

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**

MARCOS NEVES LOPES

**TROCAS GASOSAS E MORFOFISIOLOGIA EM CAPIM-MASSAI SOB PASTEJO E
ADUBADO COM NITROGÊNIO**

**FORTALEZA
CEARÁ/BRASIL
2012**

MARCOS NEVES LOPES
Engenheiro Agrônomo

**TROCAS GASOSAS E MORFOFISIOLOGIA EM CAPIM-MASSAI SOB PASTEJO E
ADUBADO COM NITROGÊNIO**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.
Área de concentração: Forragicultura e Pastagens
Orientador: Prof. D. Sc. Magno José Duarte Cândido

**FORTALEZA
CEARÁ/BRASIL
2012**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- L85t Lopes, Marcos Neves.
 Trocas gasosas e morfofisiologia em capim-massai sob pastejo e adubado com nitrogênio / Marcos
 Neves Lopes. – 2012.
 118 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias,
 Departamento de Zootecnia, Mestrado em Zootecnia, Fortaleza, 2012.
 Área de Concentração: Forragicultura e Pastagens.
 Orientação: Prof. Dr. Magno José Duarte Cândido.
 Coorientação: Prof. Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu.
- 1.Fotossíntese foliar. 2.Nutrição animal. 3.Forragem. I. Título.

MARCOS NEVES LOPES

**TROCAS GASOSAS E MORFOFISIOLOGIA EM CAPIM-MASSAI SOB PASTEJO E
ADUBADO COM NITROGÊNIO**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia. Área de concentração: Forragicultura e Pastagens.

Aprovada em 17/02/2012.

BANCA EXAMINADORA

Prof. D. Sc. Magno José Duarte Cândido (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

D. Sc. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu (Coorientador)
Embrapa Caprinos e Ovinos

Prof. D. Sc. Rodrigo Gregório da Silva (Membro)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFCE

D. Sc. Márcio José Alves Peixoto (Membro)
Secretaria do Desenvolvimento Agrário do Ceará - SDA

Prof^ª. D. Sc. Maria Socorro de Souza Carneiro (Membro)
Universidade Federal do Ceará - UFC

BIOGRAFIA

MARCOS NEVES LOPES, filho de Maria Alzenir das Neves Lopes e Manoel Silva Lopes, nasceu em Quixelô-CE, em 11 de outubro de 1983. Em 2000.1 ingressou no curso de Técnico Agrícola (Agropecuária) da Escola Agrotécnica Federal de Iguatu-EAFI (hoje Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFCE, Campus de Iguatu), onde permaneceu por 3 anos, estudando em tempo integral, concluindo em 2002.2 o curso Técnico Agrícola e o Ensino Médio, ambos na referida Instituição de Ensino. Durante o ano de 2003 colaborou com seus pais e irmãos nas atividades agropecuárias, em propriedade de base familiar localizada no município de Quixelô-CE. Em 2004, foi desenvolver atividades de Extensão, como Agente Rural, na Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará-EMATERCE, onde permaneceu até 2006. Posteriormente, em 2006.2, ingressou no curso de graduação em Engenharia Agrônômica da Universidade Federal do Ceará-UFC, Campus de Fortaleza, concluindo em 2010.2. Em março de 2011, ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, na área de Forragicultura e Pastagens, concluindo tal curso de pós-graduação na presente data de redação do referido documento. Em 20 de dezembro de 2011, foi aprovado na seleção do curso de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará-UFC/UFPB/UFRPE.

Aos meus pais **Manoel Silva Lopes** e **Maria Alzenir das Neves Lopes**, base da minha formação pessoal e profissional, suprindo-me constatemente com apoio, incentivo, carinho e amor; pontos de relevância infinita para minha personalidade e caráter, que norteiam meus passos e “alimenta” o meu eu positivamente, dando-me força para continuar a caminhada.

Aos meus avós paternos **Francisco Benevides Lopes** e **Maria Jorge Lopes** (*in memoriam*) e aos meus avós maternos **José das Neves** (*in memoriam*) e **Josefa Medeiros Silva** (*in memoriam*); aos meus padrinhos **Frasquim** e **Ziomar** e aos meus **tios** e **tias**, **primos** e **primas** por serem presentes, ainda que em distância, fazendo parte da minha vida.

DEDICO

Aos meus queridos irmãos **Emanuel Neves, Francisco Neves, Claudiene Neves e Ana Paula Neves**; aos meus sobrinhos **Maria Clara Neves e Lucas Neves**, pelo amor, força, atenção, compreensão, bom convívio, carinho e incentivo constante e infinito, que norteiam minha vida e alegria o meu viver.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu protetor maior, pela força constante e infinita, por iluminar meus passos, pelas oportunidades e por ajudar-me a superar as “pedras” encontradas ao longo da caminhada.

À Universidade Federal do Ceará e ao Curso de Pós-graduação em Zootecnia, pelo acolhimento e oportunidade concedida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/PROPAG, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. D. Sc. Magno José Duarte Cândido, por mais uma orientação, incentivo, atenção, confiança, ensinamentos, pelo exemplo profissional de competência e honestidade e por permitir e apoiar os meus desafios traçados para alcançar algo num percurso trilhado no meu pensamento.

Ao D. Sc. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu, pelas relevantes contribuições ao trabalho, compreensão, atenção, conhecimentos transmitidos, confiança, bom convívio e amizade.

Ao Prof. D. Sc. Rodrigo Gregório da Silva, pela colaboração na pesquisa, pelos ensinamentos, confiança, atenção, compreensão, bom convívio, amizade e incentivo constante.

À Prof^a. D. Sc. Maria Socorro de Souza Carneiro, pela colaboração, atenção e ensinamentos.

Ao D. Sc. Márcio José Alves Peixoto, pelo apoio, bom convívio, amizade, colaboração, incentivo e ensinamentos.

Ao Prof. D. Sc. Claudivan Feitosa de Lacerda, pela contribuição na pesquisa, atenção e ensinamentos.

Aos meus pais Manoel Silva Lopes e Maria Alzenir das Neves Lopes, pelo exemplo de honestidade e determinação, pelo apoio, carinho, incentivo e confiança.

Aos meus irmãos Emanuel, Francisco, Claudiene e Paulinha, pelo apoio, incentivo, carinho, confiança e amizade.

Aos amigos Luiz Neto e Alan Sombra e a amiga Thaíse, pela relevante contribuição na realização desta pesquisa, pessoas sem as quais não teria sido possível a

realização dos ensaios; agradeço ainda pela amizade, atenção e pelos momentos de alegria, mesmo em dias de muito trabalho e muito sol.

Aos amigos Robson Lima, Zé Wellington, Ewerton Alves, Amauri Mendonça e Fernandinho, pela amizade, bom convívio, incentivo e pelos momentos de pura alegria.

À amiga Mazé e a minha prima Vilma, pelo incentivo e por acreditarem na minha pessoa, estando constantemente na torcida pelo meu êxito.

À minha prima Daniely e à Meirislandia, pessoas relevantes na minha vida, por quem tenho grande admiração; agradeço pelo apoio e incentivo constantes, por acreditarem na minha pessoa e torcerem pelo meu êxito e pelo exemplo de determinação e conquista.

Ao Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura e ao Laboratório de Nutrição Animal da UFC, pelo apoio na realização desta pesquisa.

Ao PET Agronomia, pela oportunidade de aprendizado e constante treinamento. Agradeço na pessoa do Prof. D. Sc. Ervino Bleicher, pelo apoio, atenção, incentivo e ensinamentos.

À Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará – EMATERCE, pela oportunidade de aprendizado e constante treinamento. Agradeço na pessoa de Benício Diógenes, todos que me apoiaram e auxiliaram durante este período enriquecedor da minha vida.

Aos colegas e amigos do Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura, agradeço nas pessoas de Liandro, Mauro, Abner, Diego, Júnior, Marieta, Leane, Joana Paula, Ellen e Monalisa pelo apoio, colaboração, bom convívio e amizade.

Aos meus padrinhos Fransquim e Ziomar e a todos os familiares que torceram pela minha pessoa; agradeço pelo apoio, incentivo e carinho.

Aos amigos e colegas de graduação e pós-graduação, agradeço nas pessoas de Gil Mário, Theyson, Walisson, Gutenberg, Rildson, Edmilson, Marcos Goes, Cutrin, Ciro, Gabriel Nuto, Ronaldo, Marcelo, Neto, Lineker, Levi, Igor, Samuel, Deames, Igo Andrade, Ricardo, Wener, Alexandre Reuber, Artênio, Cristian, Rufino e Newdmar, pela amizade, convívio e pelos momentos de alegria.

Agradeço a todos, sejam os mais “próximos”, sejam os mais “distantes”, que de uma forma ou de outra, acompanhando em presença ou presentes em ausência, contribuíram para concretização deste trabalho e para minha formação.

"Não espere por oportunidades extraordinárias. Agarre ocasiões comuns e as faça grandes. Homens fracos esperam por oportunidades; homens fortes as criam."

(Orison Swett Marden)

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	11
ABSTRACT	14
LISTA DE FIGURAS	16
LISTA DE TABELAS	17
1 INTRODUÇÃO	19
2 CAPÍTULO I: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1 Adubação nitrogenada em plantas forrageiras: trocas gasosas	21
2.2 Adubação nitrogenada em plantas forrageiras: metabolismo do nitrogênio	24
2.3 Adubação nitrogenada em plantas forrageiras: morfofisiologia	28
REFERÊNCIAS	35
3 CAPÍTULO II: TROCAS GASOSAS EM CAPIM-MASSAI ADUBADO COM NITROGÊNIO E PASTEJADO POR OVINOS	40
RESUMO	40
ABSTRACT	41
3.1 INTRODUÇÃO	42
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	43
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
3.4 CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS	54
4 CAPÍTULO III: FLUXO DE BIOMASSA EM CAPIM-MASSAI ADUBADO COM NITROGÊNIO E SOB LOTAÇÃO ROTATIVA COM OVINOS	56
RESUMO	56
ABSTRACT	57
4.1 INTRODUÇÃO	58
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	59
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4.4 CONCLUSÕES	69
REFERÊNCIAS	70

5 CAPÍTULO IV: ESTRUTURA E COMPONENTES DA BIOMASSA NO PRÉ E PÓS-PASTEJO EM CAPIM-MASSAI ADUBADO COM NITROGÊNIO E SOB LOTAÇÃO ROTATIVA COM OVINOS.....	73
RESUMO.....	73
ABSTRACT.....	74
5.1 INTRODUÇÃO.....	75
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	77
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	82
5.4 CONCLUSÕES.....	95
REFERÊNCIAS.....	96
6 CAPÍTULO VI: DINÂMICA DE PERFILHAMENTO EM CAPIM-MASSAI ADUBADO COM NITROGÊNIO E PASTEJADO POR OVINOS.....	99
RESUMO.....	99
ABSTRACT.....	100
6.1 INTRODUÇÃO.....	101
6.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	102
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	106
6.4 CONCLUSÕES.....	114
REFERÊNCIAS.....	115
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118

TROCAS GASOSAS E MORFOFISIOLOGIA EM CAPIM-MASSAI SOB PASTEJO E ADUBADO COM NITROGÊNIO

Autor: Marcos Neves Lopes

Orientador: Prof. D. Sc. Magno José Duarte Cândido

RESUMO GERAL

Objetivou-se avaliar as trocas gasosas, o fluxo de biomassa, a estrutura e os componentes da biomassa no pré e pós-pastejo e a dinâmica de perfilhamento em capim-massai submetido a crescentes doses de nitrogênio (controle - sem nitrogênio; 400; 800 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹) e sob lotação rotativa com ovinos, num delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo. A dose de nitrogênio para cada tratamento foi dividida em duas parcelas, sendo a primeira metade aplicada logo após a saída dos animais do piquete e a segunda metade aplicada na metade do período de descanso, de acordo com cada dose avaliada. O período de descanso adotado foi de aproximadamente 1,5 novas folhas por perfilho, conforme determinação em pré-ensaio quando do início da instalação do experimento, propiciando um intervalo de 22; 18; 16 e 13 dias para as doses de nitrogênio de 0,0 – controle; 400; 800 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹, respectivamente. A técnica de “mob-grazing” foi usada para a realização dos pastejos, empregando-se grupos de animais para desfolhações rápidas (duração de 7 a 11 horas). À medida que os animais pastavam, a altura do pasto foi monitorada com auxílio de uma régua, até que o dossel atingisse a altura residual preconizada de aproximadamente 15 cm, correspondendo ao IAF residual de saída dos animais do piquete de aproximadamente 1,5. As variáveis: condutância estomática, taxa de fotossíntese foliar, concentração interna de CO₂, relação fotossíntese/transpiração, índice relativo de clorofila e índice de suficiência de nitrogênio responderam de forma linear crescente ao incremento nas doses de nitrogênio. Verificou-se aumento de 92,3% na taxa de fotossíntese para a dose de nitrogênio de 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹ em relação à ausência de nitrogênio. A temperatura da folha e a relação fotossíntese/condutância foram reduzidas com o aumento nas doses de nitrogênio. A adubação nitrogenada proporcionou resposta quadrática com ponto de máxima sobre a taxa de transpiração foliar e produção de biomassa de forragem total. A taxa de alongamento foliar respondeu crescentemente às doses de nitrogênio (N) e o ciclo de pastejo 4 revelou valor

inferior em relação aos três primeiros. A taxa de alongamento das hastes respondeu de forma linear crescente com as doses de N, porém não foi influenciada pelos ciclos de pastejo. As taxas de senescência foliar anterior e posterior não foram influenciadas pela adubação nitrogenada, nem tampouco foram alteradas com os ciclos sucessivos de pastejo. A taxa de aparecimento foliar e o filocrono foram influenciados somente pela adubação nitrogenada, revelando resposta linear crescente e decrescente, respectivamente, com as doses de N. Constatou-se resposta quadrática com ponto de máximo para o comprimento médio das folhas com a elevação nas doses de N e o ciclo de pastejo 4 apresentou menor valor para a referida variável. Para cada quilograma de $N \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$, observou-se incrementos de 0,161 e 0,1604 $kg \cdot ha^{-1} \cdot dia^{-1}$ na taxa de produção de forragem e de acúmulo de forragem, respectivamente. Constatou-se resposta quadrática para as variáveis: biomassa de forragem verde, de lâmina foliar verde, de colmo verde, densidade total de forragem, altura do dossel e relação material vivo/material morto, alcançando valores máximos (5172,9; 4146,3; 1033,9 $kg \cdot ha^{-1} \cdot ciclo^{-1}$; 179,1 $kg \cdot ha^{-1} \cdot cm^{-1}$; 36,8 cm; 4,0; respectivamente) nas doses de N de 896; 933,9; 797; 879,2; 751,4 e 1161 $kg \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$, respectivamente. Para tais variáveis, verificou-se oscilação entre os ciclos de pastejo estudados. Elevação nas doses de nitrogênio proporcionou resposta crescente sobre as variáveis: densidade populacional de perfilhos residual, biomassa de forragem total residual, de forragem verde residual, de forragem morta residual, densidade total de forragem residual e densidade de forragem verde residual. Verificou-se resposta quadrática para a biomassa de colmo verde residual e densidade de colmo verde residual, alcançando valores máximos (1.014,4 $kg \cdot ha^{-1} \cdot ciclo^{-1}$ e 67,9 $kg \cdot ha^{-1} \cdot cm^{-1}$, respectivamente) nas doses de nitrogênio de 881 e 872,1 $kg \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$, respectivamente. Observou-se resposta quadrática para a relação lâmina foliar/colmo residual e índice de qualidade da biomassa residual, alcançando valores mínimos (0,75; 23%, respectivamente) nas doses de nitrogênio de 707,6 e 679,3 $kg \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$, respectivamente. Os ciclos de pastejo exerceram alterações sobre a maioria das variáveis analisadas no pós-pastejo, exceto para a biomassa de forragem verde residual, relação material vivo/material morto residual e densidade de forragem verde residual. As taxas de aparecimento, sobrevivência e mortalidade de perfilhos, biomassa do perfilho e relação perfilhos vegetativos/perfilhos mortos responderam crescentemente às doses de nitrogênio, com as duas primeiras taxas e a biomassa do perfilho variando entre os períodos de avaliação. Constatou-se resposta quadrática para a taxa de florescimento de perfilhos, densidade populacional de perfilhos vegetativos e densidade populacional de perfilhos reprodutivos, alcançando valores máximos (0,051 $perf \cdot 100 \cdot perf^{-1} \cdot dia^{-1}$; 4818 e 35

perf•m⁻², respectivamente) nas doses de nitrogênio de 613,5; 993,5 e 623,9 kg•ha⁻¹•ano⁻¹, respectivamente. Para a taxa de florescimento e densidade populacional de perfilhos reprodutivos, verificou-se oscilação entre os períodos de avaliação. A adubação nitrogenada proporciona respostas positivas sobre as trocas gasosas e morfofisiologia do capim-massai, podendo-se utilizar uma dose de nitrogênio de até 934 kg•ha⁻¹•ano⁻¹. Os ciclos de pastejo modificam as características morfofisiológicas da referida forrageira em pequena magnitude, quando se adota um manejo rigoroso do pastejo.

Palavras chaves: Adubação nitrogenada. Estrutura do dossel. Fotossíntese foliar. *Panicum maximum* x *P. infestum*. Perfilhamento.

GAS EXCHANGE AND MORPHOPHYSIOLOGY IN MASSAI GRASS UNDER GRAZING AND FERTILIZED WITH NITROGEN

Author: Marcos Neves Lopes

Adviser: Prof. D. Sc. Magno José Duarte Cândido

ABSTRACT

To evaluate the gas exchange, the biomass flow, the biomass components before and after grazing and the tillering dynamics in massai grass under increasing nitrogen fertilization levels (control - without nitrogen fertilizer; 400; 800 and 1200 kg•ha⁻¹•year⁻¹) under rotational stocking with sheep in a completely randomized design with measurements repeated in time, this research was carried out. The level of nitrogen for each treatment was divided into two parcels, the first half applied immediately after the animals leave the paddock and the second half applied in rest period half, according to each level assessed. The rest period was set at approximately 1.5 new leaf blades per tiller, as determined in pre-testing when the starting of the experiment, providing a period of 22, 18, 16 and 13 days for the nitrogen levels of 0.0 - control, 400, 800 and 1200 kg•ha⁻¹•year⁻¹, respectively. The technique of "mob-grazing" was used for the realization of grazing, using groups of animals for rapid defoliation (duration from 7 to 11 hours). With the animals grazing, the sward height was monitored with a ruler until they reach the recommended residual canopy height of approximately 15 cm, corresponding to the residual LAI of approximately 1.5. The variables: stomatal conductance, leaf photosynthesis rate, leaf carbon dioxide concentration, photosynthesis/transpiration ratio, chlorophyll relative index and nitrogen sufficiency index revealed positive linear response to the nitrogen fertilization. The nitrogen level 1200 kg•ha⁻¹•year⁻¹ presented increment of 92.3% on leaf photosynthesis rate in relation to the control. The leaf temperature and photosynthesis/conductance ratio were reduced with increasing of N levels. The leaf transpiration and total herbage biomass revealed quadratic response with maximum point with increasing of levels N. The leaf elongation rate was increased with the nitrogen levels and the grazing cycle 4 showed lower value in relation to the others. The culm elongation rate was increased with N levels, however it was not influenced by the grazing cycles. The leaf senescence rates before and after grazing were not influenced by nitrogen and were not altered by the grazing cycles. The leaf appearance rate and phylochron showed increasing and decreasing linear response, respectively, with N levels. The leaf average length

revealed quadratic response with maximum point with N levels and grazing cycle 4 showed the lowest value for that variable. For each $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$ was observed increments of 0.161 and $0.1604 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$ for the herbage production and herbage accumulation rates, respectively. There was quadratic response for green forage biomass, green leaf biomass, green culm biomass, forage total density, canopy height and alive/senescent material ratio reaching maximum values (5172.9, 4146.3, 1033.9 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cycle}^{-1}$; 179.1 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$, 36.8 cm, 4.0, respectively) for nitrogen levels of 896; 933.9; 797; 879.2; 751.4 and 1161 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$, respectively. For such variables was observed differences between the grazing cycles studied. The N levels provided increment to the variables: residual tiller population density, residual total herbage biomass, residual green herbage biomass, senescent herbage biomass, residual total herbage density and residual green herbage density. It was observed quadratic response for residual green stem herbage biomass and residual green stem density, reaching maximum values (1,014.4 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cycle}^{-1}$ and $67.9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$, respectively) for the N levels of 881 and $872.1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$, respectively. It was observed quadratic response for the leaf/culm residual ratio and residual biomass quality index, reaching minimum values (0.75; 23%, respectively) for the nitrogen fertilization levels of 707.6 and $679.3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$, respectively. The grazing cycles influenced the most variables analysed after grazing, except for the residual green herbage biomass, the residual alive/senescent relation and the residual green herbage density. The tiller appearance rate, survival rate and mortality rate, tiller biomass and vegetative tillers/senescent tillers relation was increased with the nitrogen fertilization levels, with the first two rates and tiller biomass ranging between the evaluation periods. There was quadratic response for tillers flowering rate, vegetative tillers population density and reproductive tillers population density reaching maximum values ($0.051 \text{ tillers}\cdot 100 \text{ tillers}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$; 4818 and $35 \text{ tillers}\cdot\text{m}^{-2}$, respectively) for nitrogen fertilization levels of 613.5; 993.5 and $623.9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$, respectively. For the flowering rate and reproductive tillers population density was observed differences between the evaluation periods. The nitrogen fertilization promotes positive responses on gas exchange and morphophysiology of massai grass, recommending application of this nutrient up to $934 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$. The grazing cycles promote little changes in the morphophysiological traits of massai grass, when a rigorous grazing management is adopted.

