha) e maiores perdas de nitrogênio no sistema de produção, seja por lixiviação, como por volatilização. Essas perdas no sistema têm impacto negativo no meio ambiente, como a contaminação do lençol freático (com nitrato) e a contribuição para o aquecimento global, pela liberação de N_2O , bem como de $N-NH_3$, o que também pode ser observado no trabalho de FRANCO et al. (2008). Atribuindo a ineficiência de produção e utilização de nutrientes a questões de fatores climáticos e de manejo, é válido lembrar que a sustentabilidade do sistema preconiza menos danos e maior eficiência no ecossistema de produção.

Nas Figuras 3, 4 e 5, são apresentadas as PMS do capim-mombaça determinadas de forma total, no período da água e da seca, em função das doses de nitrogênio durante os dois anos de avaliação, respectivamente. As produções de massa seca total (PMST), a produção de massa seca nas águas (PMSA) e a produção de massa seca na seca (PMSS), em função das doses de nitrogênio, adequaram-se ao modelo de regressão linear no primeiro ano, bem como a PMSS do segundo ano, MST e PMSA do segundo ano ajustaram-se ao modelo quadrático.

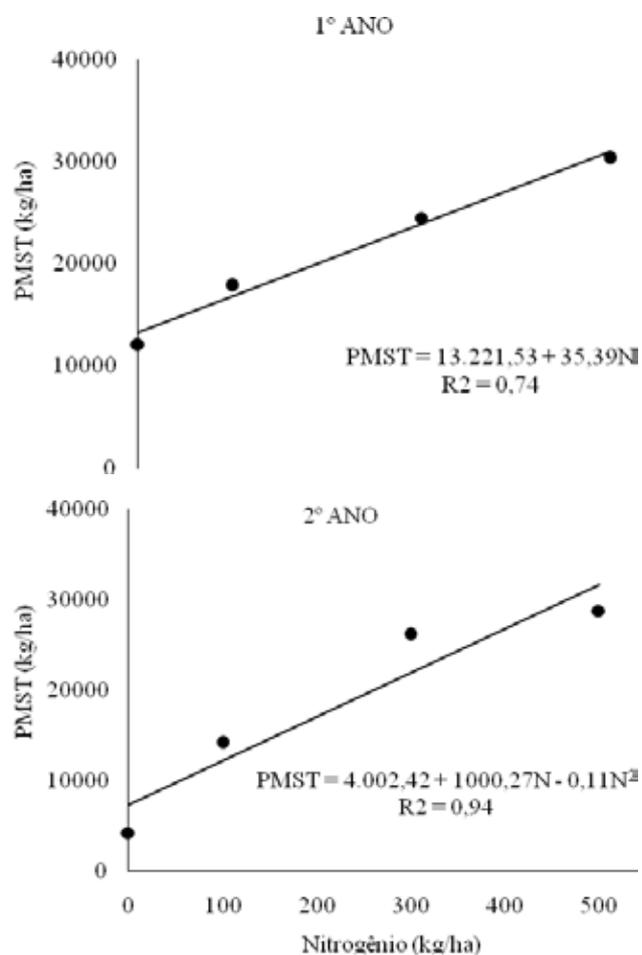


FIGURA 3. Produção de massa seca total (PMST) do capim-mombaça submetido a doses de nitrogênio no primeiro e segundo ano de experimentação.

Observa-se que a maior resposta de PMST (Figura 3), em função das doses de nitrogênio, ocor-

reu no primeiro ano, em relação ao segundo, com variação entre as doses 0 e 500 (kg/ha) de 12.108 a 30.332 e 4.164 a 28.757 kg/ha, ou seja, ocorreu uma queda de 65,61% e 5,19% em relação às doses de nitrogênio de 0 e 500 kg/ha, respectivamente. Esse fato também foi evidenciado na PMSA (Figura 4), em que se apresentaram variações de 11.618 a 27.350 no primeiro ano e 3.290 a 24.694 kg/ha no segundo ano, com um decréscimo de 71,68% e 9,71% em relação às doses de nitrogênio de 0 e de 500 kg/ha, respectivamente, o que pode ser atribuído a fatores como os efeitos da precipitação pluvial e da temperatura na planta (Figura 1) ocorrida durante esses períodos. Adicionalmente, há de se considerar uma possível depleção de nutrientes do solo como fósforo e potássio, uma vez que a planta é grande extratora de nutrientes.

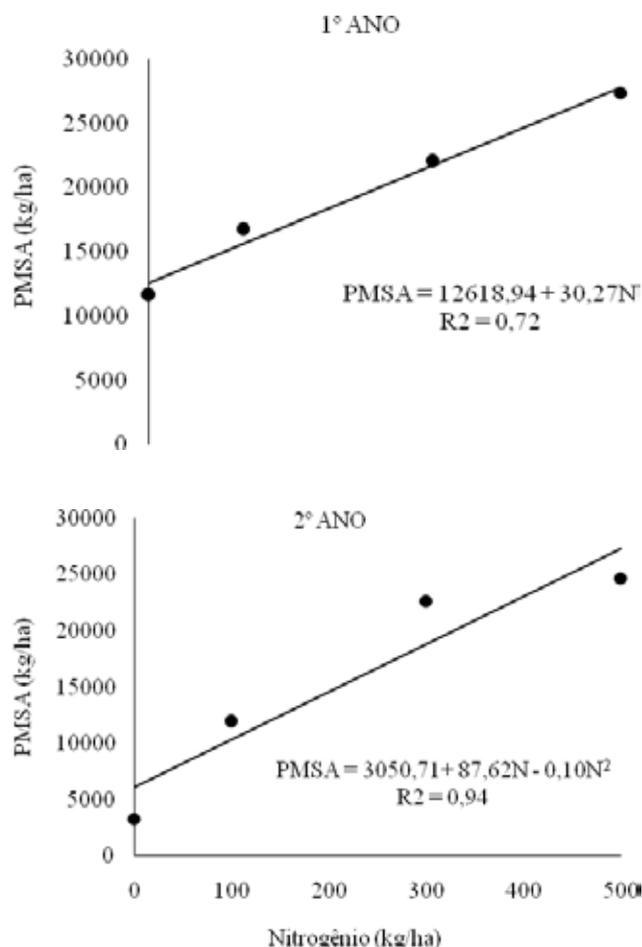


FIGURA 4. Produção de massa seca no período das águas (PMSA) do capim-mombaça submetido a doses de nitrogênio no primeiro e segundo ano de experimentação.

A PMSS (Figura 5) apresentou maiores resultados no segundo ano em relação ao primeiro em todas as doses de nitrogênio, e variou entre 874 a 4.063 e 490 a 2.983 kg/ha, correspondendo ao acréscimo de 43,94% e 26,58% em relação às doses de nitrogênio de 0 e de 500 kg/ha, respectivamente. Esse fato ocorreu em virtude do maior número de cortes efetuados no segundo ano (três cortes), contra apenas dois ocorridos no primeiro ano, uma vez que as condições de temperatura e precipitação foram menos críticas para a forrageira no segundo ano (Figura 1).