Keywords: Nitrogen fertilization. Canopy structure. Leaf Photosynthesis. *Panicum maximum* x *P. infestum*. Tillering.

LISTA DE FIGURAS

Páginas

Capítulo II

- Figura 1 Dados climáticos referentes ao período experimental, em Fortaleza - CE, no ano de 2009.....43
- Figura 2 Vista geral da área experimental com pastos de capim-massai no pré e pós-pastejo.....44
- Figura 3 Medição das trocas gasosas em pastos de capim-massai adubado com nitrogênio e pastejado por ovinos.....47

Capítulo III

- Figura 1 Dados climáticos referentes ao período experimental, em Fortaleza - CE, no ano de 2009.....59
- Figura 2 Identificação dos perfilhos de capim-massai com cores diferenciadas para posterior acompanhamento da morfogênese.....62

Capítulo IV

- Figura 1 Dados climáticos referentes ao período experimental, em Fortaleza - CE, no ano de 2009.....77
- Figura 2 Colheita da biomassa total pré-pastejo em capim-massai adubado com nitrogênio e pastejado por ovinos em lotação rotativa.....80
- Figura 3 Pasto de capim-massai na altura residual de saída dos animais do piquete.....80
- Figura 4 Fracionamento dos componentes da biomassa do capim-massai no pré-pastejo.....81

Capítulo V

- Figura 1 Dados climáticos referentes ao período experimental, em Fortaleza - CE, no ano de 2009.....102
- Figura 2 Contabilização dos perfilhos mortos e florescidos em cada geração e identificação dos novos perfilhos surgidos em pastagem de capim-massai adubado com nitrogênio e pastejado por ovinos.....105

LISTA DE TABELAS

Páginas

Capítulo II

- Tabela 1 Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, ao início da instalação do experimento.....44
- Tabela 2 Parâmetros fisiológicos em pastos de *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai adubado com nitrogênio e pastejado por ovinos em lotação rotativa.....48

Capítulo III

- Tabela 1 Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, ao início da instalação do experimento.....60
- Tabela 2 Características morfológicas em *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai adubado com nitrogênio e sob lotação rotativa com ovinos.....64
- Tabela 3 Produção e acúmulo de forragem em pastos de capim-massai adubado com nitrogênio e pastejado por ovinos em lotação rotativa.....68

Capítulo IV

- Tabela 1 Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, ao início da instalação do experimento.....78
- Tabela 2 Características estruturais em *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai adubado com nitrogênio e sob lotação rotativa com ovinos.....83
- Tabela 3 Componentes da biomassa em *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai adubado com nitrogênio e sob lotação rotativa com ovinos.....84
- Tabela 4 Estrutura e componentes da biomassa no pós-pastejo em pastos de capim-massai adubado com nitrogênio e pastejado por ovinos em lotação rotativa.....90
- Tabela 5 Densidade dos componentes da biomassa no pós-pastejo em pastos de capim-massai adubado com nitrogênio e pastejado por ovinos em lotação rotativa.....94

Capítulo V

Tabela 1 Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, ao início da instalação do experimento.....	103
Tabela 2 Dinâmica de perfilhamento em pastos de <i>Panicum maximum</i> x <i>P. infestum</i> cv. Massai adubado com nitrogênio e pastejado por ovinos em lotação rotativa.....	107
Tabela 3 Padrões de perfilhamento em pastos de <i>Panicum maximum</i> x <i>P. infestum</i> cv. Massai adubado com nitrogênio e pastejado por ovinos em lotação rotativa.....	111

1 INTRODUÇÃO

A produção de ruminantes em pastagens manejadas intensivamente tem sido explorada em frequência cada vez maior nos sistemas de produção do Brasil, reflexo da restrição constante ao desbravamento de novas áreas para o cultivo de forrageiras destinadas à alimentação animal. A intensificação da produção de forragem em pastagens tropicais com o propósito de alcançar elevada produtividade animal demanda monitoramento rigoroso da fertilidade do solo, no tocante à adoção de adubações de formação e de manutenção dos pastos, além da escolha de forrageiras com potencial de resposta ao manejo adotado. É fundamental ainda o acompanhamento da morfofisiologia da forrageira utilizada, visando uma produção de forragem em quantidade e qualidade, que garanta bom rendimento animal (produtividade de peso corporal ou de leite por área), com reflexo sobre a viabilidade econômica do sistema de produção.

A redução da produtividade dos pastos com conseqüente degradação das pastagens tem se mostrado presente e crescente a cada ano nos sistemas de produção de ruminantes. Entre os fatores responsáveis pela perda de vigor das forrageiras, redução da produtividade e degradação das pastagens, destaca-se a falta de manejo criterioso no tocante à fertilidade do solo, associado a um manejo deficiente do pastejo. A persistência, perenidade e alta produtividade com qualidade ao longo prazo nas pastagens tropicais demandam um manejo específico para a forrageira utilizada nas condições edafoclimáticas presentes em cada região do país.

O gênero *Panicum*, em especial a espécie *P. maximum* é reconhecida pela elevada produção de forragem e alta resposta à intensificação do sistema por meio da melhoria da fertilidade do solo e suprimento hídrico adequado. Dentre as cultivares da referida espécie, o capim-massai, um híbrido natural entre *Panicum maximum* x *P. infestum*, lançado em 2001 pela Embrapa Gado de Corte, destacou-se e atraiu a atenção de produtores nas diversas regiões do país. É uma gramínea promissora para uso intensivo, dada as características relevantes e apreciáveis da mesma, como alta produção de biomassa foliar, baixa produção de colmo, elevada relação lâmina foliar/colmo, alta capacidade de perfilhamento, boa cobertura de solo, entre outras. No entanto, por tratar-se de uma forrageira recente, com informações ainda incipientes no tocante às suas trocas gasosas e morfofisiologia, sob pastejo e manejada intensivamente, estudos dessa natureza fazem-se necessários.

No que tange à produção intensiva de forragem, o nitrogênio é o nutriente que desperta mais atenção dos pesquisadores, por ser aquele com maior influência sobre o crescimento e desenvolvimento vegetal, sendo a adubação nitrogenada prática de manejo relevante quando se busca incrementar a produção de forragem. Essa produção sob condições de campo é mais bem compreendida com estudos de trocas gasosas e morfofisiologia de plantas forrageiras sob pastejo, que contribui para o entendimento da interface planta-animal, gerando informações relevantes para a definição de estratégias de manejo das pastagens manejadas intensivamente.

Diante do exposto, conduziu-se esta pesquisa com o objetivo de estudar o capim-massai (*Panicum maximum* x *P. infestum* cv. Massai) submetido à adubação nitrogenada e manejado sob lotação rotativa com ovinos, por meio das seguintes avaliações: trocas gasosas; fluxo de biomassa; estrutura do dossel, componentes da biomassa no pré e pós-pastejo, densidade dos componentes no pós-pastejo e dinâmica de perfilhamento nas condições do Nordeste brasileiro.

2 CAPÍTULO I: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Adubação nitrogenada em plantas forrageiras: trocas gasosas

O nitrogênio proporciona respostas positivas sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo o nutriente que mais limita o crescimento das forrageiras (CHAPIN et al., 1987), tornando a adubação nitrogenada prática de manejo desejável para otimização do uso das pastagens (FONSECA et al., 2000). Tal mudança nos padrões de crescimento dos pastos reflete o efeito do nitrogênio sobre as trocas gasosas (POMPEU et al., 2010; LOPES et al., 2011b), índices de crescimento (SANTOS JÚNIOR et al., 2004; LOPES et al., 2011c), fluxo de biomassa, componentes da biomassa e estrutura do pasto (MAZZANTI et al., 1994; GARCEZ NETO et al., 2002; MARTUSCELLO et al., 2006; POMPEU et al., 2010; LOPES et al., 2011a).

O metabolismo do carbono no interior da célula está relacionado à circulação atmosférica por meio das trocas gasosas. Isso implica em troca de dióxido de carbono (CO_2) e oxigênio (O_2) entre o interior da planta e a atmosfera que a envolve. Nas trocas gasosas, durante a fotossíntese, a planta fixa CO_2 e libera O_2 , e nas trocas gasosas durante a respiração, a planta libera CO_2 e consome O_2 , revertendo assim as trocas desses gases (LARCHER, 2006). Quando do total de CO_2 fixado pela planta (fotossíntese bruta), uma parte excede ao gasto respiratório, tem-se a fotossíntese líquida positiva, que redundando na produção de biomassa (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O estudo das trocas gasosas nas plantas forrageiras, por meio de características como: taxa de transpiração da folha, temperatura da folha, taxa de fotossíntese foliar, concentração de dióxido de carbono na folha, condutância estomática, relação fotossíntese/transpiração (uso eficiente da água) e relação fotossíntese/condutância (uso eficiente da água intrínseca) (POMPEU et al., 2010; LOPES et al., 2011b). Além do índice relativo de clorofila, (LOPES et al., 2011b) permitem uma avaliação conjunta dos processos fisiológicos que estão ocorrendo no vegetal em resposta a fatores do meio e ao manejo.

O acúmulo de biomassa de forragem em plantas forrageiras é resultante de interações complexas de atributos genéticos e de ambiente e seus efeitos sobre os processos fisiológicos e sobre as características morfológicas das plantas (DA SILVA; PEDREIRA, 1997). Nesse contexto, a eficiência do dossel forrageiro na conversão da energia luminosa em

biomassa de forragem depende das taxas de fotossíntese de folhas individuais e dos padrões de interceptação luminosa do dossel (COOPER; WILSON, 1970).

O total de carbono fixado é determinado pela taxa fotossintética da folha (TAIZ; ZEIGER, 2009), resultante de fatores intrínsecos, idade (WOLEEDGE, 1971), e de fatores extrínsecos às folhas, como a irradiância, a água no solo, a temperatura do ar e os nutrientes (LARCHER, 2006).

No tocante à fertilidade do solo, destaca-se a atuação do nitrogênio no controle de diferentes processos de crescimento e desenvolvimento do vegetal, proporcionando incremento na biomassa em função do aumento na fixação de carbono (NABINGER, 2001). Assim, em condições de deficiência deste nutriente, a taxa fotossintética das plantas pode ser afetada diretamente, por meio de efeitos na síntese e atividade da enzima ribulose-1,5-bisfosfato-carboxilase-oxigenase, RUBISCO (MAKINO et al., 1984), responsável pela assimilação do CO₂.

Estudando as trocas gasosas em *Panicum maximum* cv. Aruana sob quatro doses de adubo nitrogenado (0; 125; 250 e 375 mg•dm⁻³ de solo), Pompeu et al. (2010) verificaram resposta linear crescente para a taxa de transpiração foliar (E), condutância estomática (gs), temperatura da folha (TFOL) e taxa de fotossíntese foliar (A), com estimativas de 2,40 a 3,79 μmol•m⁻²•s⁻¹ (E); 0,087 a 0,11 μmol•m⁻²•s⁻¹ (gs); 38,47 a 40,35 °C (TFOL) e 8,51 a 12,19 μmol•m⁻²•s⁻¹ (A) para as doses de nitrogênio de 0,0 e 375 mg•dm⁻³ de solo, respectivamente.

Em avaliação das trocas gasosas do *Panicum maximum* x *P. infestum* cv. Massai, Lopes et al. (2011b) também constataram incremento na taxa de fotossíntese foliar com a elevação nas doses de nitrogênio, sendo registrados valores de 6,38 a 10,33 μmol•m⁻²•s⁻¹ para as doses de nitrogênio de 0,0 e 600 mg•dm⁻³ de solo, respectivamente. Os autores verificaram que para cada miligrama de N•dm⁻³ adicionado, a taxa fotossintética foi incrementada em 0,0066 μmol•m⁻²•s⁻¹, revelando um aumento 61,9% na dose de 600 mg•dm⁻³ de solo em relação a ausência de adubação nitrogenada.

O efeito positivo do nitrogênio sobre a taxa fotossintética decorre do maior estímulo à atividade enzimática e da maior síntese da enzima RUBISCO, responsável pela fotossíntese, associado ao estímulo na taxa de transpiração foliar, que favorece a fotossíntese da planta (CABRERA-BOSQUET et al., 2009). Somado-se a isso, vale ressaltar a importância dos incrementos tanto na fase fotoquímica, como na fase bioquímica (TAIZ; ZEIGER, 2009). Na fotoquímica, provavelmente, ocorre melhoria na eficiência de captação da luz, pela maior síntese de clorofila “a” (VIEIRA et al., 2010), enquanto que, na fase

bioquímica, as maiores doses de nitrogênio podem favorecer maior biossíntese de proteínas e enzimas ligadas à fotossíntese.

Outra atuação importante do nitrogênio na planta é na síntese de clorofilas. Segundo Taiz e Zeiger (2009), as clorofilas são pigmentos responsáveis pela conversão da radiação luminosa em energia, sob a forma de ATP e NADPH, por essa razão, são estreitamente relacionadas com a eficiência fotossintética das plantas e, conseqüentemente, ao seu crescimento e adaptabilidade a diferentes ambientes. As clorofilas são constantemente sintetizadas e destruídas, cujos processos são influenciados por fatores internos e externos às plantas. Entre os fatores externos, os nutrientes minerais se destacam por integrarem a estrutura molecular das plantas, como também por atuarem em alguma etapa das reações que levam à síntese desses pigmentos.

A determinação indireta do teor de clorofila na folha, empregando-se o clorofilômetro, constitui ferramenta relevante na quantificação de nitrogênio (MENGEL; KIRKBY, 2001), pois estudos têm revelado a influência positiva da adubação nitrogenada sobre o índice relativo de clorofila nas forrageiras (ABREU; MONTEIRO, 1999; MATTOS; MONTEIRO, 2003; LAVRES JÚNIOR; MONTEIRO, 2006; COSTA et al., 2008; LOPES et al., 2011b).

Estudando espécies do gênero *Brachiaria*, Lavres Júnior e Monteiro (2006), verificaram aumento no teor de clorofila da folha com o incremento nas doses de nitrogênio, com correlações positivas entre o teor de clorofila e concentração de nitrogênio na folha. Em trabalho com *B. brizantha* cv. Marandu submetido a doses (0, 100, 200 e 300 kg•ha⁻¹•ano⁻¹) e fontes (sulfato de amônio e uréia) de nitrogênio, Costa et al. (2008) constataram que a dose de 300 kg de N•ha⁻¹•ano⁻¹ proporcionou os maiores teores de clorofila na folha para todos os anos do estudo, com valores de 44,23; 45,03 e 46,14 unidades SPAD para os pastos supridos com 300 kg N•ha⁻¹•ano⁻¹ nos anos de 2004, 2005 e 2006, respectivamente.

Avaliando o índice relativo de clorofila em *P. maximum* x *P. infestum* cv. Massai adubado com nitrogênio, Lopes et al. (2011b) observaram valores estimados de 17,6 a 25,4 unidades SPAD para as doses de N de 0,0 e 600 mg•dm⁻³ de solo, respectivamente, com essa variável revelando incremento de 44,4% na dose de N de 600 mg•dm⁻³ em relação à ausência de adubação nitrogenada.

2.2 Adubação nitrogenada em plantas forrageiras: metabolismo do nitrogênio

A essencialidade do nitrogênio para as plantas é justificada pela presença do referido nutriente na composição das mais importantes biomoléculas dos vegetais, valendo mencionar: ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas e inúmeras enzimas (HARPER, 1994). Em função da relevância comprovada do nitrogênio e da alta mobilidade do mesmo no solo, tem-se intensificado os estudos acerca deste nutriente, no sentido de se buscar a maximização da eficiência do seu uso. Nesse sentido, tem-se buscado minimizar as perdas do nitrogênio no solo, bem como aperfeiçoar a absorção e a metabolização do nitrogênio no interior do vegetal (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

A eficiência de utilização do nitrogênio refere-se ao grau de recuperação desse nutriente pelas culturas, considerando as perdas que geralmente acontecem no processo. Normalmente, de um total de nitrogênio aplicado na forma de fertilizante para suprir a demanda das culturas, menos de 50% é utilizado pela a planta. As perdas do nutriente no solo são devido aos inúmeros processos pelos quais o nitrogênio está sujeito. As principais formas de perda são: lixiviação de nitrato, volatilização de amônia e emissão de N_2 , N_2O e outros óxidos de nitrogênio (ANGHINONI, 1986). A eficiência na utilização do nitrogênio pela planta considera os aspectos de absorção e metabolização deste nutriente.

Antes que ocorra a absorção propriamente dita do nitrogênio pela cultura, é necessário um contato deste nutriente com o sistema radicular. Especificamente, para o nitrogênio, tal movimento do nutriente no solo é governado pelo fenômeno de fluxo de massa, responsável por mais de 99% do contato N-raiz. Isto depende, além da concentração do nutriente na solução do solo, do fluxo da água (solo-planta), que aumenta com o volume de água absorvido pela planta (taxa de transpiração). Dessa forma, para garantir o maior contato N-raiz e, conseqüentemente, maior absorção, é imperativo manter o solo em condição de umidade adequada. Logo após o contato N-raiz, tem-se o processo de absorção, onde predomina a absorção do N nas formas de amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) (PRADO, 2008).

Entretanto, é importante destacar que a forma de nitrato é predominante durante o processo de absorção, por ser a mais abundante na solução do solo, devido à alta atividade da microbiota do solo em desenvolver o processo de nitrificação. Dessa forma, a concentração de NO_3^- e NH_4^+ na solução do solo é de 100 a 50000 e 100 a 2000 $\mu\text{mol L}^{-1}$, respectivamente (BARBER, 1995). É significativo mencionar que o nitrogênio absorvido na forma de nitrato pode ser armazenado no vacúolo das células ou metabolizado, ao passo que o amônio

absorvido deve ser metabolizado em sua totalidade, pois não se acumula na planta, dada sua toxidez. No entanto, em proporções semelhantes no meio das duas formas de nitrogênio (NO_3^- e NH_4^+), verifica-se maior absorção de NH_4^+ , quando comparado à de NO_3^- , isto acontece, provavelmente, pelo fato desse cátion ser absorvido por meio de canal iônico, sem gasto energético direto, enquanto a absorção de NO_3^- , usualmente, requer quantidade apreciável de energia pelo transportador (PRADO, 2008).

O total de nitrogênio absorvido pelas plantas é dependente da disponibilidade do nutriente no solo e do crescimento e atividade do sistema radicular da cultura explorada. Em condições de baixa disponibilidade de nitrogênio, a absorção do referido nutriente depende, principalmente, da disponibilidade e distribuição do nitrogênio no solo e da distribuição do sistema radicular. Já no extremo superior de disponibilidade de nitrogênio, ou seja, em condições de alta disponibilidade, a absorção deste nutriente depende da taxa de crescimento da cultura, regulada internamente pelo vegetal (GASTAL; LEMAIRE, 2002).

A quantidade de nitrogênio absorvida varia durante o ciclo de desenvolvimento da cultura em função da quantidade de raízes e da taxa de absorção por unidade de peso de raiz (moles NO_3^- ou NH_4^+ h^{-1} g^{-1} raiz). De forma geral, essa quantidade eleva-se progressivamente durante o período de crescimento vegetativo, atinge o máximo nos estádios reprodutivos e se reduz na fase final do ciclo de desenvolvimento (CREGAN; BERKUM, 1984).

A assimilação do nitrogênio compreende os processos de redução do nitrato (NO_3^-) a amônio (NH_4^+) e a incorporação do amônio em aminoácidos. A taxa e a quantidade de nitrogênio assimilado pelas plantas durante o ciclo de desenvolvimento dependem da atividade das enzimas envolvidas no ciclo do nitrogênio e da disponibilidade de energia necessária para os processos de assimilação (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). A conversão do NO_3^- a NH_4^+ ocorre em um processo de redução que acontece em duas etapas e envolve 8 elétrons. Na primeira etapa, verifica-se a redução de NO_3^- para NO_2^- , com um consumo de dois elétrons, sendo esta reação catalisada pela enzima redutase do nitrato e, na segunda, o nitrito é convertido para amônia, pela redutase do nitrito, com um gasto de 6 elétrons (LEA, 1993).