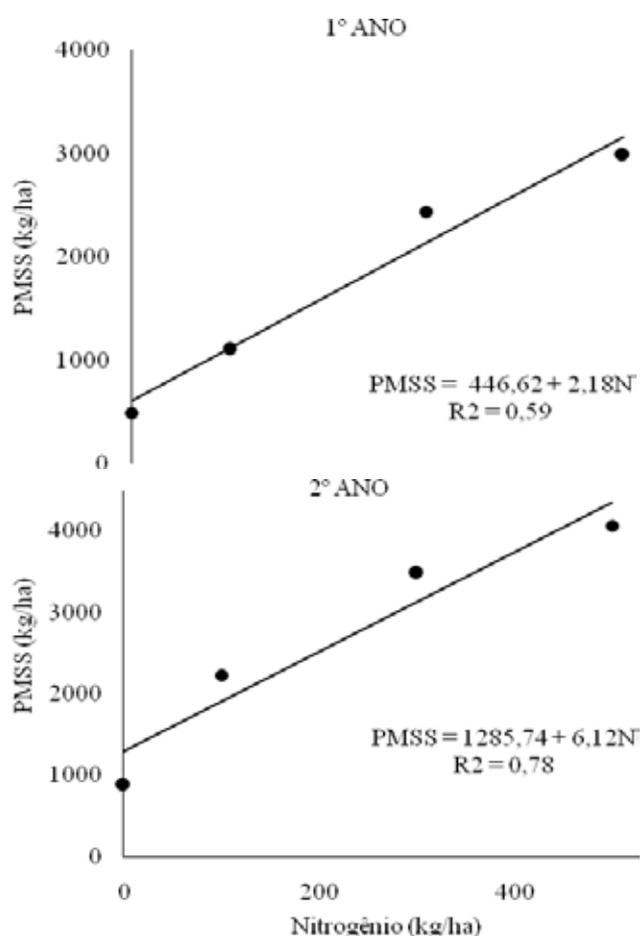


FIGURA 5. Produção de massa seca no período da seca (PMSS) do capim-mombaça submetido a doses de nitrogênio no primeiro e segundo ano de experimentação.

A redução na produção de um ano para o outro é relatada por JANK et al. (1994), afirmando que ela é inevitável quando os nutrientes extraídos

pelas plantas forrageiras não são repostos. Em seus estudos realizados com *Panicum maximum*, os capins-tanzânia e mombaça apresentaram reduções de 48% e 45%, respectivamente, do primeiro para o segundo ano de produção.

A adubação nitrogenada melhorou a distribuição da produção anual de massa seca do capim-mombaça nos dois anos de experimentação, pela quantidade de massa seca produzida no período de seca. Contudo, na ausência da adubação, principalmente nesse período (Figura 5), a produção de massa foi muito baixa, chegando a zero (não produziu massa forrageira) em alguns cortes (13 de agosto de 2004 e 12 de julho de 2005). Assim, as gramíneas tendem a mostrar respostas acentuadas à aplicação de nitrogênio, na época de maior crescimento vegetativo (período das águas), do que durante o período da seca, que normalmente caracteriza-se por ser de baixa precipitação pluviométrica ou até nula, bem como baixas temperaturas (temperatura abaixo dos 15°C), ou seja, com condições climáticas que afetam o crescimento e desenvolvimento da planta. Diversos trabalhos (JANK & COSTA, 1990; SAVIDAN et al., 1990; JANK et al., 1994) mostraram que o capim-mombaça apresenta distribuição de 73% e 27% da produção de massa no período das águas e da seca, respectivamente. No entanto, TOSI (1999) complementou que esse cultivar responde muito bem ao nitrogênio, tornando significativas as produções das águas e da seca, desde que não haja baixa disponibilidade de nutrientes no solo, fato que se deve às variações climáticas.

As maiores PMST, PMSA e PMSS (Figura 3, 4 e 5) em função das doses de nitrogênio, que se ajustaram ao modelo linear de regressão (primeiro e segundo ano), mostraram que a produção do capim-mombaça respondeu até a maior dose estudada (500 kg/ha), indicando que o suprimento de nitrogênio do solo não atendeu à demanda da gramínea forrageira. No entanto, em relação a PMST e PMSA que se adequaram ao modelo polinomial de segundo grau (segundo ano) não se observou resposta significativa do capim-mombaça acima das doses de 455,80 e 438,00 kg/ha. Esse efeito do nitrogênio pode ser atribuído à sua influência nos processos metabólicos e fisiológicos na planta,

como modulador, regulador e potencializador do crescimento, que, evidentemente, está condicionada à disponibilidade de outros nutrientes no solo, como o fósforo e potássio.

A estimativa da produção feita a partir de avaliações do acúmulo de massa seca (PMSac) do capim-mombaça e a equação de regressão em função das doses de nitrogênio e de acúmulo de massa seca (dias) no primeiro e no segundo ano de avaliação encontram-se na Figura 6. Observa-se que a variável PMSac, no primeiro e segundo ano, apresentou resultados significativos das doses de nitrogênio, bem como dos intervalos de corte.

Entre as doses de nitrogênio estudadas no primeiro ano, obtiveram-se as maiores PMSac com o incremento do fertilizante no decorrer do acúmulo da massa seca da forrageira. Contudo,

trata-se de resposta linear até certo ponto, pois a máxima PMSac alcançada foi de 27.676 kg/ha com a aplicação de nitrogênio de 607 kg/ha aos 340 dias, conforme expressa o modelo de equação Lorentzian de regressão não-linear. Pode-se inferir que essa máxima PMSac atingiria valores mais altos com o emprego de doses de nitrogênio maiores e em idade menor que 365 dias (primeiro ano). Tal fato mostra a capacidade de extração de nitrogênio dessa forrageira para a conversão em massa seca. A queda dos valores em doses de nitrogênio mais elevadas que 607 kg/ha e após 340 dias é decorrente da depleção do nitrogênio originário do solo (matéria orgânica) e do aplicado, cujos destinos foram a absorção pela cultura e as perdas do nutriente.

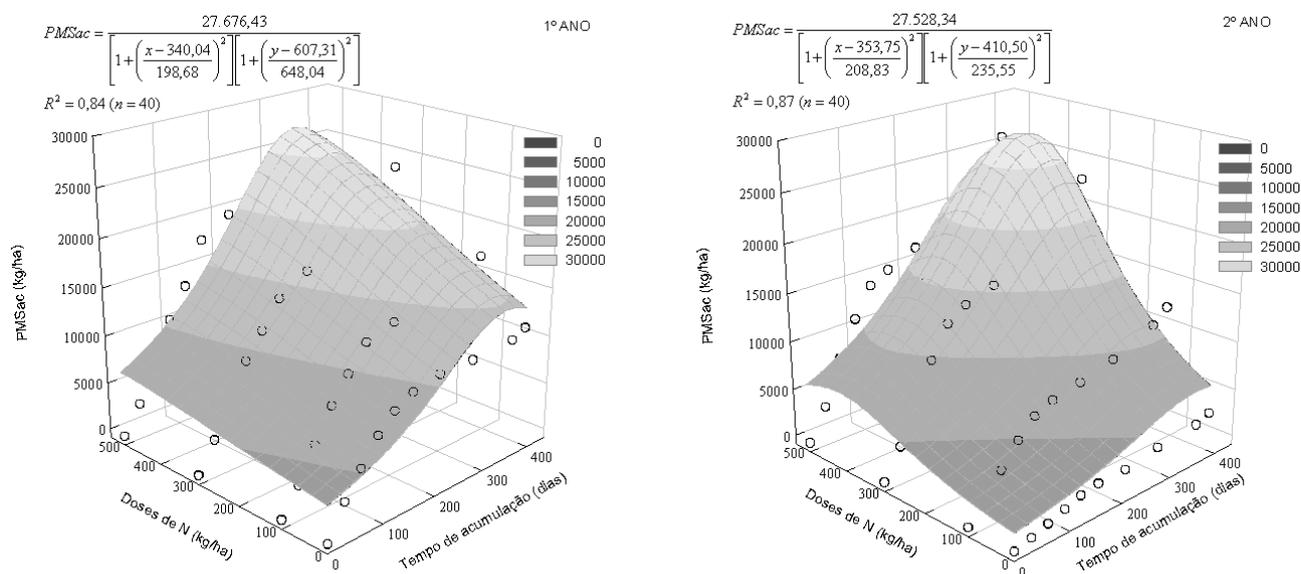


FIGURA 6. Produção de massa seca acumulada (PMSac) do capim-mombaça submetido a doses de nitrogênio no primeiro e segundo ano de experimentação.

No segundo ano de avaliação verificou-se que a máxima PMSac obtida foi de 27.528 kg/ha, determinada com a dose de nitrogênio de 411 kg/ha, no intervalo de corte de 354 dias, conforme também indica o modelo de equação Lorentzian de regressão não-linear. A resposta no segundo ano atribui-se ao efeito residual do nitrogênio no solo e à depleção de outros nutrientes como o fósforo, em somatório ao possível estresse fisiológico da

planta às condições adversas do ecossistema. Os menores valores de PMSac corroboram com o que ocorreu no primeiro ano, também na combinação da menor dose (zero de nitrogênio) com o menor acúmulo de massa seca.

A PMSac, após o máximo obtido no modelo de equação Lorentzian de regressão não-linear nas doses de nitrogênio e acúmulo de massa seca, decresceu. Tal fato evidencia um limite físico de

produção da forrageira, atingindo o patamar de metabolização do nitrogênio no tecido vegetal para as condições locais, sendo mais evidente o efeito com o tempo.