A passagem de nitrato e amônio através da membrana plasmática das células da epiderme e do córtex da raiz ocorre através de transportadores específicos para essas formas de nitrogênio (LARSSON; INGEMARSSON, 1989, citado por BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). Após a entrada na célula, o NO_3^- pode ser reduzido a NO_2^- , no citosol,

através da enzima redutase do nitrato (RN) e, logo a seguir, convertido a amônio (NH_4^+) no plastídio, através da enzima redutase do nitrito (RNi) (CRAWFORD, 1995).

O amônio é, então, incorporado em aminoácidos pelas enzimas sintetase da glutamina (GS) e sintase do glutamato (GOGAT), formando glutamina (GLN), glutamato (GLU) e outros aminoácidos e seus metabólitos (CRAWFORD, 1995). A maior parte do amônio absorvido é incorporado em compostos orgânicos diretamente nas raízes, enquanto o nitrato é translocado para a parte aérea, podendo também ser estocado nos vacúolos das raízes e folhas (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

O nitrato acumulado no vacúolo pode ser considerado relevante no balanço cátion-ânion para a osmoregulação da planta. Contudo, para ser incorporado dentro das estruturas orgânicas e cumprir sua função como nutriente essencial para a cultura, o nitrato precisa ser reduzido a amônio. A relevância da redução e assimilação do nitrato na planta é similar ao da redução e assimilação de CO_2 na fotossíntese (MARSCHNER, 1995).

De modo alternativo, o NO_3^- e o NH_4^+ podem ser transportados por carregadores específicos através do tonoplasto e armazenados no vacúolo, para posteriormente serem reduzidos no citosol da mesma célula ou serem translocados inalterados para a parte aérea da planta. Nos colmos e folhas, o NO_3^- reduz-se a NO_2^- pela ação da enzima redutase do nitrato, e a amônio, através da enzima redutase do nitrito. O NH_4^+ é então incorporado em aminoácidos pelas enzimas GS e GOGAT. Estes elementos também são armazenados no vacúolo das células para posterior redução e utilização pelas as plantas (CRAWFORD, 1995, citado por BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

A redutase do nitrato (RN) é uma enzima citossólica, passível de indução pelo substrato (nitrato), sendo controlada por fatores genéticos, morfogênicos e hormonais, bem como por fatores ambientais, tais como intensidade luminosa, disponibilidade de nitrato e água (MARSCHNER, 1995).

Nos tecidos da parte aérea de plantas de metabolismo “ C_4 ”, a reação de redução de nitrato (NO_3^-) está acoplada à reação catalisada pela enzima NADH-malato desidrogenase. Nas raízes das plantas, as fontes de carbono e energia para a redução do nitrogênio são supridas pela fotossíntese, sendo que os carboidratos e ácidos orgânicos são transportados via floema, existindo uma estreita correlação entre os níveis de carboidratos e a capacidade dos tecidos da raiz de reduzir nitrato (MAGALHÃES, 1993a).

A redução da disponibilidade de nitrogênio para as plantas pode refletir em declínio na atividade fotossintética. Tal diminuição na taxa fotossintética é mais acentuada

nas plantas de metabolismo C_3 comparativamente as plantas C_4 , que são mais eficientes no uso fotossintético de nitrogênio. Em plantas C_3 , a enzima rubisco, responsável pela assimilação de carbono na fotossíntese, corresponde a mais de 50% do nitrogênio foliar. Porém, a assimilação do nitrogênio depende de ácidos orgânicos e do ATP e NADH, produzidos no catabolismo de carboidratos que ocorre durante a formação dos aminoácidos (PIMENTEL, 1995, citado por SABINO, 2003).

Dessa forma, o processo de assimilação do nitrogênio inorgânico é dependente da disponibilidade de energia e de esqueletos de carbono, provenientes da fotossíntese. Contudo, o processo fotossintético depende diretamente da atividade de proteínas e outros compostos nitrogenados, derivados do nitrogênio inorgânico. Nesse sentido, a harmonia entre os processos de metabolismo de carbono e nitrogênio é fundamental para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais em geral (SILVEIRA, 1993).

O processo de redistribuição do nitrogênio ocorre exclusivamente na forma de N-aminoácidos, uma vez que, na referida fase, todo o $N-NO_3^-$ já foi metabolizado. Tal processo de redistribuição ocorre basicamente no floema, e o N-aminoácido revela alta mobilidade, ou seja, significa que, se por qualquer razão for interrompido o processo de absorção e/ou transporte do nitrogênio, a planta tem a capacidade de mobilizar o nitrogênio presente nas folhas mais velhas para folhas novas ou outro órgão em crescimento que apresente alta demanda por este nutriente. Consequentemente, a planta que teve um suprimento de nitrogênio insuficiente, revelará primeiramente os sintomas de deficiência nas folhas mais velhas. Por conseguinte, conhecer os aspectos da redistribuição dos nutrientes nas plantas tem uma relevância prática comprovada, visto que é possível identificar, em campo, a sintomatologia, característica do nutriente em plantas deficientes (PRADO, 2008).

A absorção e assimilação de nitrogênio pelas plantas são processos multiregulados e integrados ao metabolismo geral do vegetal. A multiregulação do metabolismo do nitrogênio torna complexa a identificação de pontos metabólicos específicos que sejam mais limitantes para o aumento da produtividade das culturas. A fonte de nitrogênio e o local de assimilação podem ser importantes, especialmente em condições de crescimento nas quais a disponibilidade de energia é limitante (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

Nesse contexto, para maximizar a conversão do nutriente aplicado em produção de biomassa de forragem necessita-se satisfazer às exigências nutricionais das plantas, ou seja, atender, em termos quantitativos aos macro e micronutrientes em todos os estádios de crescimento/desenvolvimento da forrageira para atingir a produção de forragem almejada.

Vale ressaltar, que cada espécie forrageira apresenta exigência nutricional específica que garantirá maior conversão em produção de biomassa, desde que não aconteça qualquer desordem nutricional, seja por deficiência, seja por excesso (PRADO, 2008).

2.3 Adubação nitrogenada em plantas forrageiras: morfofisiologia

As alterações nas trocas gasosas das gramíneas forrageiras em resposta ao suprimento de nitrogênio (POMPEU et al., 2010; LOPES et al., 2011b), proporcionam modificações positivas na morfofisiologia da planta, incluindo incremento nas taxas de aparecimento e alongamento foliar (GARCEZ NETO et al., 2002; ALEXANDRINO et al., 2004; MARTUSCELLO et al. 2005; FAGUNDES et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2007; PATÊS et al., 2007; SILVA et al., 2009; POMPEU et al., 2010), no número de folhas (ALEXANDRINO et al., 2004; MARTUSCELLO et al. 2005; PATÊS et al., 2007; ALVES et al., 2008; LOPES et al., 2011a), no comprimento da lâmina foliar (ALEXANDRINO et al., 2004; MARTUSCELLO et al. 2005; PATÊS et al., 2007) e na área foliar (MARTUSCELLO et al. 2005). Além disso, ressalta-se o efeito do nitrogênio sobre a densidade populacional de perfilhos (ALEXANDRINO et al., 2004; PATÊS et al., 2007; LOPES et al., 2011a) e alongamento das hastes (ALVES et al., 2008; POMPEU et al., 2010), fatores de relevância na produção de biomassa e no valor nutritivo das plantas forrageiras, tornando-se nutriente fundamental na elevação de índices zootécnicos nos sistemas de produção (CORSI, 1994).

Em estudo conduzido por Garcez Neto et al. (2002) com *Panicum maximum* cv. Mombaça submetido a doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 200 mg•dm⁻³), os autores verificaram incremento de 104% na taxa de aparecimento foliar para a dose de 200 mg•dm⁻³ em relação à ausência de adubação nitrogenada, ratificando o efeito desse nutriente sobre as características morfogênicas das plantas forrageiras.

No estudo de Alexandrino et al. (2004), trabalhando com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em vasos, adubada com três doses de nitrogênio (0, 20 e 40 mg•dm⁻³ de solo) e oito idades de colheita (0, 2, 4, 8, 16, 24, 32 e 48 dias), verificaram resposta positiva para a taxa de aparecimento foliar em função das doses de N. Em pesquisa avaliando as características morfogênicas e estruturais de duas espécies de braquiária (*Brachiaria brizantha* e *B. decumbens*) adubadas com diferentes doses de nitrogênio (0, 75, 150 e 225 mg•dm⁻³), Silva et al. (2009) constataram influência do nitrogênio sobre a taxa de aparecimento foliar, que foi superior na dose de 169 mg•dm⁻³ de solo (0,15 folha•dia⁻¹•perfilho⁻¹).

Estudando os índices morfofisiológicos do *Panicum maximum* cv. Aruana submetido a doses de nitrogênio (0; 125; 250 e 375 mg N•dm⁻³ de solo), Pompeu et al. (2010) verificaram resposta linear crescente para a taxa de alongamento foliar (TAIF), taxa de alongamento das hastes (TAIH) e taxa de senescência foliar posterior (TSFP), com valores estimados de 1,51 a 2,56 cm•perf⁻¹•dia⁻¹(TAIF); 0,02 a 0,095 cm•perf⁻¹•dia⁻¹(TAIH) e 0,05 a 0,31 cm•perf⁻¹•dia⁻¹(TSFP) para as doses de N de 0,0 e 375 mg•dm⁻³ de solo, respectivamente.

Conforme Skinner e Nelson (1995), a zona de alongamento celular é um local ativo de grande demanda de nutrientes, principalmente nitrogênio (N), e onde ocorre a maior deposição do mesmo. Na zona de divisão celular encontra-se maior acúmulo de nitrogênio (GASTAL; NELSON, 1994), estando aí a justificativa para este nutriente influenciar diretamente a TAIF, através do aumento do número de células. Pouco N é depositado fora da zona de alongamento celular, indicando que a síntese da RUBISCO depende desse acúmulo de nitrogênio na zona de divisão celular, ou seja, o potencial fotossintético da planta determina-se no início do período de alongamento das folhas, portanto, déficits de nitrogênio podem comprometer a eficiência fotossintética futura (SKINNER; NELSON, 1995).

Dessa forma, fica evidente que a disponibilidade de nitrogênio tem pronunciado efeito sobre a TAIF e isso pode resultar em valores três a quatro vezes menores em situações de elevada deficiência, quando comparado a um nível não limitante (GASTAL et al., 1992). Em trabalho com *Panicum maximum* cv. Mombaça adubado com nitrogênio, Garcez Neto et al. (2002) constataram aumento médio de 52; 92 e 133% na TAIF para as doses de N de 50; 100 e 200 mg•dm⁻³, respectivamente, em relação a ausência de nitrogênio.

Em estudo conduzido por Oliveira et al. (2007), com *Panicum maximum* cv. Tanzânia submetido a adubações nitrogenada, fosfatada e potássica (combinações NP, NK e NPK), os autores constataram que na combinação NP, a taxa de alongamento foliar (TAIF) foi 63% maior em relação à ausência de adubo e, nas combinações com N e K, esse aumento foi de até 142%. No entanto, independentemente da associação (NP, NK ou NPK), o efeito do nitrogênio foi bastante expressivo, pois proporcionou aumento médio de 90% na TAIF.

Em pesquisa com *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés submetido à adubação nitrogenada, Martuscello et al. (2005) observaram incrementos de até 37% na taxa de alongamento foliar para a dose mais elevada (120 mg•dm⁻³) em relação às plantas não supridas com nitrogênio.

Nesse contexto, destaca-se a relevância do estudo da taxa de alongamento foliar em pesquisas com plantas forrageiras, por tratar-se, conforme Horst et al. (1978), da variável

morfogênica que, isoladamente, mais se correlaciona diretamente com a produção de biomassa de forragem.

A produtividade das gramíneas forrageiras decorre da contínua emissão de folhas e perfilhos, processo de suma relevância para a restauração da área foliar após corte ou pastejo e que garante perenidade ao pasto. Os processos de formação e desenvolvimento das folhas são fundamentais para o incremento em biomassa, dado o papel das folhas na fotossíntese, ponto de partida para a formação de novos tecidos (GOMIDE; GOMIDE, 2000).

Dentre os componentes estruturais do dossel forrageiro destacam-se o comprimento final das folhas, a densidade populacional de perfilhos e o número de folhas vivas por perfilho (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996) que, em última análise, determinam o índice de área foliar do pasto (SBRISSIA; DA SILVA, 2001). Além desses, menciona-se outras características estruturais como: relação lâmina foliar:colmo, relação material vivo:morto, densidade total de forragem, densidade de folhas verdes e altura dossel, que interferem na produção e no consumo de forragem pelos animais em pastejo, sendo tais componentes estruturais do pasto influenciados de forma considerável pela adubação nitrogenada (ALEXANDRINO et al., 2004; MARTUSCELLO et al. 2005; PATÊS et al., 2007; ALVES et al., 2008; POMPEU et al., 2010; LOPES et. al, 2011a).

Nos estudos de produção de forragem é relevante uma análise fracionada dos componentes da biomassa de forragem total, a saber: biomassa de forragem verde, de lâmina foliar verde, de colmo verde e de forragem morta, dada a importância de cada componente em termos quantitativos e sobre a qualidade da forragem produzida. O nitrogênio, pelo seu efeito sobre a morfogênese das forrageiras (GARCEZ NETO et al., 2002; MARTUSCELLO et al., 2006; POMPEU et al., 2010), exerce respostas positivas para a produção total de forragem e seus componentes (FERNANDEZ et al., 1989; CORSI, 1994; NABINGER, 1997; GRANO et al., 2005; BONFIM-SILVA; MONTEIRO, 2006; POMPEU et al., 2010; LOPES et al., 2011), evidenciando o efeito benéfico da adubação nitrogenada, no que tange ao incremento de biomassa de forragem na pastagem.

Estudando o *P. maximum* x *P. infestum* cv. Massai manejado com diferentes doses de adubo nitrogenado, Martuscello et al. (2006) constataram que a relação lâmina foliar/colmo foi influenciada tanto pelo nitrogênio quanto pela frequência de desfolhação. Os autores inferiram que o alongamento de hastes no capim-massai, com conseqüente incremento em biomassa de colmo não foram suficientes para comprometer a relação lâmina foliar/colmo,

pois a produção de lâmina foliar também respondeu linearmente à medida que a adubação nitrogenada foi incrementada.

No estudo de Bonfim-Silva e Monteiro (2006) avaliando a aplicação de nitrogênio e enxofre em pastagem degradada de *Brachiaria decumbens*, os autores verificaram que as doses de nitrogênio estudadas foram determinantes para a produção de biomassa das lâminas foliares e dos colmos da referida gramínea. Comportamento semelhante foi constatado por Grano et al. (2005), que observaram incremento na produção de biomassa da *Brachiaria decumbens* à medida que as doses de nitrogênio foram aumentadas e combinadas com doses de enxofre.

Em trabalho realizado por Pompeu et al. (2010) com *Panicum maximum* cv. Aruana submetido a doses crescentes de nitrogênio, os autores verificaram resposta linear positiva para as produções de biomassa forragem total (BFT), de forragem verde (BFV) e de forragem morta (BFM), estimadas em 20,04 e 34,29 g•vaso⁻¹ de BFT; 16,97 e 30,47 g•vaso⁻¹ de BFV; 3,07 e 4,05 g•vaso⁻¹ de BFM, para as doses 0,0 e 375 mg N•dm⁻³ de solo, respectivamente, com um incremento de 71,1% (BFT); 79,5% (BFV) e 31,7% (BFM) para a dose de N de 375 mg•dm⁻³ de solo em relação à ausência de adubação nitrogenada.

Comportamento semelhante ao verificado por Pompeu et al. (2010), foi constatado por Lopes et al. (2011a) em estudo com *P. maximum* x *P. infestum* cv. Massai adubado com nitrogênio durante três ciclos de crescimento (estabelecimento, rebrotação 1 e rebrotação 2), ao fim dos quais os autores verificaram produções de biomassa de forragem verde (BFV) e de lâmina foliar verde (BLV), estimadas em 15,7 a 26,7 g•vaso⁻¹ de BFV (estabelecimento); 9,2 a 31,9 g•vaso⁻¹ de BFV (rebrotação 1); 3,5 a 29,0 g•vaso⁻¹ de BFV (rebrotação 2) e 14,9 a 24,1 g•vaso⁻¹ de BLV (estabelecimento); 9,2 a 35,5 g•vaso⁻¹ de BLV (rebrotação 1) e 3,7 a 27,9 g•vaso⁻¹ de BLV (rebrotação 2) para as doses de N de 0 e 600 mg•dm⁻³ de solo, respectivamente, com incremento na BLV de 61,7% (estabelecimento), 231,5% (rebrotação 1) e 654,1% (rebrotação 2) para a dose de N de 600 mg•dm⁻³ de solo em relação a não aplicação do referido nutriente.

Em pastagens manejadas intensivamente, a adubação nitrogenada é prática fundamental quando se busca incrementar a produção de biomassa de forragem, em função do nitrogênio presente no solo, resultante da mineralização da matéria orgânica, derivada do complexo solo-planta-animal, não ser suficiente para gramíneas forrageiras de alta produção maximizarem seu potencial (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003).

A densidade populacional de perfilhos e a taxa de crescimento por perfilho definem a produção de forragem em uma pastagem (GRANT et al., 1988). Dessa forma, a natalidade de perfilhos deve ser sempre estimulada, principalmente em períodos nos quais ocorram grandes mortalidades, a fim de garantir perenidade e produtividade à pastagem. A produção de novos perfilhos é, normalmente, um processo contínuo, podendo ser acelerado pela desfolhação e conseqüente melhoria da luminosidade na base do dossel.

Perfilhos individuais têm duração de vida limitada e variável em função de fatores bióticos e abióticos, de modo que a sua população pode ser mantida por uma contínua reposição dos perfilhos mortos. Esse comportamento é ponto chave para a perenidade das gramíneas forrageiras (GARCEZ NETO et al., 2002). De acordo com Kemp e Culvornor (1994), a persistência de pastagens de gramíneas perenes é dependente da manutenção de adequada densidade populacional de perfilhos em crescimento ou de pontos de crescimento que regeneram novos perfilhos.

A disponibilidade de nutrientes no solo influencia a dinâmica do perfilhamento das plantas forrageiras. Dentre os nutrientes, destaca-se o nitrogênio, com seu efeito positivo sobre a demografia de perfilhamento das forrageiras (MORAIS et al., 2006; CAMINHA et al., 2010). Em estudo realizado por Alexandrino et al. (2004) com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a três doses de nitrogênio (0; 20 e 40 mg•dm⁻³•semana⁻¹), os autores verificaram que ao longo da rebrotação o perfilhamento foi de 0,01; 1,4 e 2,25 perfilhos•dia⁻¹ para 0; 20 e 40 mg•dm⁻³•semana⁻¹, respectivamente.

De acordo com Oliveira et al. (2007), resposta positiva do perfilhamento das forrageiras à adubação nitrogenada pode estar associada ao estímulo do nitrogênio no crescimento e na multiplicação de células vegetais, uma vez que esse nutriente constitui as proteínas e os ácidos nucléicos celulares. De acordo com Nabinger (1996), o déficit de nitrogênio aumenta o número de gemas dormentes, enquanto o suprimento adequado permite o máximo perfilhamento.

O nitrogênio promove a ativação de gemas dormentes, conforme abordaram Garcez Neto et al. (2002) e Martuscello et al. (2006), potencializando a ocupação de espaço (MATTHEW et al., 2000), e assim, favorecendo as taxas de aparecimento e mortalidade de perfilhos na pastagem. Maior aparecimento e mortalidade geram maior renovação da população de plantas, o que pode estabilizar ou até elevar a densidade populacional, com maior proporção de novos perfilhos no pasto, condição favorável ao incremento em produtividade (MORAIS et al., 2006).

Conforme Matthew et al. (2000), o processo de perfilhamento nas forrageiras é um relevante mecanismo de ajuste e otimização do índice de área foliar do pasto, que atua na rebrotação da planta após desfolhação e interfere na produção de biomassa de forragem (LOO et al., 1992). Dessa forma, qualquer fator que estimule a produção de perfilhos, incrementa o crescimento do pasto (HIRATA; PAKIDING, 2003). O nitrogênio eleva a taxa de aparecimento de perfilhos na pastagem (MORAIS et al., 2006), o que evidencia a existência de uma população de plantas constantemente renovada, com um pasto de maior potencial produtivo (GARCEZ NETO et al., 2002; FAGUNDES et al., 2005), já que os novos perfilhos apresentam maior capacidade de resposta aos estímulos do meio (BULLOCK et al., 1994).

Outro componente relevante da estrutura do pasto que vale ser mencionado, diz respeito à densidade da forragem no perfil do dossel, podendo esta ser influenciada positivamente pela adubação nitrogenada (FAGUNDES et al. 2006; LOPES et al., 2011a). De acordo com Mazzanti et al. (1994), a adubação nitrogenada é uma estratégia de manejo que permite incrementar a densidade volumétrica de forragem e, sobretudo, a produção de folhas no perfil da pastagem, pois o nitrogênio tem efeito significativo sobre a taxa de aparecimento e alongamento de folhas nas gramíneas forrageiras.