A eficiência de conversão aparente do nitrogênio (ECAN) é expressa pela produção de massa seca da forrageira por quilo grama de nitrogênio aplicado. A eficiência atingiu no primeiro ano, conforme expressa o modelo de equação Lorentzian de regressão não-linear, valor máximo de 26 kg/ha na dose de nitrogênio de 305 kg/ha aos 340 dias. No segundo ano, esses valores foram de 53 kg/ha com nitrogênio de 309 kg/ha, aos 354 dias (Figura 7). A resposta da eficiência de conversão do nitrogênio no primeiro para o segundo ano pode ser atribuída ao patamar fisiológico da forrageira para metabolizar quantidades maiores de nitrogênio. Isto implica perdas para o ecossistema por volatilização da própria planta (geralmente na forma amoniacal), por volatilização do solo (na

forma de amônio e óxido nitroso) e por lixiviação (na forma de nitratos).

A eficiência de conversão do nitrogênio em forrageiras, principalmente em espécies de *Panicum maximum*, é relatada na literatura, com variações de 10 a 90 kg de MS produzida por kg de nitrogênio aplicado (QUEIROZ NETO et al., 2001). Em complemento, MARTHA JÚNIOR et al. (2006) relataram que a amplitude na produção de forragem resultante do uso de fertilizante nitrogenado depende de fatores como as doses de nitrogênio, o emprego dos outros nutrientes, do histórico da área (que inclui o efeito residual das adubações), do manejo da pastagem, da estratégia de manejo do nitrogênio-fertilizante adotada como as formas de parcelamento e das características de clima e de solo da região, que interferem tanto na capacidade da planta em responder ao fertilizante nitrogenado como na recuperação e perda do nitrogênio-fertilizante aplicado.

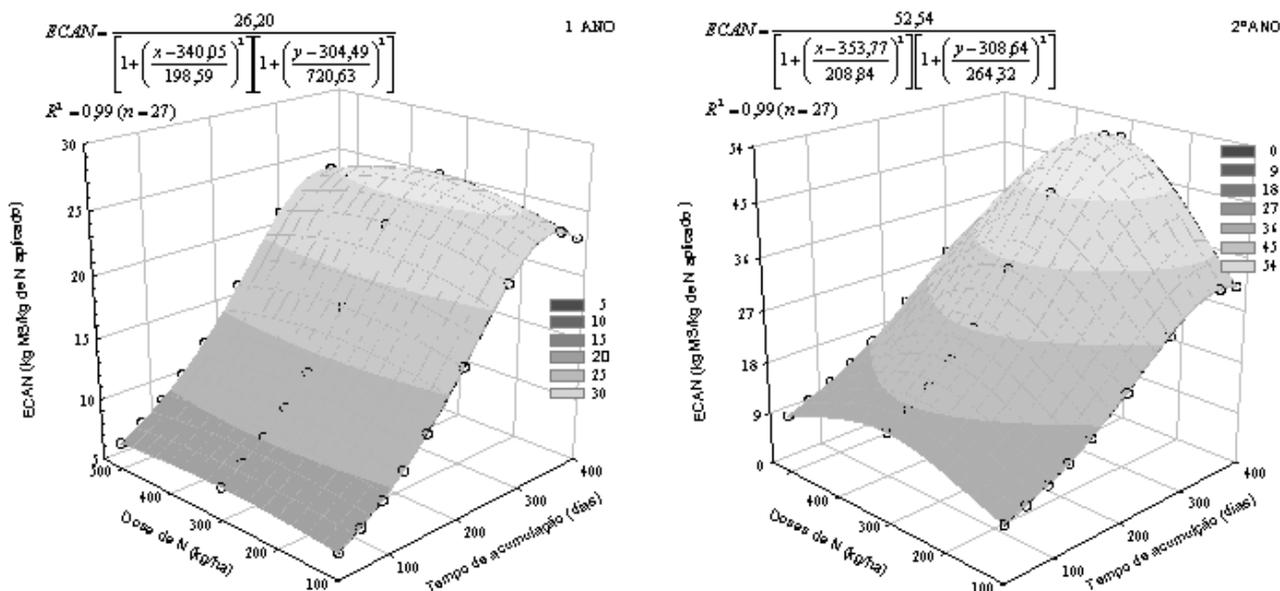


FIGURA 7. Estimativa da eficiência de conversão aparente do nitrogênio (ECAN) do capim-mombaça submetido a doses de nitrogênio no primeiro e segundo ano de experimentação.

As estratégias para maximizar a eficiência de uso do nitrogênio só poderão ser delineadas de maneira criteriosa quando a recuperação e as perdas do nitrogênio aplicado forem conhecidas, através de avaliações prévias no manejo da for-

rageira. A porcentagem de recuperação aparente do nitrogenado (RAN) pelo capim-mombaça foi altamente significativa para as doses aplicadas e acúmulo de massa seca. Observou-se no primeiro ano aumentos da RAN com o incremento da dose

do fertilizante nitrogenado e com o decorrer do acúmulo de massa seca. A resposta foi exponencial no primeiro ano, atingindo o ponto máximo de 86% de recuperação na dose de nitrogênio de 1800 kg/ha aos 321 dias, conforme estimado pelo modelo de equação Lorentzian de regressão não-linear (Figura 8). Essa recuperação, com doses superiores àquelas aplicadas (500 kg/ha), demonstra que o nitrogênio do solo foi aparentemente insuficiente para atender à demanda da planta forrageira.

Para o segundo ano, os resultados de regressão não-linear (Figura 8) indicaram o máximo de

RAN de 84% na dose de nitrogênio de 346 kg/ha, e aos 378 dias. Atribui-se essa resposta ao efeito residual das aplicações de nitrogênio ao solo ao longo do tempo de experimentação, bem como ao efeito de diluição, uma vez que a forrageira produziu menos nesse período e concentrou nitrogênio em seus tecidos. A RAN obtida no primeiro e segundo ano está acima do valor citado por CORSI (1994), que afirmou que mais de 80% do nitrogênio pode ser recuperado quando o adubo é adequadamente aplicado. Para o gênero *Panicum maximum*, FAVORETTO et al. (1988) relataram valores de RAN variando de 23% a 81%.

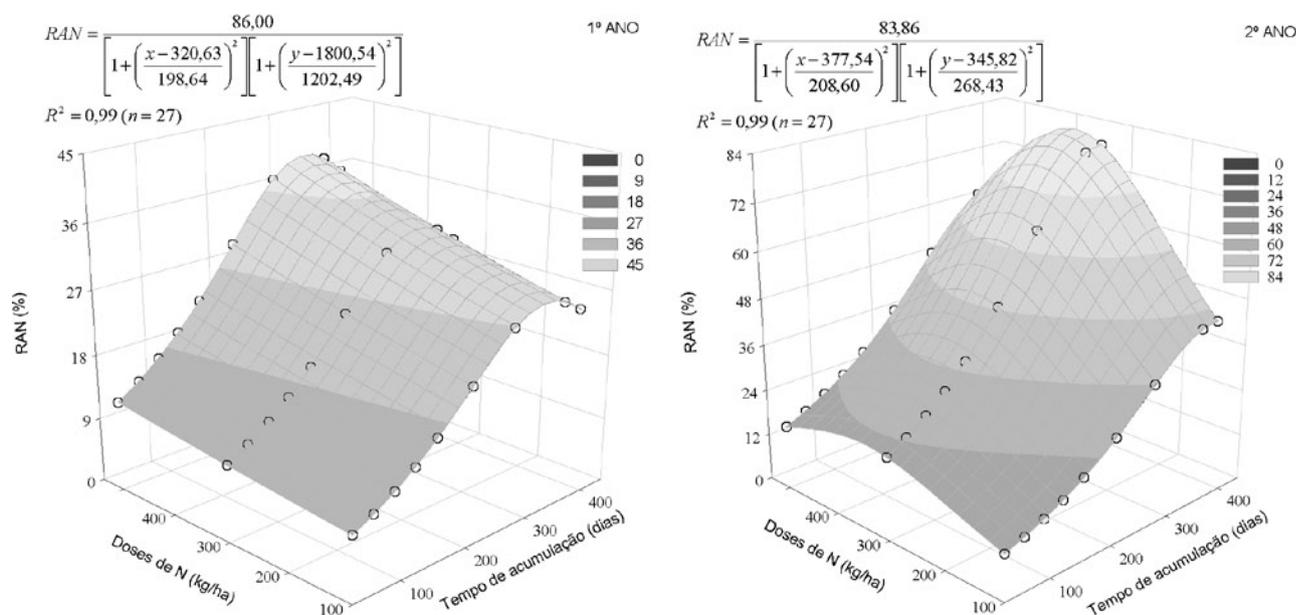


FIGURA 8. Recuperação aparente do nitrogênio (RAN) do capim-mombaça submetido a doses de nitrogênio no primeiro e segundo ano de experimentação.