No estudo de Fagundes et al. (2006) com *Brachiaria decumbens* adubado com nitrogênio (75, 150, 225 e 300 kg•ha⁻¹•ano⁻¹) nas quatro estações do ano (verão, outono, inverno e primavera), verificaram que a densidade volumétrica média foi de 226 kg•ha⁻¹•cm⁻¹ de MS, com amplitude de 98,7 a 284,4 kg•ha⁻¹•cm⁻¹ de MS quando as doses de nitrogênio variaram de 75 a 300 kg•ha⁻¹•ano⁻¹. Os autores atribuíram a maior densidade de forragem nas maiores doses de nitrogênio ao efeito desse nutriente sobre a manutenção de elevada população de perfilhos vivos na pastagem.

Em estudo com *P. maximum* x *P. infestum* cv. Massai adubado com nitrogênio durante três ciclos de crescimento (estabelecimento, rebrotação 1 e rebrotação2), Lopes et al. (2011a) estimaram densidades totais de forragem de 0,64 a 1,25 g MS g•vaso⁻¹•cm⁻¹ (estabelecimento); 0,38 a 1,90 g MS g•vaso⁻¹•cm⁻¹ (rebrotação 1) e 0,10 a 1,52 g MS g•vaso⁻¹•cm⁻¹ (rebrotação 2) nas doses de N de 0 e 600 mg•dm⁻³ de solo, respectivamente, com incremento de 94,4% (estabelecimento), 396,1% (rebrotação 1) e 1405,0% (rebrotação 2) para a dose de nitrogênio de 600 mg•dm⁻³ de solo em relação à ausência desse nutriente.

Diante do exposto, fica ratificada a relevância da adubação nitrogenada para a exploração intensiva das pastagens, dado o efeito benéfico do nitrogênio sobre as características morfofisiológicas das gramíneas forrageiras. Entretanto, a magnitude de

resposta das plantas ao referido nutriente varia conforme a espécie forrageira explorada, a dose de nitrogênio utilizada, a fonte, a forma de aplicação do fertilizante, o meio de utilização da forragem (corte ou pastejo), o tipo e a textura do solo e com as condições climáticas, antes, durante e depois da aplicação do adubo nitrogenado (MARTHA JÚNIOR et al., 2002), justificando a realização de mais estudos que busquem uma avaliação conjunta das trocas gasosas e da morfofisiologia das forrageiras em pastagens manejadas intensivamente com elevadas doses de adubo nitrogenado.

REFERÊNCIAS

- ABREU, J. B. R.; MONTEIRO, F. A. Produção e nutrição do capim-marandu em função de adubação nitrogenada e estádios de crescimento. **Boletim de Indústria Animal**, v. 56, p. 37-146, 1999.
- ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO JÚNIOR., D.; MOSQUIM, P. R. et al. Características morfológicas e estruturais na rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a três doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1372-1379, 2004.
- ALVES, J. S.; PIRES, A. J. V.; MATSUMOTO, S. N. et al. Características morfológicas e estruturais da *Brachiaria decumbens* stapf. submetida a diferentes doses de nitrogênio e volumes de água. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2008.
- ANGHINONI, I. Adubação nitrogenada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: SANTANA, M. B. M. **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1986. Cap.I. p. 1-18.
- BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1995. 414p.
- 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**, v. 35, n. 4, p. 1289-1297, 2006.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.
- BULLOCK, J. M.; MORTIMER, A. M.; BEGON, M. Physiological integration among tillers of *Holcus lanatus*: age dependence and responses to clipping and competition. **New Phytologist**, v. 128, p.737-747, 1994.
- CAMINHA, F. O.; DA SILVA, S. C.; PAIVA, A. J. et al. Estabilidade da população de perfilhos de capim-marandu sob lotação contínua e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 2, p. 213-220, 2010.
- CHAPIN, F. S.; BLOOM, A. J.; FIELD, C. B. et al. Plant response to multiple environmental factors. **BioScience**, v. 37, p. 49-57, 1987.
- COOPER, J. P.; WILSON, D. Variation in photosynthetic rate in *Lolium*. In: INTERNATIONAL GRASSLANDS CONGRESS, 11., 1970, Surfers Paradise. **Proceedings...** Surfers Paradise: University of Queensland Press, 1970. p. 522-527.
- CORSI, M. Adubação nitrogenada das pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds.). **Pastagens: Fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2.ed. 1994, p. 121-153.

- COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P. et al. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu. II – nutrição nitrogenada da planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1601-1607, 2008.
- CRAWFORD, N. M. Nitrate: nutrient and signal for plant growth. **The Plant Cell**, v. 7, p. 859-868, 1995.
- CREGAN, P. B.; BERKUM, P. Genetics of nitrogen metabolism and physiological/biochemical selection for increased grain crop productivity. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 67, p. 97-111, 1984.
- DA SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S. Princípios de ecologia aplicados ao manejo da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMA DE PASTAGENS, 3., Jaboticabal, 1997. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1997. p.1-62.
- FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A. et al. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 397-403, 2005.
- FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; MISTURA, C. et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 21-29, 2006.
- FERNANDEZ, D.; PARETAS, J. J.; FONSECA, E. Influencia de la fertilización con nitrogeno y la frecuencia de corte en bermuda cruzada 1 (coast-cross 1) con riego e sin el. 1. Rendimiento e economia. **Pastos y Forrajes**, v. 12, n. 1, p. 41-55, 1989.
- FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; FAGUNDES, J. L. et al. **Formação e manejo de pastagens**. 2000. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
- GARCEZ NETO, A. F.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; REGAZZI, A. J. et al. Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p. 1890-1900, 2002.
- GASTAL, F.; BELANGER, G.; LEMAIRE, G. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. **Annals of Botany**, v. 70, p. 437-442, 1992.
- GASTAL, F.; LEMAIRE, G. N. Uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, p. 789-799, 2002.
- GASTAL, F.; NELSON, C. J. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. **Plant Physiology**, v. 105, p. 191-197, 1994.
- GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A. Morfogênese de Cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 341-348, 2000.
- GRANO, F. G.; HEINRICH, R.; GUIMARÃES, F. B. et al. Doses de nitrogênio e enxofre na produção de *Brachiaria decumbens*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. **Anais...** SBZ, 2005. 1 CD-ROM.

GRANT, S. A.; BARTHAM, G. T.; TORVEL, L. Comparison of herbage production under continuous stocking and intermittent grazing. **Grass and Forage Science**. v. 43, n. 1, p. 29-39, 1988.

HIRATA, M.; PAKIDING, W. Responses of bahiagrass to nitrogen and defoliation. **Journal of Range Management**, v. 56, p. 608-615, 2003.

HORST, G. L.; NELSON, C. J.; ASAY, K. H. Relationship of leaf elongation to forage yield of tall fescue genotypes. **Crop Science**, Madison, v. 18, n. 5, p. 715-719, 1978.

KEMP, D. R.; CULVENOR, R. A. Improving the grazing and drought tolerance of temperate perennial grasses. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.37, p.365-378, 1994.

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.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Editora RiMa, 2006. 550p.

LARSSON, C. M.; INGEMARSSON, B. Molecular aspects of nitrate uptake in higher plants. In: WRAY, J. L.; KINGHORN, J. R. **Molecular and genetics aspects of nitrate assimilation**. Oxford : Oxford Science, 1989. Chapt.1. p. 3-14.

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

LEA, P. J. Nitrogen metabolism. In: LEA, P. J.; LEEGOOD, R. C. **Plant biochemistry and molecular biology**. Chichester: John Wiley and Sons, 1993. Chapt.7. p. 155-180.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. F. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.). **The ecology and management of grazing systems**. Oxon: CAB International. 1996. p. 3-36.

LOO, E. N. van; SCHAPENDONK, A. H. C. M.; VOS, A. L. F. de. Effects of nitrogen supply on tillering dynamics and regrowth of perennial ryegrass populations. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v. 40, p. 381-400, 1992.

LOPES, M. N.; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F. et al. Biomass components in Massai grass during establishment and regrowth under five nitrogen fertilization levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 8, p. 1629-1637, 2011a.

LOPES, M. N.; LACERDA, C. F.; CÂNDIDO, M. J. D. et al. Gas exchange in massai grass under five nitrogen fertilization levels during establishment and regrowth. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 9, p. 1862-1869, 2011b.

LOPES, M. N.; POMPEU, R. C. F. F.; CÂNDIDO, M. J. D. et al. Growth index in massai grass under different levels of nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 12, p. 2666-2672, 2011c.

- MAGALHÃES, A. C. N. Enzimas da assimilação de N: processos de redução de nitratos em plantas superiores. In: FERNANDES, M. S.; ROSSIELLO, R. O.; DOBEREINER, J. et al. (Eds.). **Anais...** I Simpósio Brasileiro sobre N em Plantas. p. 127-167, 1993.
- MAKINO, A.; MAE, T.; OHIRA, K. Relation between nitrogen and ribulose 1,5-biphosphate carboxylase in rice leaves from emergence through senescence. **Plant Cell Physical**, v. 25, p. 429-37, 1984.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Academic press. 2ª edição, 1995.
- 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).
- MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; JÚNIOR, D. N. et al. Características morfológicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 665-671, 2006.
- MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR., D. et al. Características morfológicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1475-1482, 2005.
- MATTHEW, C.; ASSUERO S.G.; BLACK C.K. et al. Tiller dynamics in grazed swards. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, H. et al. (Eds.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology of natural grasslands**. Wallingford: CAB International, 2000. p.109-133.
- MATTOS, W. T.; MONTEIRO, F. A. Produção e nutrição de capim-braquiária em função de doses de nitrogênio e enxofre. **Boletim de Indústria Animal**, v. 60, p. 1-10, 2003.
- MAZZANTI, A.; LEMAIRE, G.; GASTAL, F. The effect nitrogen fertilization upon herbage production of tall fescue sward continuously grazed with sheep. 1 – Herbage growth dynamics. **Grass and forage Science**, v. 49, p. 111-120, 1994.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition**. 5.ed. Dordrecht/Boston/London, Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.
- MORAIS, R. V.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. et al. Demografia de perfilhos basilares em pastagem de *Brachiaria decumbens* adubada com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 380-388, 2006.
- NABINGER, C. Princípios da Exploração Intensiva de Pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., Piracicaba, 1997. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 213-272.
- NABINGER, C.; PONTES, L. S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba, 2001. **Anais...**Piracicaba: SBZ, 2001. CD ROM.

OLIVEIRA, A. B.; PIRES, A. J. V.; NETO, U. M. et al. Morfogênese do capim-tanzânia submetido a adubações e intensidades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 1006-1013, 2007.

PATÊS, N. M. S.; PIRES, A. J. V.; DA SILVA, C. C. F. et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-tanzânia submetido a doses de fósforo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1736-1741, 2007.

POMPEU, R. C. F. F.; CÂNDIDO, M. J. D.; LOPES, M. N. et al. Características morfofisiológicas do capim-aruana sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 4, p. 1187-1210, 2010.

PRADO, R. M. **Manual de Nutrição de Plantas Forrageiras**. Editora Funep, 2008. 500p.

SABINO, D. C. C. **Metabolismo de nitrogênio em plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) em associação com bactérias diazotróficas endofíticas**. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, 2003. 52p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - UFRRJ, 2003.

SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; MONTEIRO, F. A.; JUNIOR, J. L. Análise de Crescimento do Capim-Marandu Submetido a Doses de Nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1985-1991, 2004.

SBRISSIA, A. F.; SILVA, S. C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 731-754.

SILVEIRA, J. A. G. Relações entre metabolismo de C e N: Fixação não fotossintética de CO₂ e assimilação de N inorgânico. In: MAGALHÃES, A. C. N. Enzimas da assimilação de N: processos de redução de nitratos em plantas superiores. In: FERNANDES, M.S.; ROSSIELLO, R. O.; DOBEREINER, J. et al. (Eds.). **Anais...** I Simpósio Brasileiro sobre N em Plantas. p. 127-167, 1993.

SKINNER, R. H.; NELSON, C. J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 1, p. 4-10, 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Editora Artmed, 2009. 848p.

VIEIRA, D. A. P.; PORTES, T. A.; STACCIARINI-SERAPHIN, E. et al. Fluorescência e teores de clorofilas em abacaxizeiro cv. Pérola submetido a diferentes concentrações de sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 360-368, 2010.

WOLEDGE, J. The effect of light intensity during growth on the subsequent rate of photosynthesis of leaves of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb). **Annals of Botany**, v. 35, n. 140, p. 311-322, 1971.

3 CAPÍTULO II: TROCAS GASOSAS EM CAPIM-MASSAI ADUBADO COM NITROGÊNIO E PASTEJADO POR OVINOS

RESUMO

Objetivou-se avaliar as trocas gasosas e a produção de forragem no capim-massai submetido a crescentes doses de nitrogênio (controle - sem nitrogênio; 400; 800 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹) e sob lotação rotativa com ovinos, num delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo. As variáveis: condutância estomática, taxa de fotossíntese foliar, concentração interna de CO₂, relação fotossíntese/transpiração, índice relativo de clorofila e índice de suficiência de nitrogênio responderam de forma linear crescente ao incremento nas doses de nitrogênio. Verificou-se aumento de 92,3% na taxa de fotossíntese para a dose de N de 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹ em relação à ausência de nitrogênio. A temperatura da folha e a relação fotossíntese/condutância foram reduzidas com o aumento nas doses de nitrogênio. A adubação nitrogenada proporcionou resposta quadrática com ponto de máximo sobre a taxa de transpiração foliar. A adubação nitrogenada favorece as trocas gasosas em capim-massai até a última dose estudada.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada. Índice relativo de clorofila. Fotossíntese foliar. *Panicum maximum* x *P. infestum*.

GAS EXCHANGE IN MASSAI GRASS FERTILIZED WITH NITROGEN AND GRAZED BY SHEEP

ABSTRACT

To evaluate the gas exchange of massai grass under increasing nitrogen fertilization levels (control - without nitrogen fertilizer; 400; 800 and 1200 kg•ha⁻¹•year⁻¹) in a completely randomized design with measurements repeated in time, this trial was carried out. The variables: stomatal conductance, leaf photosynthesis rate, leaf carbon dioxide concentration, photosynthesis/transpiration ratio, chlorophyll relative index and nitrogen sufficiency index revealed positive linear response to the nitrogen fertilization. The nitrogen fertilization level of 1200 kg•ha⁻¹•year⁻¹ presented increment of 92.3% on leaf photosynthesis rate in relation to the control. The leaf temperature and photosynthesis/conductance ratio were reduced with increasing of nitrogen levels. The leaf transpiration revealed quadratic response with maximum point with increasing of levels nitrogen. The nitrogen fertilization favor the gas exchange in massai grass until the last level studied.

Keywords: Nitrogen fertilization. Chlorophyll relative index. Leaf photosynthesis. *Panicum maximum* x *P. infestum*.

3.1 INTRODUÇÃO

A maximização da produção de biomassa nas forrageiras reflete as condições adequadas de meio e manejo, estando neste último incluído o fator fertilidade do solo, em especial o suprimento de nitrogênio, dada a relevância deste nutriente para o crescimento vegetal. A demanda de nitrogênio pela planta para o máximo rendimento em produção de biomassa de forragem reflete a participação do referido nutriente como constituinte essencial de proteínas e pigmentos, tendo grande influência sobre os processos fisiológicos da planta, participando diretamente de inúmeras etapas da fotossíntese (captação de luz, fixação do dióxido de carbono etc.), bem como de inúmeros outros processos metabólicos da planta (CABRERA-BOSQUET et al., 2009).

A intensificação da produção de ruminantes em pastagens prioriza o uso de forrageiras com características morfofisiológicas capazes de responder eficientemente ao manejo adotado, em especial o uso de fertilizantes, que contribuem notavelmente para o incremento de biomassa de forragem. Dessa forma, o capim-massai, oriundo do cruzamento natural entre as espécies *Panicum maximum* × *P. infestum*, revela características importantes no tocante aos parâmetros produtivos, destacando-se na referida gramínea a baixa produção de colmos, o elevado perfilhamento, alta capacidade de rebrotação após o pastejo, elevada produção de biomassa foliar com larga relação folha/colmo, além de promover boa cobertura de solo.

Quando do total de dióxido de carbono (CO₂) fixado pela planta (fotossíntese bruta), uma parte excede ao gasto respiratório, tem-se a fotossíntese líquida que redundará na produção de biomassa. Estudos avaliando as trocas gasosas em forrageiras possibilitam a quantificação da resposta da planta em termos de concentração interna de CO₂ na folha, condutância estomática, fotossíntese foliar entre outros, em função da disponibilidade dos fatores abióticos, constituindo parâmetros essenciais para expressão do potencial de produção de biomassa da forrageira utilizada.

Pesquisas avaliando as trocas gasosas em plantas forrageiras manejadas intensivamente com adubação nitrogenada e sob pastejo são essenciais para melhor entendimento de como ocorre o processo de produção de biomassa nas pastagens. Ademais, são essenciais também para o estabelecimento de doses de adubação que sinalizem a máxima eficiência biológica da forrageira, dada a relevância dos processos fisiológicos para o crescimento e consequente acúmulo de forragem na pastagem. Porém, estudos dessa natureza

são ainda incipientes para muitas gramíneas forrageiras, razão pela qual esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de avaliar as trocas gasosas em capim-massai submetido à adubação nitrogenada e pastejado por ovinos em lotação rotativa.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se o experimento em pastagem de *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai (Figura 2), pertencente ao Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará - NEEF/DZ/CCA/UFC, em Fortaleza - CE, no ano de 2009.

A cidade de Fortaleza está localizada a uma altitude média de 21 metros, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude sul de 03° 45' 47'', longitude oeste de 38° 31' 23'', com clima do tipo Aw', tropical chuvoso, segundo classificação de Köeppen. As médias mensais de temperatura (temperaturas média máxima, média e média mínima), precipitação e insolação referentes ao período experimental são apresentadas na Figura 1.

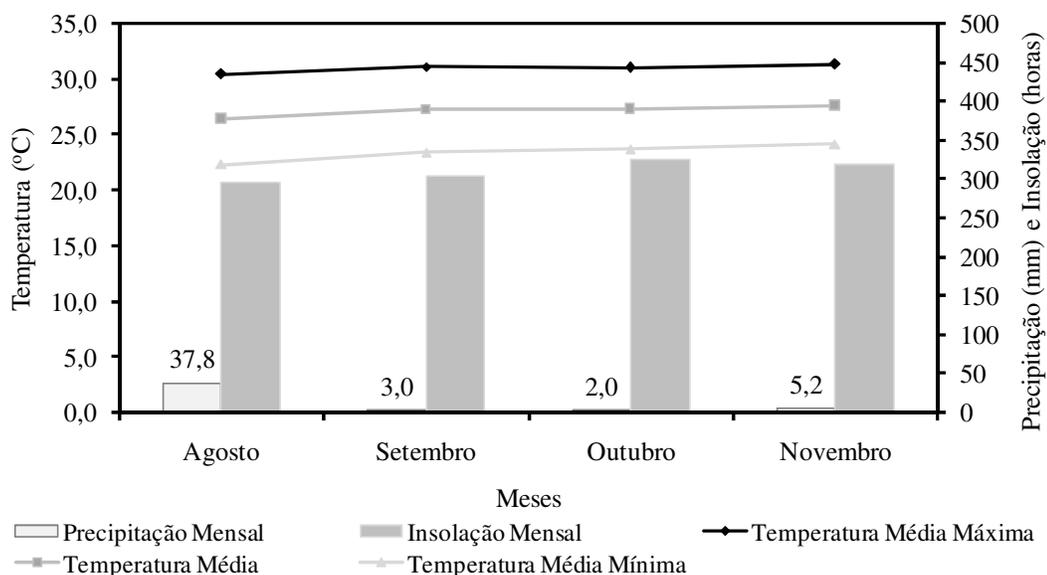


Figura 1 - Dados climáticos referentes ao período experimental, em Fortaleza - CE, no ano de 2009.



Figura 2 - Vista geral da área experimental com pastos de capim-massai no pré e pós-pastejo.

O solo da área experimental classifica-se como Argissolo amarelo e possui como material de origem sedimentos areno-argilosos da formação barreira (EMBRAPA, 1999). As características químicas do solo revelada pela análise (0 – 20 cm de profundidade), realizada ao início da instalação do experimento, são apresentadas na Tabela 1. A partir dos resultados da análise de solo, realizaram-se as adubações, conforme recomendação da CFSEMG (1999), para níveis de fertilidade sugeridos para gramíneas de alto potencial produtivo e com alto nível de produção.

Tabela 1 - Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, ao início da instalação do experimento

P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Mn	pH	Al ³⁺	Na ⁺	SB	CTCt	MO
mg dm ⁻³								H ₂ O	cmol _c dm ⁻³			g kg ⁻¹	
9,0	15,64	260,51	145,84	10,9	0,4	8,3	11,9	5,7	0,35	0,10	2,64	2,99	18,62

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, arranjado em parcelas subdivididas, com medidas repetidas no tempo. No referido ensaio (trocas gasosas), por tratar-se de leituras instantâneas considerou-se apenas o efeito do adubado nitrogenado

(controle - sem adubação nitrogenada; 400; 800 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹), por meio de avaliação ao longo de quatro ciclos de pastejo sucessivos e duas repetições (piquetes de 42,3 m²).

Implantou-se a gramínea em setembro de 2008 por meio de semeadura a lanço, após o preparo do solo (gradagem), com taxa de semeadura equivalente a 2,0 kg•ha⁻¹ de sementes puras viáveis (SPV), sendo manejada sob pastejo em lotação rotativa com ovinos até o período experimental.

Manejou-se o pasto de capim-massai sob irrigação por aspersão fixa de baixa pressão (pressão de serviço < 2,0 kgf/cm²), com lâmina líquida de 7,0 mm•dia⁻¹, turno de rega de 3 dias e tempo de irrigação (Ti) de 8 horas, no período noturno, buscando-se melhor uniformização da lâmina aplicada. Para determinação dos parâmetros acima mencionados, realizou-se inicialmente a avaliação do sistema de irrigação, conforme funcionaria durante o período experimental.

As adubações fosfatadas (superfosfato simples), potássica (cloreto de potássio) e de micronutrientes (FTE BR-12) realizaram-se de acordo com os resultados da análise do solo. As aplicações de nitrogênio (uréia) e de potássio foram parceladas. Dividiu-se a dose de nitrogênio para cada tratamento em duas parcelas, sendo a primeira metade aplicada logo após a saída dos animais do piquete e a segunda metade aplicada na metade do período de descanso, de acordo com cada dose avaliada. Em todas as aplicações de nitrogênio, fez-se a diluição da uréia em água (com irrigação posterior), buscando-se melhor uniformização de aplicação, em função da pequena quantidade do fertilizante por parcela, dificultando a aplicação na forma sólida. Na aplicação utilizou-se pulverizador costal, com volume de calda padronizado em função de teste de campo previamente realizado.

Disponibilizou-se o potássio em três aplicações, sendo a primeira (160 kg•ha⁻¹ de K₂O) realizada no início da instalação do experimento, juntamente com a primeira parcela de nitrogênio. A segunda e a terceira aplicação de potássio (160 e 160 kg•ha⁻¹ de K₂O, respectivamente) aconteceram com a primeira dose de nitrogênio logo após a saída dos animais em cada um dos ciclos de pastejo posteriores. O fornecimento de fósforo (250 kg•ha⁻¹ de P₂O₅) foi de uma só vez, juntamente com as primeiras parcelas de potássio e nitrogênio, no início da instalação do experimento. Neste momento, aplicaram-se os micronutrientes (50 kg•ha⁻¹ de FTE BR-12).

O período de descanso adotado foi de aproximadamente 1,5 novas folhas por perfilho, conforme determinação em pré-ensaio quando do início da instalação do

experimento, propiciando um intervalo de 22; 18; 16 e 13 dias para as doses 0,0 – controle; 400; 800 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹ de nitrogênio, respectivamente.

Os animais utilizados para rebaixamento do pasto até a altura residual preconizada foram ovinos (½ Morada Nova x ½ SPRD), alocados em piquetes de 42,3 m². A técnica de “mob-grazing” (GILDERSLEEVE et al., 1987) foi usada para a realização dos pastejos, empregando-se grupos de animais para desfolhações rápidas (duração de 7 a 11 horas), simulando um manejo sob lotação rotativa. À medida que os animais pastejavam, a altura do pasto foi monitorada com auxílio de uma régua, até que o dossel atingisse a altura residual preconizada de aproximadamente 15 cm, correspondendo ao IAF residual de saída dos animais do piquete de aproximadamente 1,5, conforme determinação em pré-ensaio para instalação do experimento.

Para as avaliações das trocas gasosas no pré-pastejo da forrageira, utilizou-se um analisador de CO₂ por radiação infravermelha (“Infra Red Gas Analyser - IRGA”, modelo LCI BioScientific) (Figura 3). Em cada uma das unidades experimentais (piquete de 42,3 m²), escolheu-se folhas recém-expandidas em cinco perfilhos, sendo efetuadas as leituras na parte mediana da folha, sempre entre 9h e 11h. No momento das leituras, o solo apresentava-se com umidade próxima à capacidade de campo.

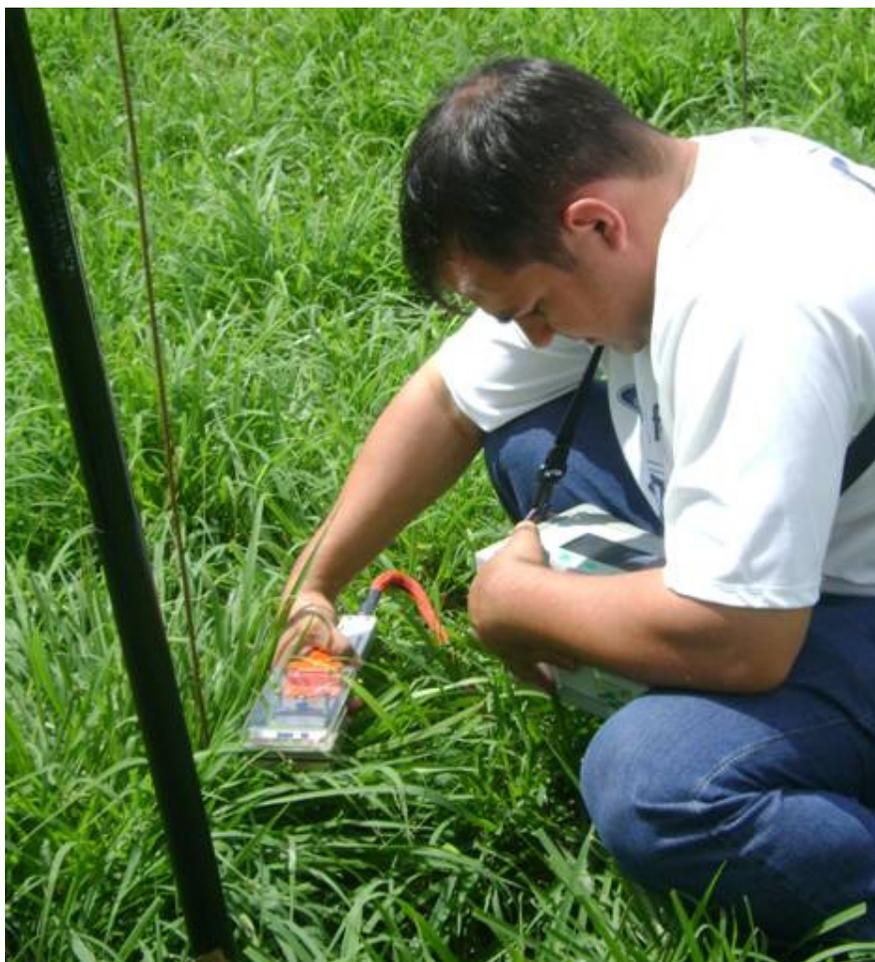


Figura 3 - Medição das trocas gasosas em pastos de capim-massai adubado com nitrogênio e pastejado por ovinos.

As variáveis analisadas foram: taxa de transpiração da folha (E , $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$); temperatura da folha (TFOL, em $^{\circ}\text{C}$), taxa de fotossíntese foliar (A , $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), concentração de dióxido de carbono na folha (C_i , ppm), condutância estomática (g_s , $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), relação fotossíntese/transpiração (A/E , uso eficiente da água) e a relação fotossíntese/condutância (A/g_s , uso eficiente da água intrínseca).

Mediu-se o índice relativo de clorofila (IRC) com o clorofilômetro (Chlorophyll Meter SPAD-502) no dia anterior a entrada dos animais nos piquetes, sempre no mesmo horário e na mesma folha das demais avaliações fisiológicas, sendo efetuadas cinco leituras na folha recém-expandida, no período da manhã entre 9h e 11h.

O índice de suficiência de nitrogênio (ISN) foi calculado pela relação entre a média das medidas do clorofilômetro nas folhas das plantas dos tratamentos (MCT) e a média nas plantas que receberam a maior dose (MCR), considerada como área de referência (ISN =

(MCT/MCR) x 100), por ter maior probabilidade de não haver deficiência de nitrogênio e proporcionar a máxima concentração de clorofila nas folhas.

Submeteram-se os dados à análise de variância e análise de regressão. A escolha dos modelos baseou-se na significância dos coeficientes linear e quadrático, por meio do teste “t”, de Student ($P < 0,05$) e no coeficiente de determinação. Como ferramenta de auxílio às análises estatísticas, adotou-se o procedimento MIXED e GLM, do programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2003).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se resposta linear crescente ($P < 0,05$) para a condutância estomática (gs) do capim-massai com o incremento da adubação nitrogenada, revelando estimativa de 0,192 e 0,677 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ nas doses 0 e 1200 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, respectivamente, (Tabela 2). Tal superioridade nos valores de gs reflete a maior abertura estomática (POMPEU et al., 2010) como mecanismo para atender à absorção de CO_2 do meio externo (KUWAHARA; SOUZA, 2009) e regular a temperatura da folha por meio da transpiração (SLATYER, 1967).

Tabela 2 - Parâmetros fisiológicos em pastos de *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai adubado com nitrogênio e pastejado por ovinos em lotação rotativa

Variáveis	Equações (Efeito do nitrogênio)
Condutância estomática (gs, $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	$gs = 0,192 + 0,000404**N$; $R^2 = 0,57$
Taxa de transpiração foliar (E, $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	$E = 3,24 + 0,006496**N - 0,00000381**N^2$; $R^2 = 0,63$
Taxa de fotossíntese foliar (A, $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	$A = 19,637 + 0,0151**N$; $R^2 = 0,68$
Concentração interna de CO_2 (Ci, ppm)	$Ci = 115,28 + 0,0248**N$; $R^2 = 0,23$
Temperatura da folha (TFOL, °C)	$TFOL = 38,14 - 0,00165**N$; $R^2 = 0,36$
Relação fotossíntese: transpiração (A/E)	$A/E = 5,198 + 0,000926**N$; $R^2 = 0,16$
Relação fotossíntese: condutância (A/gs)	$A/gs = 96,099 - 0,0326**N$; $R^2 = 0,49$
Índice relativo de clorofila (IRC, unid. SPAD)	$IRC = 24,07 + 0,01136**N$; $R^2 = 0,87$
Índice de suficiência de nitrogênio (ISN, %)	$ISN = 66,66 + 0,0315**N$; $R^2 = 0,87$

N = dose de nitrogênio; significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*).

A taxa de transpiração foliar (E) revelou padrão de resposta quadrática ($P < 0,05$) conforme foi incrementada as doses de nitrogênio, com valores estimados em 3,24 e 5,55

$\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ nas doses 0 e $1200\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, respectivamente, alcançando valor máximo de $6,01\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ na dose equivalente a $852,5\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ (Tabela 2). Tal aumento na transpiração foliar, até a maximização na referida dose, ocorreu possivelmente em função da maior atividade enzimática, elevando a taxa de absorção de água pelas raízes (YIN et al., 2009) e de abertura dos estômatos e, por conseguinte, incrementando a taxa fotossintética (POMPEU et al., 2010; LOPES et al., 2011b), com resposta positiva sobre a produção de biomassa foliar (POMPEU et al., 2010).

A taxa de fotossíntese foliar (A) elevou-se ($P<0,05$) com as doses crescentes de nitrogênio, revelando estimativa de 19,64 e $37,76\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ nas doses de nitrogênio de 0 e $1200\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, respectivamente (Tabela 2), com aumento de 92,3% para a dose equivalente a $1200\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ em relação à ausência de adubação nitrogenada. A taxa de fotossíntese foliar em capim-massai suprido com doses crescentes de nitrogênio corrobora o comportamento da referida variável em estudos com essa gramínea por Lopes et al. (2011b) e por Pompeu et al. (2010) com capim-aruaana, ambos em condições de casa de vegetação e adubados com nitrogênio. Esse aumento na fotossíntese ratifica a relevância desse nutriente para o crescimento e vigor de rebrotação em pastos manejados intensivamente.

O efeito positivo da adubação nitrogenada sobre a taxa fotossintética decorre do maior estímulo à atividade enzimática e da maior síntese da enzima ribulose-1,5-bisfosfato-carboxilase-oxigenase (RUBISCO), responsável pela fotossíntese, entre outras, associado ao efeito também sobre a transpiração foliar, que favorece a fotossíntese (CABRERA-BOSQUET et al., 2009). Somado a isso, a maior taxa de fotossíntese observada nas doses superiores de nitrogênio também é reflexo de incrementos, tanto na fase fotoquímica, como na fase bioquímica. Na fase fotoquímica, provavelmente houve aumento no aparato de captação de luz, o que se comprova pelo maior índice relativo de clorofila nas maiores doses de nitrogênio (Tabela 2). Na fase bioquímica, as maiores doses de N podem ter favorecido maior biossíntese de proteínas e enzimas ligadas à fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Desse modo, vale mencionar ainda, conforme Bolton e Brown (1980), em avaliação da fotossíntese de gramíneas C_3 e C_4 recebendo doses crescentes de nitrogênio, que as doses mais elevadas de adubação nitrogenada refletem em maior espessura foliar, que, por sua vez, pode estar relacionada com maior concentração de enzimas carboxilativas por unidade de área foliar.

A concentração interna de CO_2 (C_i) e a temperatura da folha (TFOL) foram influenciadas ($P<0,05$) pela a adubação nitrogenada, com a C_i sendo incrementada ($P<0,05$) e

o inverso ocorrendo para a TFOL, verificando-se valores estimados de 115,28 e 145,04 ppm (Ci) e 38,14 e 36,16 °C (TFOL) nas doses 0 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹, respectivamente (Tabela 2).

A elevação na Ci verificado no presente ensaio vai de encontro ao observado por Pompeu et al. (2010) em avaliação de trocas gasosas do capim-aruaana sob adubação nitrogenada, em que a Ci foi reduzida com o aumento das doses de nitrogênio, justificado pela elevação da atividade das enzimas carboxilativas nas doses superiores do referido nutriente, favorecendo a carboxilação das moléculas orgânicas e reduzindo a concentração de dióxido de carbono livre no mesófilo (PAN et al., 2004). Contudo, tal incremento na Ci para os pastos de capim-massai supridos com as maiores doses de nitrogênio pode ser atribuído à elevação da condutância estomática (Tabela 2), pelo fato da maior abertura estomática favorecer superior absorção de CO₂ do meio externo (LAMBERS et al., 1998), demonstrando que a resistência estomática não foi fator limitante para o influxo de CO₂.

A redução na TFOL possivelmente ocorreu em resposta ao comportamento revelado pela transpiração foliar (Tabela 2) nas maiores doses de nitrogênio, aumentando a demanda hídrica pelas plantas (BONFIM-SILVA et al., 2007; LOPES et al., 2011a) com maior absorção de água pelas raízes. Isso contribui para diminuição do aquecimento das folhas (LOPES et al., 2011b), visto que a transpiração constitui o mecanismo primário de regulação da temperatura da folha, dissipando parte da energia proveniente da radiação solar (SLATYER, 1967; HOPKINS, 1999).

A relação fotossíntese/transpiração (A/E), que representa a eficiência do uso da água instantânea e expressa quantitativamente o comportamento momentâneo das trocas gasosas na folha, revelou resposta linear crescente (P<0,05) com a elevação na adubação nitrogenada. Sendo tal relação aumentada em 0,000926 para cada quilograma de N•ha⁻¹•ano⁻¹ adicionado (Tabela 2), com valores estimados para a referida relação de 5,20 e 6,31 nas doses 0 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹, respectivamente (Tabela 2), em decorrência do maior incremento da taxa fotossintética quando comparada à transpiração foliar com a elevação das doses de nitrogênio (Tabela 2), demonstrando um uso mais eficiente da água (EUA instantânea) nos pastos adubados com nitrogênio. Conseqüentemente, proporciona melhor desenvolvimento da planta, com sistema radicular mais consolidado (LOPES et al., 2011), e dessa forma, respondendo de forma mais eficiente aos fatores do meio (adubação, radiação, temperatura, umidade do ar).

A relação fotossíntese/condutância (A/g_s) revelou resposta linear decrescente (P<0,05) à elevação nas doses de adubo nitrogenado, com estimativas de 96,10 e 56,98 para a

referida relação nas doses 0 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹, respectivamente (Tabela 2), com redução de 40,7% na A/gs para os pastos supridos com 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹ em relação a ausência de adubação nitrogenada. Tal redução na relação A/gs com a elevação nas doses de nitrogênio responde pelo maior incremento na gs por cada kg de N•ha⁻¹•ano⁻¹ aplicado, comparado ao aumento na taxa fotossintética por cada unidade do adubado adicionado (kg de N•ha⁻¹•ano⁻¹), ou seja, verificou-se incremento de 0,21% na gs, contra aumento de 0,076% na taxa de fotossíntese, ao se analisar a ausência de nitrogênio e a aplicação de 1 kg N•ha⁻¹•ano⁻¹ (Tabela 2). Justificando assim, o estreitamento e, conseqüente redução na relação A/gs com a elevação das doses de adubo nitrogenado.

Assim, acerca das variáveis anteriormente descritas, destaca-se ainda, que a melhor relação entre absorção de CO₂ e perda de água alcança-se quando há elevado número de estômatos parcialmente fechados, com a relação A/E, atingindo valores mais altos e relação A/gs chegando a valores mais baixos (LARCHER, 2006).

O índice relativo de clorofila (IRC) e o índice de suficiência de nitrogênio (ISN, avaliados a partir do IRC e calculados pela relação entre a medida do clorofilômetro nas plantas de capim-massai e a medida nas plantas da área de referência - plantas recebendo maior dose de nitrogênio, sem apresentar deficiência de N; constituindo um método não destrutivo para predizer a deficiência de nitrogênio na planta) responderam de forma linear crescente (P<0,05) às doses de nitrogênio, com valores estimados em 24,07 e 37,70 unid SPAD (IRC) e 66,66 e 104,46% (ISN) para as doses 0 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹, respectivamente (Tabela 2), respondendo por incrementos de 56,6 e 56,7% para o IRC e ISN, respectivamente, na dose de nitrogênio equivalente a 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹ em relação à ausência de adubação nitrogenada.

O incremento observado para o IRC nas maiores doses de nitrogênio pode ser atribuído a melhor estruturação da planta, com um sistema radicular mais consolidado, reflexo do aumento na biomassa de raiz (ALVES et al., 2008; LOPES et al., 2011), explorando maior volume de solo e com maior capacidade de absorção de água e nutrientes, refletindo em maior teor de clorofila nas folhas de capim-massai, em função da melhor resposta aos fatores do meio, principalmente a adubação nitrogenada.

As leituras crescentes para o IRC nas maiores doses de nitrogênio, corroborando o padrão de resposta revelado por esta variável em estudos conduzidos por Alves et al. (2008) e Lopes et al. (2011b), refletem os teores mais elevados desse pigmento presente nas folhas da referida gramínea, justificando assim, o uso de aparelhos com essa finalidade, como

ferramenta relevante para predizer o aparecimento inicial de deficiência de nitrogênio (MINOLTA CAMERA, 1989).

Enfatiza-se ainda, que mais clorofila é sintetizada com o aumento na disponibilidade de nitrogênio para a planta, resultando em incremento da intensidade do verde nas folhas (BULLOCK; ANDERSON, 1998). Entretanto, tal elevação no teor de clorofila atinge um patamar denominado ponto de maturidade fotossintética, que se mantém invariável, mesmo com aumento dos teores de nitrogênio no tecido vegetal (SCHEPERS et al., 1992; COSTA et al., 2001). Tal fato não foi constatado no estudo em questão, visto que o teor de clorofila respondeu linearmente à adubação nitrogenada até a máxima dose estudada (equivalente a $1200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ de nitrogênio), ou seja, não se observou estabilização nos valores de clorofila nas doses mais elevadas de adubação nitrogenada, demonstrando assim, a genética positiva da forrageira estudada quanto à síntese de clorofila a partir da disponibilidade de nitrogênio, pelo fato de somente alcançar o ponto de maturidade fotossintética (COSTA et al., 2001) em doses elevadas de adubo nitrogenado.

A superioridade verificada para o ISN, nos pastos adubados com as maiores doses de nitrogênio em relação aos pastos não supridos com esse nutriente, torna evidente a diferença no referido índice entre ambos os manejos do capim-massai (com e sem adubação nitrogenada). Desse modo, indica a deficiência desse nutriente em ausência de adubação e o adequado suprimento em doses mais elevadas de nitrogênio (LOPES et al. 2011b).

3.4 CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada favorece as trocas gasosas em pastos de capim-massai até a última dose estudada. Contudo, ressalta-se a relevância da realização de estudos adicionais no que tange aos aspectos econômicos e ambientais nos sistemas intensivos de produção.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. S.; PIRES, A. J. V.; MATSUMOTO, S. N. et al. Características morfológicas e estruturais da *Brachiaria decumbens* stapf. submetida a diferentes doses de nitrogênio e volumes de água. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2008.