A relação de produção de massa seca com a recuperação do nitrogênio do fertilizante não atua como um parâmetro satisfatório para medida de recuperação do nitrogênio na planta, conforme relataram AMBROSANO et al. (1996). Em vista disso, não foram realizadas comparações da produção de massa seca. WHITEHEAD (1995), avaliando a recuperação aparente do nitrogênio no solo com gramíneas tropicais, estimou em 50% a 80%, sendo a faixa de 65% a 70% de RAN, o que representaria uma captação proporcional do nitrogênio fertilizante. Nessa faixa, portanto, o

impacto ambiental é positivo (BODDEY et al., 1996), não se tornando preocupantes as perdas de nitrogênio por lixiviação (PRASERTSAK et al., 2001), quando se aplicam quantidades de nitrogênio normalmente absorvidas pelas plantas e quando o lençol freático não é superficial (PRIMAVESI et al., 2006).

Os resultados deste estudo confirmam o alto potencial de extração de nitrogênio pelo capim-mombaça, considerando que parte do nitrogênio, não determinado, e que foi acumulado pelas raízes e resíduos (colmos e folhas basais), não foi

computado. A alta extração de nitrogênio pelas gramíneas tropicais contribui para a redução de riscos ambientais, tais como as perdas de nitrato, principalmente em solos tropicais (PRIMAVESI et al., 2004).

CONCLUSÕES

O incremento da adubação nitrogenada proporcionou aumento na produção de massa seca do capim-mombaça, tanto no período das águas como no da seca, nos dois anos de experimentação.

A eficiência de conversão e recuperação aparente de nitrogênio diminuiu com o acréscimo de nitrogênio, levando à perda do ecossistema da pastagem para o ambiente.

A dose média de nitrogênio de 307 kg/ha foi a que revelou a maior eficiência de conversão da adubação nitrogenada pelo capim-mombaça.

O capim-mombaça apresentou um patamar limite de resposta às doses de nitrogênio aplicadas e um limite fisiológico de crescimento, ao longo da experimentação.

REFERÊNCIAS

- AMBROSANO, E.J.; CORSI, M.; TRIVELIN, P.C.O.; AMBROSANO, G.M.B. Aproveitamento do nitrogênio do sulfato de amônio (^{15}N) pelo capim-colonião em sucessivos cortes e diferentes épocas de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, p. 277-282, 1996.
- AZAM, F.; MALIK, K.A.; SAJJAD, M.I. Transformations in soil and availability to plants of ^{15}N applied as organic fertilizer and legumes residues. **Plant and Soil**, The Hague, v. 86, p. 3-13, 1985.
- BODDEY, R.M.; RAO, I.M.; THOMAS, R.J. Nutrient cycling and environmental impact of *Brachiaria* pastures. In: MILES, J.W.; MAASS, B.L.; VALLE, C.B. (Ed.). *Brachiaria: biology, agronomy and improvement*. Cali: CIAT; EMBRAPA, CNPGC, 1996. p. 72-86.
- CARVALHO, M.M.; SARAIVA, O.F. Resposta do capim-gordura (*Melinis minutiflora* Beau.) à aplicação de nitrogênio em regime de cortes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 16, n. 5, p. 442-454, 1987.
- COLOZZA, M. T. **Rendimento e diagnose foliar dos capins aruana e mombaça cultivados em latossolo vermelho-amarelo**. 1998. 127 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.
- COLOZZA, M. T.; KIEHL, J. C.; WERNER, J. C.; SCHAMMASS, E. A. Respostas de *Panicum maximum* cultivar Aruana a doses de nitrogênio. **Boletim Indústria Animal**, v. 57, n. 1, p. 21-32, 2000.
- CORSI, M. Adubação nitrogenada em pastagem. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Ed.). **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1994. p. 121-155.
- CORSI, M. Produção e qualidade de forragens tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE PASTAGENS, 8., 1990. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 69-85.
- CORSI, M.; NUSSIO, L.G. Manejo do capim-elefante: correção e adubação do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 10., 1992. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1992. p. 87-116.
- FAVORETTO, V.; RODRIGUES, L. R. A.; TUPINAMBÁ, L. F. Estudo do nitrogênio na produção e composição bromatológica do capim-colonião e seus aspectos econômicos. **Científica**, São Paulo, v. 16, n. 1, p.71-78, 1988.
- FRANCO, H.C.J.; FRANCO, V.D.A.; MORAES, M.F.; TRIVELIN, P.C.O. Perda de nitrogênio pela *Brachiaria decumbens* após a antese: relação com a umidade do solo. **Ciência Rural**, v. 38, n.1, p. 96-102, 2008.
- ISEPON, O.J. **Resposta dos capins Tanzânia (*Panicum maximum* cv. Tanzânia) e Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) às adubações nitrogenadas e fosfatada**. 2003, 67 f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, SP, 2003.
- JANK, L.; COSTA, J.C.G. Avaliação, seleção e lançamentos de cultivares de gramíneas da espécie *Panicum maximum*. In: ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE PLANTAS FORRAGEIRAS, 4., 1990, São José do Rio Preto. **Anais...** São José do Rio Preto: Associação Paulista dos Produtores de Sementes e Mudas, 1990. p. 1-15.
- JANK, L.; SAVIDAN, Y. H.; SOUZA, M. T. C.; COSTA, J. C. G. Avaliação do germoplasma de *Panicum maximum* introduzida da África: 1. Produção forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 433-440, 1994.