BONFIM-SILVA, E. M.; MONTEIRO, F. A.; DA SILVA, T. J. A. Nitrogênio e enxofre na produção e no uso de água pelo capim-braquiária em degradação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 309-317, 2007.

BOLTON, J.; BROWN, H. Photosynthesis of Grass Species Differing in Carbon Dioxide Fixation Pathways. v. Response of *Panicum maximum*, *Panicum milioides*, and tall fescue (*Festuca arundinacea*) to nitrogen nutrition. **Plant Physiology**, v. 66, p. 97-100, 1980.

BULLOCK, D. G.; ANDERSON, D. S. Evaluation of the Minolta SPAD-502 chlorophyll meter for nitrogen management in corn. **Journal of Plant Nutrition**, v. 21, p. 741-755, 1998.

CABRERA-BOSQUET, L.; ALBRIZIO, R.; ARAUS, J. L. et al. Photosynthetic capacity of field-grown durum wheat under different N availabilities: A comparative study from leaf to canopy. **Environmental and Experimental Botany**, v. 67, n. 1, p. 145–152, 2009.

Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, (1999). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação** - Viçosa: UFV, 1999, 359 p.

COSTA, C.; DWYER, L. M.; DUTILLEUL, P. et al. Inter-relationships of applied nitrogen, spad, and yield of leafy and non-leafy maize genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, p. 1173-1194, 2001.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

GILDERSLEEVE, R. R.; OCUMPAUGH, W. R.; QUESENBERRY, K.H. et al. Mobgrazing morphologically different *Aeschynomene* species. **Tropical Grasslands**, v. 21, n. 3, p.123-132, 1987.

HOPKINS, W. G. **Introduction to Plant Physiology**. 2. Ed. New York: John Wiley & Sons. 1999. 512p.

KUWAHARA, F. A.; SOUZA, G. M. Fósforo como possível mitigador dos efeitos da deficiência hídrica sobre o crescimento e as trocas gasosas de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 2, p. 261-267, 2009.

LAMBERS, L.; CHAPAIN III, F. S.; PONS, T. L. **Plant physiological ecology**. Berlin: Springer, 1998.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Editora RiMa, 2006. 550p.

LOPES, M. N.; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F. et al. Componentes estruturais do resíduo pós-corte em capim-massai adubado com cinco doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 518-525, 2011.

LOPES, M. N.; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F. et al. Biomass components in Massai grass during establishment and regrowth under five nitrogen fertilization levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 8, p. 1629-1637, 2011a.

LOPES, M. N.; LACERDA, C. F.; CÂNDIDO, M. J. D. et al. Gas exchange in massai grass under five nitrogen fertilization levels during establishment and regrowth. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 9, p. 1862-1869, 2011b.

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

PAN, Y.; HON, J.; JENKINS, J. et al. Importance of foliar nitrogen concentration to predict forest productivity in the Mid-Atlantic Region. **Forest Science**, v. 50, n. 3, p. 279-289, 2004.

POMPEU, R. C. F. F.; CÂNDIDO, M. J. D.; LOPES, M. N. et al. Características morfofisiológicas do capim-aruaana sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v. 11, n. 4, p. 1187-1210, 2010.

SAS INSTITUTE. **SAS System for Windows**. Version 9.0. Cary: SAS Institute Inc. 2003. 2 CD-ROMs.

SCHEPERS, J. S.; FRANCIS, D. D.; VIGIL, M. et al. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 23, p. 2173-2187, 1992.

SLATYER, R.O. **Plant-water relationships**. New York: Academic Press, 1967. 366p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

YIN, C.; PANG, X.; CHEN, K. The effects of water, nutrient availability and their interaction on the growth, morphology and physiology of two poplar species. **Environmental and Experimental Botany**, v. 67, n. 1, p. 196-203, 2009.

4 CAPÍTULO III: FLUXO DE BIOMASSA EM CAPIM-MASSAI ADUBADO COM NITROGÊNIO E SOB LOTAÇÃO ROTATIVA COM OVINOS

RESUMO

Objetivou-se avaliar o fluxo de biomassa do capim-massai em rebrotação submetido a doses crescentes de nitrogênio (controle - sem adubação nitrogenada; 400; 800 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹) e sob lotação rotativa com ovinos, num delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo. A taxa de alongamento foliar respondeu crescentemente às doses de nitrogênio (N) e o ciclo de pastejo 4 revelou valor inferior em relação aos três primeiros. A taxa de alongamento das hastes respondeu de forma linear crescente às doses de N, porém não foi influenciada pelos ciclos de pastejo. As taxas de senescência foliar anterior e posterior não foram influenciadas pela adubação nitrogenada, nem tampouco foram alteradas com os ciclos sucessivos de pastejo. A taxa de aparecimento foliar e o filocrono foram influenciados somente pela adubação nitrogenada, revelando resposta linear crescente e decrescente, respectivamente, com as doses de N. Constatou-se resposta quadrática para o comprimento médio das folhas com a elevação nas doses de N e o ciclo de pastejo 4 apresentou menor valor para a referida variável. Para cada quilograma de N•ha⁻¹•ano⁻¹, observou-se incrementos de 0,161 e 0,1604 kg•ha⁻¹•dia⁻¹ na taxa de produção de forragem e de acúmulo de forragem, respectivamente. A adubação nitrogenada favorece o fluxo de biomassa do capim-massai, proporcionando incremento na produção e acúmulo de forragem da referida forrageira até a dose equivalente a 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada. Morfogênese. *Panicum maximum* x *Panicum infestum*. Taxa de alongamento foliar. Taxa de produção de forragem.

BIOMASS FLOW IN MASSAI GRASS FERTILIZED WITH NITROGEN UNDER INTERMITTENT STOCKING WITH SHEEP

ABSTRACT

To evaluate the biomass flow of massai grass subjected to increasing nitrogen fertilization levels (N) (control - without nitrogen fertilization; 400; 800 and 1200 kg•ha⁻¹•year⁻¹) and under rotational stocking with sheep, this trial was carried out. We used a completely randomized design with measurements repeated in time. The leaf elongation rate was increased with the nitrogen fertilization levels and the grazing cycle 4 showed lower value in relation to the others. The culm elongation rate was increased with N levels, however it was not influenced by the grazing cycles. The leaf senescence rates before and after grazing were not influenced by nitrogen fertilization and were not altered by the grazing cycles. The leaf appearance rate and phylochron showed increasing and decreasing linear response, respectively, with N levels. The leaf length average revealed quadratic response with N levels and grazing cycle 4 showed the lowest value for that variable. For each kg N•ha⁻¹•year⁻¹ was observed increments of 0.161 and 0.1604 kg•ha⁻¹•day⁻¹ for the herbage production and herbage accumulation rates, respectively. The nitrogen fertilization favors the biomass flow of massai grass, providing increase in forage production and accumulation of that grass until the level equivalent to 1200 kg•ha⁻¹•year⁻¹.

Keywords: Fertilization nitrogen. Morphogenesis. *Panicum maximum* x *Panicum infestum*. Leaf elongation rate. Herbage production rate.

4.1 INTRODUÇÃO

A maximização da produção de biomassa nas forrageiras é reflexo das condições satisfatórias do meio e manejo, fatores relevantes para o êxito do sistema de produção. Existem várias espécies forrageiras com potencial de resposta ao manejo intensivo, entre estas, destaca-se a espécie *Panicum maximum*, com cultivares de ampla adaptação as condições de meio e manejo. O capim-massai, um híbrido natural (*Panicum maximum* x *Panicum infestum*), revelou elevado potencial produtivo em ensaios iniciais conduzidos pela Embrapa Gado de Corte, constituindo assim, importante gramínea para a intensificação dos sistemas de produção em pastagem.

A produção de forragem é o principal componente que define a capacidade de suporte das pastagens, daí a importância do conhecimento de seus componentes para se compreender como as estratégias de manejo (adubação, irrigação, ajuste da carga animal e outros) a influenciam. Com as restrições cada vez maiores ao desbravamento de novas áreas para a pecuária, surge a demanda por forrageiras que apresentem elevada produção de biomassa em resposta aos fatores de produção, especialmente à fertilidade do solo, que é o fator mais manipulável pelo homem. Dentro deste fator de produção, o nitrogênio assume papel relevante, por proporcionar respostas positivas no fluxo de biomassa (GARCEZ NETO et al., 2002; ALEXANDRINO et al., 2004; SILVA et al., 2009), produção e valor nutricional da forragem (ANDRADE et al., 2003; VITOR et al., 2009), constituindo prática de manejo de grande valor para a persistência e produtividade das plantas forrageiras.

O estudo do fluxo de biomassa ou morfogênese, conceituado por Chapman e Lemaire (1993) como dinâmica de geração (*genesis*) e expansão da forma da planta (*morphos*) no tempo e no espaço, constitui ferramenta importante na definição de estratégias de manejo que proporcione melhoria na produção e eficiência de utilização da forragem, bem como da persistência da forrageira.

À semelhança do que se verifica para muitas espécies forrageiras tropicais, existe carência de informações acerca do fluxo de biomassa do capim-massai adubado com doses crescentes de nitrogênio e pastejado por ovinos em ciclos sucessivos. Destarte, conduziu-se esta pesquisa com objetivo de avaliar o capim-massai submetido à adubação nitrogenada e manejado sob lotação rotativa com ovinos, por meio de estudo do fluxo de biomassa da referida forrageira.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se o experimento em pastagem de *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai, pertencente ao Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará - NEEF/DZ/CCA/UFC, em Fortaleza - CE, no ano de 2009.

A cidade de Fortaleza está localizada a uma altitude média de 21 metros, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude sul de 03° 45' 47'', longitude oeste de 38° 31' 23'', com clima do tipo Aw', tropical chuvoso, segundo classificação de Köppen. As médias mensais de temperatura (temperaturas média máxima, média e média mínima), precipitação e insolação referentes ao período experimental são apresentadas na Figura 1.

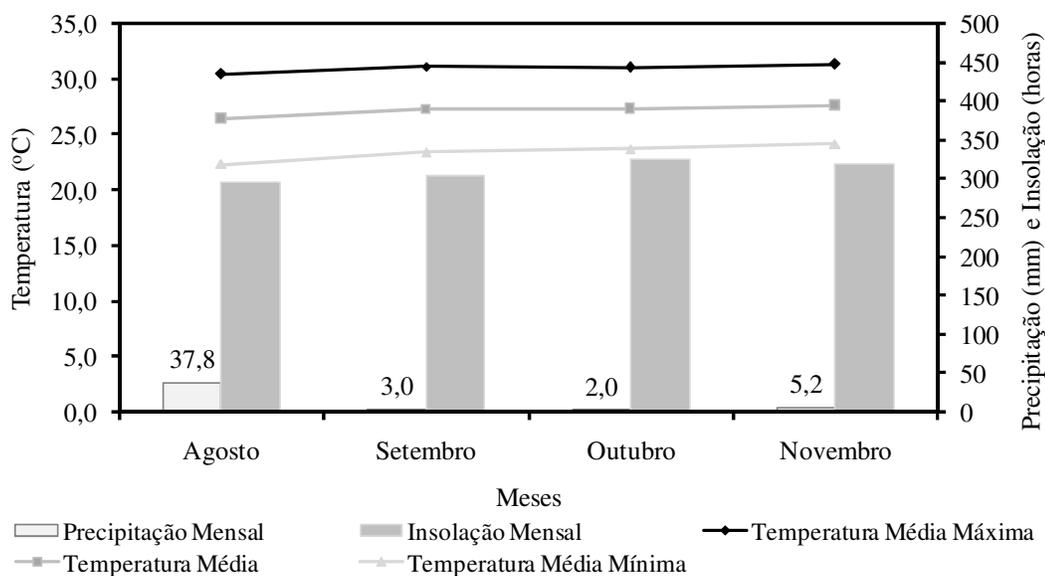


Figura 1 – Dados climáticos referentes ao período experimental, em Fortaleza - CE, no ano de 2009.

O solo da área experimental classificou-se como Argissolo amarelo, possuindo como material de origem sedimentos areno-argilosos da formação barreira (EMBRAPA, 1999). As características químicas do solo revelam-se pela análise (0 - 20 cm de profundidade) realizada ao início da instalação do experimento e são apresentadas na Tabela 1. A partir dos resultados da análise de solo, foram realizadas as adubações conforme

recomendação da CFSEMG (1999), para níveis de fertilidade sugeridos para gramíneas de alto potencial produtivo e com alto nível de produção.

Tabela 1 - Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, ao início da instalação do experimento

P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Mn	pH	Al ³⁺	Na ⁺	SB	CTCt	MO
mg dm ⁻³								H ₂ O	cmol _c dm ⁻³			g kg ⁻¹	
9,0	15,64	260,51	145,84	10,9	0,4	8,3	11,9	5,7	0,35	0,10	2,64	2,99	18,62

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, arranjado em parcelas subdivididas, com medidas repetidas no tempo (ciclos de pastejo sucessivos) com duas repetições (piquetes de 42,3 m²). Estudou-se as doses de nitrogênio (controle - sem adubação nitrogenada; 400; 800 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹) nas parcelas, e os ciclos de pastejo, nas subparcelas.

Implantou-se a gramínea em setembro de 2008 por meio de semeadura a lanço, após o preparo do solo (gradagem), com taxa de semeadura equivalente a 2,0 kg/ha de sementes puras viáveis (SPV), sendo manejada sob pastejo em lotação rotativa com ovinos até o período experimental.

Manejou-se o pasto de capim-massai sob irrigação por aspersão fixa de baixa pressão (pressão de serviço < 2,0 kgf/cm²), com lâmina líquida de 7,0 mm•dia⁻¹ em turno de rega de 3 dias e tempo de irrigação (Ti) de 8 horas, no período noturno, buscando-se melhor uniformização da lâmina aplicada. Para determinação dos parâmetros acima mencionados, realizou-se inicialmente a avaliação do sistema de irrigação, conforme funcionaria durante o período experimental.

As adubações fosfatadas (superfosfato simples), potássica (cloreto de potássio) e de micronutrientes (FTE BR-12) realizaram-se de acordo com os resultados da análise do solo. Parcelaram-se as aplicações de nitrogênio (uréia) e de potássio. Dividiu-se a dose de nitrogênio para cada tratamento em duas parcelas, sendo a primeira metade aplicada logo após a saída dos animais do piquete e a segunda, aplicada na metade do período de descanso, de acordo com cada dose avaliada. Em todas as aplicações de nitrogênio, fez-se a diluição da uréia em água, buscando-se melhor uniformização de aplicação, em função da pequena quantidade do fertilizante por parcela, dificultando a aplicação na forma sólida, com irrigação posterior para se evitar possível “queima” das folhas. Na aplicação utilizou-se pulverizador costal, com volume de calda padronizado em função de teste de campo previamente realizado.

Disponibilizou-se o potássio em três aplicações, sendo a primeira ($160 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O) realizada no início da instalação do experimento, juntamente com a primeira parcela de nitrogênio. A segunda e a terceira aplicação de potássio (160 e $160 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O , respectivamente) foram realizadas juntamente com a primeira dose de nitrogênio logo após a saída dos animais em cada um dos ciclos de pastejo posteriores. O fornecimento de fósforo ($250 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5) foi de uma só vez, juntamente com as primeiras parcelas de potássio e nitrogênio, no início da instalação do experimento. Neste momento, aplicaram-se os micronutrientes ($50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de FTE BR-12).

O período de descanso adotado foi de aproximadamente 1,5 novas folhas por perfilho, conforme determinação em pré-ensaio quando do início da instalação do experimento, propiciando um intervalo de 22; 18; 16 e 13 dias para as doses 0,0 – controle; 400; 800 e $1200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ de nitrogênio, respectivamente.

Os animais utilizados para rebaixamento do pasto até a altura residual preconizada foram ovinos ($\frac{1}{2}$ Morada Nova x $\frac{1}{2}$ SPRD), alocados em piquetes de $42,3 \text{ m}^2$. A técnica de “mob-grazing” (GILDERSLEEVE et al., 1987) foi usada para a realização dos pastejos, empregando-se grupos de animais para desfolhações rápidas (duração de 7 a 11 horas), simulando um manejo sob lotação rotativa. À medida que os animais pastejavam, a altura do pasto foi monitorada com auxílio de uma régua, até que o dossel atingisse a altura residual preconizada de aproximadamente 15 cm, correspondendo ao IAF residual de saída dos animais do piquete de aproximadamente 1,5, conforme determinação em pré-ensaio para instalação do experimento.

Identificaram-se nove perfilhos em cada unidade experimental (piquetes de $42,3 \text{ m}^2$). Cada um dos perfilhos recebeu identificação com um anel de cor diferenciada, para posterior acompanhamento (Figura 2). Avaliaram-se os perfilhos marcados a cada três dias, registrando-se o comprimento final das folhas expandidas e emergentes e da porção senescente das expandidas, a altura e o comprimento do pseudocolmo e o número de folhas vivas por perfilho. Determinou-se a densidade populacional de perfilhos (DPP) na mesma ocasião das medições anteriores.



Figura 2 - Identificação dos perfilhos de capim-massai com cores diferenciadas para posterior acompanhamento da morfogênese.

As variáveis avaliadas foram: taxa de alongamento foliar (TAIF, $\text{cm}\cdot\text{perf}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$); taxa de alongamento das hastes (TAIH, $\text{cm}\cdot\text{perf}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$); taxa de aparecimento foliar (TApF, $\text{folhas}\cdot\text{dia}^{-1}$); filocrono, em número de dias; número de folhas vivas por perfilho (NFV, $\text{folhas}\cdot\text{perfilho}^{-1}$); taxa de senescência foliar anterior (TSFA, $\text{cm}\cdot\text{perf}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$), contabilizada considerando somente as lâminas foliares produzidas antes de cada corte e constituintes da área foliar residual; taxa de senescência foliar posterior (TSFP, $\text{cm}\cdot\text{perf}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$), contabilizada considerando somente as novas lâminas foliares produzidas durante o período de descanso corrente; taxa de produção de forragem (TPF, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$) e taxa de acúmulo de forragem (TAF, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$).

Submeteram-se os dados à análise de variância, teste de comparação de médias e análise de regressão. A interação adubação nitrogenada x ciclos de pastejo foi apresentada quando significativa ($P<0,05$) pelo teste F. Os ciclos de pastejo foram comparados pelo teste de Tukey ($P<0,05$). O efeito das doses de adubo nitrogenado foi avaliado por análise de regressão. A escolha dos modelos baseou-se na significância dos coeficientes linear e quadrático, por meio do teste “t”, de Student ($P<0,05$) e no coeficiente de determinação. Como ferramenta de auxílio às análises estatísticas, adotou-se os procedimentos MIXED e GLM, do programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2003).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não se observou interação ($P>0,05$) entre os fatores (doses de nitrogênio x ciclos de pastejo) para o número de folhas vivas por perfilho (NFV), nem tampouco se observou influência ($P>0,05$) dos fatores isolados, com valores médios de $1,65 \pm 0,063$ e $1,65 \pm 0,027$ folhas•perfilho⁻¹, para as doses de nitrogênio e ciclos de pastejo, respectivamente.

A semelhança nos valores da referida variável é justificado pelo método adotado para o manejo da forrageira, com o uso de período de descanso variável em função da dose de nitrogênio avaliada, a partir do filocrono determinado por Lopes (2010), em estudo com essa gramínea submetida a diferentes doses de adubação nitrogenada em casa de vegetação, ou seja, o número de folhas vivas por perfilho para o manejo da gramínea durante o experimento, foi preconizado para ser 1,5 independentemente do manejo adotado em cada unidade experimental, com o período de descanso variando em resposta ao filocrono diferenciado entre as doses de nitrogênio avaliadas.

A mensuração do número de folhas vivas por perfilho foi realizada como variável alvo de manejo, já que foi previamente determinada. Dessa forma, os resultados apresentados no tocante ao número de folhas vivas, ratificam o método utilizado no presente ensaio, justificando sua aplicação como critério de definição prático para a determinação do período de descanso do pasto numa área sob pastejo (FULKERSON; DONAGHY, 2001).

Não foi observada interação ($P>0,05$) entre doses de nitrogênio x ciclos de pastejo para a taxa de alongamento foliar (TAIF), sendo a mesma influenciada ($P<0,05$) por ambos os fatores isoladamente (Tabela 2). A taxa de alongamento foliar foi incrementada ($P<0,05$) com as maiores doses de adubação nitrogenada e alterada ($P<0,05$) entre os ciclos de pastejo, com os três primeiros ciclos revelando valores superiores.

Verificou-se menor valor ($P<0,05$) da TAIF no ciclo de pastejo 4 (Tabela 2), refletindo o menor IAF residual verificado no mesmo (IAF residual de 1,67; 1,52; 1,55 e 1,37 para os ciclos de pastejo 1; 2; 3 e 4, respectivamente), visto que a rebrotação do pasto é comprometida em menor IAF residual, reflexo da menor taxa de fotossíntese bruta do dossel. O seu restabelecimento demanda maior mobilização de reservas orgânicas, pois a rebrotação do pasto a partir das reservas orgânicas é mais “oneroso” para a planta que a rebrotação via fotossíntese das folhas remanescentes do pastejo.

Verificou-se resposta linear crescente ($P<0,05$) para a TAIF com o incremento nas doses de nitrogênio, com valores estimados de 2,32 e 5,14 cm•perf⁻¹•dia⁻¹ para as doses de 0,0

a $1200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, respectivamente, com incremento de 121,55% para a dose de $1200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ em relação à ausência de adubação nitrogenada (Tabela 2).

Tabela 2 - Características morfológicas em *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai adubado com nitrogênio e sob lotação rotativa com ovinos

Variáveis	Ciclo de pastejo				Equações (Efeito do nitrogênio)
	1	2	3	4	
TAIF	3,82 ^a	3,72 ^{ab}	3,92 ^a	3,47 ^b	TAIF = $2,32 + 0,002351^{**}\text{N}$; $R^2 = 0,87$
TAIH	0,041 ^a	0,031 ^a	0,043 ^a	0,039 ^a	TAIH = $0,0218 + 0,0000278^{**}\text{N}$; $R^2 = 0,39$
TSFA	0,015 ^a	0,005 ^a	0,013 ^a	0,005 ^a	TSFA = $0,00938 \pm 0,0121$
TSFP	0,025 ^a	0,005 ^a	0,018 ^a	0,005 ^a	TSFP = $0,0131 \pm 0,0266$
TApF	0,118 ^a	0,121 ^a	0,124 ^a	0,119 ^a	TApF = $0,07925 + 0,00006844^{**}\text{N}$; $R^2 = 0,95$
FIL	9,07 ^a	8,87 ^a	8,81 ^a	9,09 ^a	FIL = $11,85 - 0,004816^{**}\text{N}$; $R^2 = 0,98$

Taxa de alongamento foliar (TAIF, $\text{cm}\cdot\text{perf}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$), taxa de alongamento das hastes (TAIH, $\text{cm}\cdot\text{perf}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$), taxa de senescência foliar anterior (TSFA, $\text{cm}\cdot\text{perf}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$), taxa de senescência foliar posterior (TSFP, $\text{cm}\cdot\text{perf}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$), taxa de aparecimento foliar (TApF, $\text{folhas}\cdot\text{dia}^{-1}$), filocrono (FIL, $\text{dias}\cdot\text{folha}^{-1}$); médias seguidas de letras iguais, na mesma linha, não diferem ($P>0,05$) pelo teste de Tukey; N = dose de nitrogênio; significativo ao nível de 1% (**).

Tal incremento demonstra o significativo papel desse nutriente no comportamento da TAIF (GARCEZ NETO et al., 2002; ALEXANDRINO et al., 2004; FAGUNDES et al., 2005), podendo ser atribuído, principalmente, ao incremento da produção de células (divisão celular) (VOLENEC; NELSON, 1984), reflexo da deposição de nutrientes, especialmente de nitrogênio nas zonas de alongamento e divisão celular (SKINNER; NELSON, 1995). Ainda, de acordo com Fagundes et al. (2005), o efeito da adubação nitrogenada sobre a taxa de alongamento foliar pode ser atribuído à grande influência do nitrogênio nos processos fisiológicos da planta, refletindo em incremento da referida variável.

A taxa de alongamento foliar é uma variável de grande relevância no fluxo de biomassa das plantas, visto que a mesma está diretamente relacionada à produção de biomassa de forragem, pois à medida que a TAIF aumenta, ocorre incremento na proporção de folhas e, conseqüentemente, maior área foliar fotossinteticamente ativa, promovendo maior acúmulo de biomassa, provavelmente, pela melhor relação entre carbono e nitrogênio para a rebrotação.

Não se constatou interação ($P>0,05$) entre os fatores (doses de nitrogênio x ciclos de pastejo) para a taxa de alongamento das hastes (TAIH), nem tampouco verificou-se diferença ($P>0,05$) entre os ciclos de pastejo avaliados, com média de $0,039 \pm 0,0044 \text{ cm}\cdot\text{perf}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ (Tabela 2). Constatou-se incremento ($P<0,05$) na TAIH com a elevação nas doses de nitrogênio, com valores estimados de 0,0218 e 0,0552 $\text{cm}\cdot\text{perf}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ para as doses de 0 a $1200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, respectivamente (Tabela 2). Apesar da resposta crescente verificada para TAIH, vale mencionar que os valores observados para a referida variável foram

diminutos quando comparado aos incrementos na TAIF, o que minimiza a participação da fração colmo na biomassa total.

A semelhança na taxa de alongamento das hastes com os ciclos sucessivos de pastejo revela uma característica positiva do capim-massai para utilização em sistemas intensivos de produção, pelo fato da forrageira responder preferencialmente em produção de biomassa foliar, não incrementando colmo ao longo dos ciclos de pastejo.

O aumento na participação de colmos ao longo dos ciclos de pastejo constitui um dos grandes problemas no manejo de gramíneas tropicais, podendo ser exemplificado com o capim-tanzânia, que apesar da sua qualidade comprovada, apresenta incremento na proporção de colmo (SANTOS et al., 2003), o que compromete sua relação folha/colmo e, conseqüentemente, acarreta diminuição na qualidade da biomassa produzida.

A taxa de alongamento das hastes apresenta relevância comprovada para o crescimento do pasto, pois garante a manutenção da arquitetura do dossel quando este atinge uma biomassa mais elevada, mantendo o distanciamento adequado entre as folhas e evitando um aumento no coeficiente de extinção luminosa (SUGYIAMA et al., 1985). Por outro lado, vale destacar os efeitos negativos proporcionados pelo incremento na proporção de colmo na biomassa total, com reflexo direto na qualidade da forragem produzida (reduzindo a qualidade da forrageira), pela diminuição na relação lâmina foliar/colmo, reduzindo, assim, o valor nutritivo da biomassa produzida (CÂNDIDO et al., 2006; SILVA et al., 2007a) e no seu aproveitamento pelos animais em pastejo (SILVA et al., 2007b).

Não se verificou interação ($P>0,05$) entre doses de nitrogênio x ciclos de pastejo para a taxa de senescência foliar anterior (TSFA) e posterior (TSFP). Ambas as variáveis (TSFA e TSFP) não foram influenciadas ($P>0,05$) pela adubação nitrogenada, com valores médios de $0,00938 \pm 0,012$ e $0,0131 \pm 0,027 \text{ cm}\cdot\text{perf}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$, respectivamente, nem tampouco foram alteradas ($P>0,05$) com os ciclos sucessivos de pastejo, com valores médios de $0,0095 \pm 0,0046$ e $0,0133 \pm 0,0086 \text{ cm}\cdot\text{perf}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$, respectivamente (Tabela 2).

Os baixos valores verificados para a taxa de senescência foliar anterior no capim-massai é justificado pela adoção de um baixo IAF residual (Tabela 4, capítulo IV), o que minimiza o aparecimento da senescência ao longo dos ciclos sucessivos de pastejo. Essa variável (TSFA) pode ser um indicativo em grande parte da intensidade de corte ou pastejo adotada, na medida em que um pastejo mais intenso repercute em menor área foliar residual e, conseqüentemente, numa menor quantidade de folhas que entrarão em senescência, reduzindo a taxa de senescência foliar anterior. Também pode ser um indicativo, embora que em menor

proporção, de frequência de pastejo, uma vez que períodos de descanso muito prolongados poderão ocasionar a senescência das primeiras folhas produzidas na rebrotação. Tais folhas, ao atingirem a senescência e morte, serão mais rejeitadas pelo animal em pastejo e contribuirão para a senescência das folhas produzidas no período de descanso anterior, que é a TSFA (POMPEU et al., 2009).

O comportamento semelhante observado para TSFP com as doses crescentes de nitrogênio, revelando valores próximos de zero, reflete o manejo eficaz da forrageira em estudo, com o período de descanso ajustado em função da dose de nitrogênio aplicada (LOPES, 2010). Com o crescimento da planta respondendo de forma diferenciada às doses crescentes de nitrogênio, com altas taxas de aparecimento e alongamento de folhas, o manejo do pasto visando à maior eficácia na produção e utilização da biomassa produzida, deverá preconizar um ajuste no período de descanso em função da dose de nitrogênio aplicada, conforme verificado no presente estudo.

A taxa senescência foliar posterior é um indicativo do ajuste da frequência de desfolhação à fisiologia do dossel, pois um pasto manejado para alta eficiência de uso da forragem produzida deve prevenir a senescência de folhas formadas na rebrotação, ou seja, deve apresentar uma TSFP igual ou próxima de zero (CÂNDIDO et al., 2006).

A taxa de aparecimento foliar (TApF) e o seu inverso, o filocrono, foram influenciados ($P < 0,05$) somente pela adubação nitrogenada, não havendo interação ($P > 0,05$) entre doses de nitrogênio x ciclos de pastejo (Tabela 2). A taxa de aparecimento foliar foi incrementada ($P < 0,05$) com a elevação nas doses de nitrogênio, estimadas em 0,0793; 0,107; 0,134 e 0,161 folhas•dia⁻¹ para as doses 0,0; 400; 800 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹ de nitrogênio, respectivamente, com incremento de 103,03% para a dose equivalente a 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹ em relação à ausência de adubação nitrogenada, confirmando, portanto, a relevância deste nutriente para o crescimento e produção de biomassa em gramíneas tropicais manejadas intensivamente.

Verificou-se valores médios de TApF e de filocrono ao longo dos ciclos de pastejo de $0,125 \pm 0,0023$ folhas•dia⁻¹ e $8,96 \pm 0,122$ dias•folha⁻¹, respectivamente (Tabela 2). A ausência de oscilação para estas variáveis ao longo dos ciclos de pastejo reflete a facilidade de manejo dessa forrageira, que responde bem ao manejo adotado e é pouco afetada por pequenas variações ambientais.

A TAIF, ao responder à adubação nitrogenada, com incremento de 121,55% nos pastos supridos com 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹ em relação aos não adubados, possivelmente, foi um

dos principais agentes modificadores da taxa de aparecimento foliar (TA_pF), pois o aparecimento de folhas sucessivas em níveis de inserção muito próximos, sob altas taxas de alongamento foliar, suportadas por doses crescentes de adubação nitrogenada, refletirão em maior TA_pF (GARCEZ NETO et al., 2002), demonstrando assim, a relevância do nitrogênio no padrão de resposta tanto da taxa de aparecimento foliar quanto na taxa de alongamento foliar, componentes morfológicos fundamentais na plasticidade fenotípica da planta. Esse fato se reveste de importância, pois dos componentes da biomassa, as folhas representam a fração de maior valor nutritivo, sendo a mais selecionada pelos animais em pastejo.

A adubação nitrogenada proporcionou resposta linear decrescente ($P < 0,05$) sobre o filocrono do capim-massai, com valores estimados de 11,85 e 6,07 dias•folha⁻¹ para as doses de nitrogênio equivalentes a 0,0 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹, respectivamente (Tabela 2).

O padrão de resposta observado para o filocrono no presente estudo, assim como os resultados relatados na literatura (MARTUSCELLO et al., 2005; MESQUITA; NERES, 2008; SILVA et al., 2009; POMPEU et al., 2010), demonstram a relevância do nitrogênio na redução do tempo para o aparecimento de folhas sucessivas no perfilho, uma vez que aumenta a produção de novas células (VOLENEC; NELSON, 1984), refletindo positivamente na produção de folhas. Com isso, a elevação nas doses de nitrogênio pode antecipar o momento de entrada dos animais no pasto, podendo resultar em maior número de ciclos de pastejo durante o ano para os pastos supridos com maiores doses de nitrogênio.

É relevante mencionar que a redução do filocrono com o incremento na adubação nitrogenada decorre do efeito do nitrogênio sobre as taxas de crescimento, especialmente a foliar (GARCEZ NETO et al., 2002), conferindo aos pastos maior capacidade de reconstituição da área foliar. Conseqüentemente, maior potencial de rebrotação, visto que, após a desfolhação, uma rápida recuperação de seu aparato fotossintético possibilita maior capacidade competitiva dos indivíduos na comunidade vegetal (MARTUSCELLO et al., 2006). Assim, o nitrogênio assume papel de extrema relevância ao favorecer essa recuperação, pois é um nutriente essencial em vários processos fisiológicos das forrageiras.

Constatou-se interação ($P < 0,05$) entre doses de nitrogênio x ciclos de pastejo para as taxas de produção de forragem (TPF) e de acúmulo de forragem (TAF). Em ambas as variáveis verificaram-se valores superiores ($P < 0,05$) nas maiores doses de nitrogênio, porém, não foi constatada diferença ($P > 0,05$) entre os ciclos de pastejo para os pastos não adubados e supridos com 400 kg•ha⁻¹•ano⁻¹ (Tabela 3). Na dose equivalente a 800 kg•ha⁻¹•ano⁻¹ de nitrogênio tanto a TPF quanto a TAF mostraram-se superiores nos ciclos de pastejo 3 e 4,

possivelmente, em função do aumento e posterior estabilização do perfilhamento nos referidos ciclos de pastejo.

Tabela 3 - Produção e acúmulo de forragem em pastos de capim-massai adubado com nitrogênio e pastejado por ovinos em lotação rotativa

Ciclo	Doses de nitrogênio ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$)				Equações (Efeito nitrogênio)
	0	400	800	1200	
Taxa de produção de forragem (TPF, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$)					
1	86,26 ^{Ac}	152,24 ^{Ab}	200,65 ^{Ca}	208,28 ^{Ca}	TPF = 95,26 + 0,161**N; R ² = 0,79
2	95,12 ^{Ad}	141,96 ^{Ac}	246,88 ^{Bb}	316,39 ^{Aa}	
3	87,62 ^{Ac}	175,78 ^{Ab}	290,50 ^{Aa}	285,22 ^{ABa}	
4	73,56 ^{Ac}	158,45 ^{Ab}	291,72 ^{Aa}	255,53 ^{Ba}	
Taxa de acúmulo de forragem (TAF, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$)					
1	84,65 ^{Ac}	145,49 ^{Ab}	198,43 ^{Ca}	207,01 ^{Ca}	TAF = 93,54 + 0,1604**N; R ² = 0,79
2	94,88 ^{Ad}	140,17 ^{Ac}	246,88 ^{Bb}	315,38 ^{Aa}	
3	87,39 ^{Ac}	168,79 ^{Ab}	288,75 ^{Aa}	283,78 ^{ABa}	
4	73,01 ^{Ad}	158,45 ^{Ac}	291,72 ^{Aa}	251,53 ^{Bb}	

Médias seguidas de letras iguais, na mesma linha (minúsculas) e na mesma coluna (maiúsculas), não diferem ($P>0,05$) pelo teste de Tukey; N = dose de nitrogênio; significativo ao nível de 1% (**).

A TPF e TAF responderam positivamente ($P<0,05$) à adubação nitrogenada, estimando-se valores de 95,26 e 288,46 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ (TPF) e 93,54 a 286,02 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ (TAF) para as doses de 0,0 e 1200 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, respectivamente (Tabela 3). A dose de 1200 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, proporcionou incremento de 202,8% na TPF e 205,8% na TAF, em relação ao tratamento sem adubação nitrogenada.

Tal incremento verificado para TPF nas maiores doses de nitrogênio é justificado pelo padrão de resposta crescente apresentado pelas taxas de alongamento e aparecimento foliar com a adubação nitrogenada, visto que ambas as variáveis apresentam correlação linear positiva ($r = 0,91^{**}$ e $0,85^{**}$, respectivamente) com a taxa de produção de forragem.

O acúmulo de forragem é o resultado do balanço entre os componentes do fluxo de biomassa individualmente e ao nível de comunidade. Os valores de TAF próximos aos de TPF refletem a baixa senescência foliar do capim-massai, que foi praticamente desprezível (com valores próximos de zero) ao longo dos ciclos de pastejo sucessivos.

Nessa situação, fica evidente que a produção de biomassa, reflexo dos processos de crescimento e desenvolvimento do dossel, pode ter sua eficiência substancialmente melhorada com o uso de fertilizantes, em especial o nitrogênio, por seu efeito positivo no fluxo de biomassa das plantas forrageiras (DURU; DUCROCQ, 2000).

4.4 CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada favorece os componentes do fluxo de biomassa do capim-massai, proporcionando incremento na produção e acúmulo de forragem da referida forrageira até a dose equivalente a $1200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$. Contudo, tais resultados devem ser associados a informações ambientais e econômicas para aplicação nos sistemas intensivos de produção. Os ciclos sucessivos de pastejo exercem pouca alteração sobre as características morfogênicas do capim-massai.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; MOSQUIM, P. R. et al. Características morfológicas e estruturais na rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a três doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1372-1379, 2004.
- ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; QUEIROZ, D. S. et al. Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. Cv. Napier). **Ciência e Agrotecnologia**, edição especial, p. 1643-1651, 2003.
- CÂNDIDO, M. J. D.; SILVA, R. G.; NEIVA, J. N. M. et al. Fluxo de biomassa em capim-tanzânia pastejado por ovinos sob três períodos de descanso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 2234-2242, 2006.
- CHAPMAN, D. F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17, 1993, New Zealand. **Proceedings...** New Zealand, 1993, p. 95-104.
- Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, (1999). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação** - Viçosa: UFV, 1999, 359 p.
- DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Ontogenic development and effect of temperature. **Annals of Botany**, v. 85, p. 635-643, 2000.
- FAGUNDES, L. J.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A. et al. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubadas com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 397-403, 2005.
- FULKERSON, W. J.; DONAGHY, D. J. Plant soluble carbohydrate reserves and senescence – key criteria for developing an effective grazing management system for ryegrass based pasture: a review. **Australian Journal Experimental Agriculture**, v. 41, p. 261-275, 2001.
- GARCEZ NETO, A. F.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; REGAZZI, A. J. et al. Respostas morfológicas e estruturais de *Panicum Maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p. 1890-1900, 2002.
- GILDERSLEEVE, R. R.; OCUMPAUGH, W. R.; QUESENBERRY, K. H. et al. Mobgrazing morphologically different *Aeschynomene* species. **Tropical Grasslands**, v. 21, n. 3, p. 123-132, 1987.
- LEMAIRE, G. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover. In: Simpósio Internacional Sobre Produção Animal em Pastejo, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. p. 117-144.

LOPES, M.N. **Adubação nitrogenada em capim-massai: trocas gasosas, morfologia e composição químico-bromatológica.** Fortaleza: Universidade Federal do Ceará - UFC, 2010. 157p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, 2010.

MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1475-1482, 2005.

MARTUCESLLO, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. et al. Características morfogênicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 665-671, 2006.

MESQUITA, E. E.; NERES, M. A. Morfogênese e composição bromatológica de cultivares de *Panicum maximum* em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 2, p. 201-209, 2008.

POMPEU, R. C. F. F.; CÂNDIDO, M. J. D.; NEIVA, J. N. M. et al. Fluxo de biomassa em capim-tanzânia sob lotação rotativa com quatro níveis de suplementação concentrada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 809-817, 2009.

POMPEU, R. C. F. F.; CÂNDIDO, M. J. D.; LOPES, M. N. et al. Características morfofisiológicas do capim-aruaana sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 4, p. 1187-1210, 2010.

SANTOS, P. M.; BALSALOBRE, M. A. A.; CORSI, M. Morphogenetic characteristics and management of tanzania grass. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 8, p. 991-997, 2003.

SAS INSTITUTE. **SAS System for Windows.** Version 9.0. Cary: SAS Institute Inc. 2003. 2 CD-ROMs.

SILVA, C. C. F.; BONOMO, P.; PIRES, A. J. V. et al. Características morfogênicas e estruturais de duas espécies de braquiária adubadas com diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 657-661, 2009.

SILVA, R. G.; CÂNDIDO, M. J. D.; NEIVA, J. N. M. et al. Características estruturais do dossel de pastagens de capim-tanzânia mantidas sob três períodos de descanso com ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1255-1265, 2007a.

SILVA, R.G.; NEIVA, J. N. M.; CÂNDIDO, M. J. D. et al. Aspectos comportamentais e desempenho produtivo de ovinos mantidos em pastagens de capim-tanzânia manejado sob lotação intermitente. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 4, p. 609-620, 2007b.

SKINNER, R. H.; NELSON, C. J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v. 35, n. 1, p. 4-10, 1995.

SUGIYAMA, S.; YONEYAMA, M.; TAKAHASHI, N. et al. Canopy structure and productivity of *Festuca arundinaceae* Schreb, swards during vegetative and reproductive growth. **Grass and Forage Science**, v. 40, n.1, p.49-55, 1985.

VITOR, C. M. T.; FONSECA, D. M.; CÓSER, A. C. et al. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 435-442, 2009.

VOLENEC, J. J.; NELSON, C. J. Carbohydrate metabolism in leaf meristems of tall fescue. II. Relationship to leaf elongation rates modified by nitrogen fertilization. **Plant Physiology**, v. 74, p. 595-600, 1984.