- KUZYAKOV, Y.; FRIEDEL, J.K.; STAHR, K. Review of mechanisms and quantification of priming effects. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, p. 1485-1498, 2000.
- LAVRES JÚNIOR, J.; MONTEIRO, F.A. Combinações de doses de nitrogênio e potássio para a produção e nutrição do capim-mombaça. **Boletim da Indústria Animal**, v. 59, n. 2, p. 101-114, 2002.
- MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; BARCELLOS, A.O. A planta forrageira e o agroecossistema. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23., 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p. 87-137, 2006.
- MONTEIRO, F. A. Nutrição mineral e adubação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 12., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 219-244.
- PRASERSAK, P.; FRENEY, J.R.; DENMEAD, O.T. Significance of gaseous nitrogen loss from a tropical dairy pasture fertilized with urea. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, p. 625-632, 2001.
- PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A.G.; FREITAS, A.R.; VIVALDI, L.J. Adubação nitrogenada em capim-coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n.1, p.68-78, 2004.
- PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A.C.; CORRÊA, L.A.; SILVA, A.G.; CANTARELLA, H. Lixiviação de nitrato em pastagem de Coastcross adubada com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 683-690, 2006.
- QUEIROZ NETO, F.; MARTHA JÚNIOR, G.B.; PENATI, M.A. Impact of increasing nitrogen fertilizer rates upon na irrigated Tanzânia grass pasture. 1. Dry matter yield. (compact disc). In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., São Pedro, 2001. **Proceedings...** São Pedro: FEALQ, 2001.
- RAO, A.C.S.; SMITH, J.L.; PARR, J.F. Considerations in estimating nitrogen recovery efficiency by the difference and isotopic dilution methods. **Fertilizer Research**, v. 33, p. 209-217, 1992.
- SAVIDAN, Y.H.; JANK, L.; COSTA, J.C.G. **Registro de 25 acessos selecionados de *Panicum maximum***. Campo Grande: EMBRAPA – CNPGC, 1990. 80 p. (EMBRAPA-CNPGC, Documento 44).
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.
- STATISTICAL ANALYSIS INSTITUTE. **SAS/STAT procedure guide for personal computers**: version 6. Cary, 1986. 846 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- TOSI, H. **Estabelecimento de parâmetros fisiológicos para o manejo e eficiência de utilização de *Panicum maximum* Jacq. Tanzânia, sob pastejo rotacionado**. 1999. 150 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade São Paulo, Piracicaba, 1999.
- WERNER, J.C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49 p. (IZ, Boletim Técnico n.18).
- WHITEHEAD, D.C. Volatilization of ammonia. In: WHITEHEAD, D.C. (Ed.). **Grassland nitrogen**. Wallingford: CAB International, 1995. p. 152-179.

Protocolado em: 1º jun. 2007. Aceito em: 30 set. 2008.