5 CAPÍTULO IV: ESTRUTURA E COMPONENTES DA BIOMASSA NO PRÉ E PÓS-PASTEJO EM CAPIM-MASSAI ADUBADO COM NITROGÊNIO SOB LOTAÇÃO ROTATIVA COM OVINOS

RESUMO

Objetivou-se avaliar a estrutura e os componentes da biomassa do capim-massai sob lotação rotativa com ovinos e adubado com nitrogênio (controle - 0; 400; 800 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹), num delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo. Constatou-se no pré-pastejo resposta quadrática para as variáveis: biomassa de forragem total, de forragem verde, de lâmina foliar verde, de colmo verde, densidade total de forragem, altura do dossel e relação material vivo/material morto, alcançando valores máximos (6565,2; 5172,9; 4146,3; 1033,9 kg•ha⁻¹•ciclo⁻¹; 179,1 kg•ha⁻¹•cm⁻¹; 36,8 cm; 4,0; respectivamente) nas doses de nitrogênio de 847; 896; 933,9; 797; 879,2; 751,4 e 1161 kg•ha⁻¹•ano⁻¹, respectivamente. Para todas as variáveis analisadas no pré-pastejo verificou-se oscilação entre os ciclos de pastejo estudados. Elevação nas doses de nitrogênio proporcionou resposta crescente sobre as variáveis: densidade populacional de perfilhos residual, biomassa de forragem total residual, de forragem verde residual, de forragem morta residual, densidade total de forragem residual e densidade de forragem verde residual. Verificou-se resposta quadrática para a biomassa de colmo verde residual e densidade de colmo verde residual, alcançando valores máximos (1.014,4 kg•ha⁻¹•ciclo⁻¹ e 67,9 kg•ha⁻¹•cm⁻¹, respectivamente) nas doses de nitrogênio de 881 e 872,1 kg •ha⁻¹•ano⁻¹, respectivamente. Observou-se resposta quadrática para a relação lâmina foliar/colmo residual e índice de qualidade da biomassa residual, alcançando valores mínimos (0,75; 23%, respectivamente) nas doses de nitrogênio de 707,6 e 679,3 kg•ha⁻¹•ano⁻¹, respectivamente. Os ciclos de pastejo exerceram alterações sobre a maioria das variáveis analisadas, exceto para a biomassa de forragem verde residual, relação material vivo/material morto residual e densidade de forragem verde residual. A adubação nitrogenada exerce respostas positivas sobre os componentes da biomassa e estrutura do dossel do capim-massai no pré e pós-pastejo, recomendando-se a dose equivalente a 934 kg•ha⁻¹•ano⁻¹ para o manejo intensivo do capim-massai.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada. Biomassa de forragem verde. Biomassa de lâmina foliar verde. *Panicum maximum* x *Panicum infestum*.

**STRUCTURE AND BIOMASS COMPONENTS ON BEFORE AND AFTER
GRAZING IN MASSAI GRASS WITH NITROGEN UNDER INTERMITTENT
STOCKING WITH SHEEP**

ABSTRACT

To evaluate the structure and biomass components on before and after grazing in massai grass subjected to different nitrogen (N) fertilization levels (control - 0; 400; 800 and 1200 kg N•ha⁻¹•year⁻¹) and under rotational stocking with sheep, this study was undertaken. Was used a completely randomized design with measurements repeated in time. There was square response for total forage biomass, green forage biomass, green leaf biomass, green culm biomass, forage total density, canopy height e material alive/senescent material ratio reaching maximum values (6565.2; 5172.9, 4146.3, 1033.9 kg•ha⁻¹•cycle⁻¹; 179.1 kg•ha⁻¹•cm⁻¹, 36.8 cm, 4.0, respectively) for levels of nitrogen fertilization 847; 896; 933.9; 797; 879.2; 751.4 and 1161 kg•ha⁻¹•year⁻¹, respectively. For all variables studied in before grazing there was observed oscillation between the grazing cycles studied. The nitrogen levels provided increment of the variables: residual tiller population density, residual total herbage biomass, residual green herbage biomass, senescent herbage biomass, residual total herbage density and residual green herbage density. It was observed square response for residual green stem herbage biomass and residual green stem density, reaching maximum values (1,014.4 kg•ha⁻¹•cycle⁻¹ and 67.9 kg•ha⁻¹•cm⁻¹, respectively) for the nitrogen fertilization levels of 881 and 872.1 kg•ha⁻¹•year⁻¹, respectively. It was observed square response for residual leaf/culm ratio and residual biomass quality index, reaching minimum values (0.75; 23%, respectively) for of levels of nitrogen fertilization of 707.6 and 679.3 kg•ha⁻¹•year⁻¹, respectively. The grazing cycles influenced the most variables, except for the residual green herbage biomass, residual alive/senescent relation and residual green herbage density. Nitrogen fertilization has positive response on biomass components and structure canopy of massai grass before and after grazing, recommending the level equivalent to 934 kg•ha⁻¹•year⁻¹ for intensive management of massai grass.

Keywords: Nitrogen fertilization. Green forage biomass. Green leaf biomass. *Panicum maximum* x *Panicum infestum*.

5.1 INTRODUÇÃO

A maximização na produção de biomassa das forrageiras é reflexo de condições específicas adequadas como luminosidade, umidade, disponibilidade de nutrientes, temperatura e manejo e dentre estes, a disponibilidade de nutrientes exerce elevada influência na qualidade e na produção de biomassa das plantas forrageiras. Dentre os nutrientes, o nitrogênio assume papel relevante no incremento de produtividade (ALVES et al., 2008; POMPEU et al., 2010; MAGALHÃES et al., 2006) e na qualidade da forragem produzida (CHAGAS; BOTELHO, 2005), além de proporcionar maior vigor de rebrotação, por acelerar a capacidade de recuperação das plantas desfolhadas, garantindo persistência e perenidade dos pastos ao longo dos ciclos sucessivos de pastejo ou corte.

Somando-se ao suprimento nutricional, em especial a adubação nitrogenada, é imperativo um monitoramento rigoroso da condição residual do pasto, visto que, a persistência e vigor da rebrotação nos ciclos posteriores dependerão da participação do componente folha na biomassa de forragem remanescente (REZENDE et al., 2008) e das reservas armazenadas nas demais partes do vegetal (base do colmo e raízes).

Outro componente relevante da estrutura do pasto é a altura residual, tendo em vista que a mesma pode influenciar o acúmulo e a composição morfológica da forragem produzida (PENA et al., 2009). Por meio da altura de pastejo preconizada, pode-se controlar o alongamento de colmos, fração indesejável e de composição bromatológica inferior àquela de lâminas foliares, apresentando baixa qualidade (DIFANTE et al., 2009), porém, tal manejo de controle do alongamento das hastes deverá ser feito dentro dos limites de tolerância da planta forrageira à desfolhação, de forma a não comprometer a persistência do pasto.

A estrutura residual da pastagem exerce fundamental relevância na capacidade das forrageiras persistirem sob desfolhações frequentes (BRISKE, 1996), que dependendo da intensidade de corte ou pastejo, haverá alterações na estrutura do dossel (plasticidade fenotípica) ao longo de seu desenvolvimento, conforme o manejo adotado.

O potencial de resposta das forrageiras à adubação, em especial a nitrogenada é um aspecto relevante na escolha de cultivares para sistemas intensivos de produção animal em pastagens. O capim-massai, um híbrido natural entre *Panicum maximum* x *Panicum infestum* lançado em 2001 pela Embrapa Gado de Corte, revelou características importantes em estudos conduzidos por Martuscello et al. (2006) e Lopes et al. (2011a), no tocante à produção de biomassa foliar, relação lâmina foliar/colmo, elevada capacidade de emitir folhas e perfilhos,

entre outras, em resposta à adubação nitrogenada sob condições de casa de vegetação. No entanto, em condições de manejo intensivo em lotação rotativa com ovinos e adubado com nitrogênio e sob irrigação, estudos com o propósito de avaliar a estrutura e os componentes da biomassa no pré e pós-pastejo em capim-massai ainda são incipientes.

Diante do exposto, conduziu-se esta pesquisa com o objetivo de estudar o capim-massai manejado sob lotação rotativa com ovinos e adubado com nitrogênio por meio da avaliação da estrutura do dossel e dos componentes da biomassa no pré e pós-pastejo.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se o experimento em pastagem de *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai, pertencente ao Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará - NEEF/DZ/CCA/UFC, em Fortaleza - CE, no ano de 2009.

A cidade de Fortaleza localiza-se a uma altitude média de 21 metros, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude sul de 03° 45' 47'', longitude oeste de 38° 31' 23'', com clima do tipo Aw', tropical chuvoso, segundo classificação de Köppen. As médias mensais de temperatura (temperaturas média máxima, média e média mínima), precipitação e insolação referentes ao período experimental são apresentadas na Figura 1.

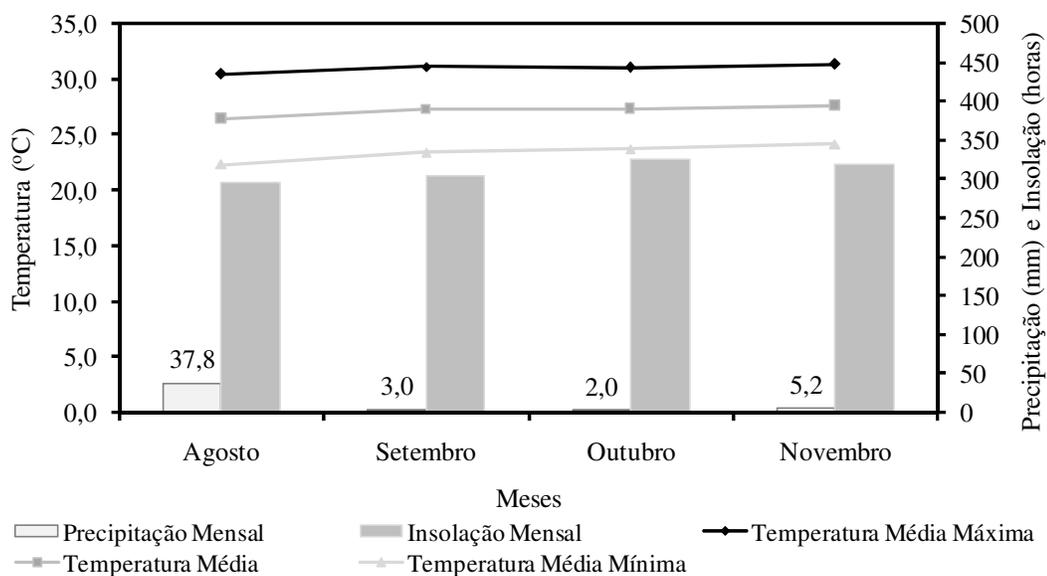


Figura 1 – Dados climáticos referentes ao período experimental, em Fortaleza - CE, no ano de 2009.

O solo da área experimental classifica-se como Argissolo amarelo, possuindo como material de origem sedimentos areno-argilosos da formação barreira (EMBRAPA, 1999). As características químicas do solo revelam-se pela análise (0 - 20 cm de profundidade), realizada ao início da instalação do experimento, são apresentadas na Tabela 1. A partir dos resultados da análise de solo realizaram-se as adubações, conforme

recomendação da CFSEMG (1999), para níveis de fertilidade sugeridos para gramíneas de alto potencial produtivo e com alto nível de produção.

Tabela 1 - Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, ao início da instalação do experimento

P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Mn	pH	Al ³⁺	Na ⁺	SB	CTCt	MO
mg dm ⁻³								H ₂ O	cmol _c dm ⁻³			g kg ⁻¹	
9,0	15,64	260,51	145,84	10,9	0,4	8,3	11,9	5,7	0,35	0,10	2,64	2,99	18,62

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, arranjado em parcelas subdivididas, com medidas repetidas no tempo (ciclos de pastejo sucessivos) com duas repetições (piquetes de 42,3 m²). Estudou-se as doses de nitrogênio (controle - sem adubação nitrogenada; 400; 800 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹) nas parcelas, e os ciclos de pastejo, nas subparcelas.

Implantou-se a gramínea em setembro de 2008 por meio de sementeira a lanço, após o preparo do solo (gradagem), com taxa de sementeira equivalente a 2,0 kg•ha⁻¹ de sementes puras viáveis (SPV), sendo manejada sob pastejo em lotação rotativa com ovinos até o período experimental.

Manejou-se o pasto de capim-massai sob irrigação por aspersão fixa de baixa pressão (pressão de serviço < 2,0 kgf/cm²), com lâmina líquida de 7,0 mm•dia⁻¹, turno de rega de 3 dias e tempo de irrigação (Ti) de 8 horas, no período noturno, buscando-se melhor uniformização da lâmina aplicada. Para determinação dos parâmetros acima mencionados, realizou-se inicialmente a avaliação do sistema de irrigação, conforme funcionaria durante o período experimental.

As adubações fosfatadas (superfosfato simples), potássica (cloreto de potássio) e de micronutrientes (FTE BR-12) realizaram-se de acordo com os resultados da análise do solo. As aplicações de nitrogênio (uréia) e de potássio foram parceladas. Dividiu-se a dose de nitrogênio para cada tratamento em duas parcelas, sendo a primeira metade aplicada logo após a saída dos animais do piquete e a segunda metade aplicada na metade do período de descanso, de acordo com cada dose avaliada. Em todas as aplicações de nitrogênio, fez-se a diluição da uréia em água, buscando-se melhor uniformização de aplicação em função da pequena quantidade do fertilizante por parcela, dificultando a aplicação na forma sólida, com irrigação posterior para se evitar possível “queima” das folhas. Na aplicação utilizou-se

pulverizador costal, com volume de calda padronizado em função de teste de campo previamente realizado.

Disponibilizou-se o potássio em três aplicações, sendo a primeira ($160 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O) realizada no início da instalação do experimento, juntamente com a primeira parcela de nitrogênio. A segunda e a terceira aplicação de potássio (160 e $160 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O , respectivamente) realizaram-se juntamente com a primeira dose de nitrogênio logo após a saída dos animais em cada um dos ciclos de pastejo posteriores. O fornecimento de fósforo ($250 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5) foi de uma só vez, juntamente com as primeiras parcelas de potássio e nitrogênio, no início da instalação do experimento. Neste momento, aplicaram-se os micronutrientes ($50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de FTE BR-12).

O período de descanso adotado foi de aproximadamente 1,5 novas folhas por perfilho, conforme determinação em pré-ensaio quando do início da instalação do experimento, propiciando um intervalo de 22; 18; 16 e 13 dias para as doses 0,0 – controle; 400; 800 e $1200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ de nitrogênio, respectivamente.

Os animais utilizados para rebaixamento do pasto até a altura residual preconizada foram ovinos ($\frac{1}{2}$ Morada Nova x $\frac{1}{2}$ SPRD), alocados em piquetes de $42,3 \text{ m}^2$. A técnica de “mob-grazing” (GILDERSLEEVE et al., 1987) foi usada para a realização dos pastejos, empregando-se grupos de animais para desfolhações rápidas (duração de 7 a 11 horas), simulando um manejo sob lotação rotativa. À medida que os animais pastavam, a altura do pasto foi monitorada com auxílio de uma régua, até que o dossel atingisse a altura residual preconizada de aproximadamente 15 cm, correspondendo ao IAF residual de saída dos animais do piquete de aproximadamente 1,5, conforme determinação em pré-ensaio para instalação do experimento.

A cada ciclo de pastejo, foi colhido rente ao solo em cada parcela experimental (piquete de $42,3 \text{ m}^2$) a biomassa total pré e pós-pastejo (Figuras 2 e 3, respectivamente) presente em duas molduras de $0,25 \times 0,25 \text{ m}$ cada, sendo encaminhada ao laboratório para separação dos componentes: folha expandida, folha emergente, pseudocolmo (colmo + bainha) e material morto (Figura 4).



Figura 2 - Colheita da biomassa total pré-pastejo em capim-massai adubado com nitrogênio e pastejado por ovinos em lotação rotativa.



Figura 3 - Pasto de capim-massai na altura residual de saída dos animais do piquete.



Figura 4 - Fracionamento dos componentes da biomassa do capim-massai no pré-pastejo.

Após a separação dos componentes mencionados, as amostras foram colocadas em estufa de ventilação forçada (55 °C até peso constante), para posterior estimativa das produções de biomassa de forragem no pré e pós-pastejo. No pré-pastejo foram avaliadas as seguintes variáveis: biomassa de forragem total (BFT, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$), biomassa de forragem verde (BFV, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$), biomassa de lâmina foliar verde (BLV, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$), biomassa de forragem morta (BFM, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$), biomassa de colmo verde (BCV, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$) e densidade total de forragem ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$). Avaliou-se também, as relações lâmina foliar/colmo (LF/C), material vivo/material morto (MV/MM), além do comprimento do pseudocolmo (cm), comprimento médio final das folhas (CMF, cm) e altura do dossel (cm).

No pós-pastejo foram estudadas as seguintes variáveis: biomassa de forragem total residual (BFTr, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$), de forragem verde residual (BFVr, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$), de lâmina foliar verde residual (BLVr, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$), de forragem morta residual (BFMr, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$) e de colmo verde residual (BCVr, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$). Avaliou-se também, altura residual (cm), densidade populacional de perfilhos residual (DPPr, $\text{perfilhos}\cdot\text{m}^{-2}$), as relações lâmina foliar/colmo residual (LF/Cr), material vivo/material morto residual (MV/MMr), o índice de área foliar residual (IAFr) e o índice de qualidade da biomassa residual (IQBr, %).

Determinou-se o IQBr pela razão entre a biomassa de lâmina foliar verde residual (BLVr) e a biomassa de forragem total residual (BFTr), representando a participação do componente de maior relevância (lâmina foliar) na biomassa total residual. A estimativa da densidade de cada componente da biomassa de forragem residual foi obtida pela divisão da biomassa de cada fração pela altura residual, obtendo-se assim a biomassa por cada unidade de comprimento do referido componente estudado. Avaliou-se a densidade total de forragem

residual (DTFr, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$), densidade de forragem verde residual (DFVr, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$), densidade de lâmina foliar verde residual (DLVr) e densidade de colmo verde residual (DCVr, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$).

Submeteu-se os dados à análise de variância, teste de comparação de médias e análise de regressão. A interação adubação nitrogenada x ciclos de pastejo foi apresentada quando significativa ($P<0,05$) pelo teste F. Os ciclos de pastejo foram comparados pelo teste de Tukey ($P<0,05$). Avaliou-se o efeito das doses de adubo nitrogenado por análise de regressão. A escolha dos modelos baseou-se na significância dos coeficientes linear e quadrático, por meio do teste “t”, de Student ($P<0,05$) e no coeficiente de determinação. Como ferramenta de auxílio às análises estatísticas, adotou-se o procedimento MIXED e GLM, do programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2003).

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não se observou interação ($P>0,05$) entre os fatores para a altura do dossel, contudo, essa variável foi influenciada ($P<0,05$) pelas doses de nitrogênio e mostrou-se praticamente semelhante ($P>0,05$) entre os ciclos de pastejo avaliados (Tabela 2). Constatou-se diferença ($P<0,05$) apenas entre o primeiro e segundo ciclo de pastejo com este último apresentando valor inferior em relação ao primeiro, reflexo de um impacto do pastejo inicial sobre a planta, em função da estrutura desta ainda não estar adaptada ao pastejo intenso, como consequência das adaptações morfológicas da gramínea durante o processo de rebrotação. Nos ciclos de pastejo 2; 3 e 4, verificou-se que a altura pré-pastejo do pasto apresentou-se homogênea ao longo dos mesmos, refletindo no crescimento uniforme e vigoroso da forrageira, em resposta à consolidação da sua estrutura.

A adubação nitrogenada proporcionou resposta quadrática ($P<0,05$) sobre a altura do dossel, com valores estimados em 34,2 e 35,8 cm nas doses equivalentes a 0,0 e 1200 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, respectivamente, sendo maximizada (36,8 cm) na dose equivalente a 751,4 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ (Tabela 2). A elevação inicial na altura do pasto refletiu a maior disponibilidade de nitrogênio no solo e sua consequente absorção pelas plantas, em função do referido nutriente acelerar o crescimento dos tecidos. A elevação na altura do dossel foi consistente com o incremento ($P<0,05$) no comprimento do pseudocolmo com a adubação nitrogenada, com estimativa de 10,5 e 12,5 cm nas doses 0,0 e 1200 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, respectivamente, apresentando valores inferiores ($P<0,05$) nos ciclos de pastejo 3 e 4 (Tabela 2).

Tabela 2 - Características estruturais em *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai adubado com nitrogênio e sob lotação rotativa com ovinos

Variáveis	Ciclo de pastejo				Equações (Efeito do nitrogênio)
	1	2	3	4	
AltDos	36,6 ^a	35,1 ^b	35,4 ^{ab}	35,9 ^{ab}	AltDos = 34,15 + 0,007018**N - 0,00000467**N ² ; R ² = 0,32
CPseud	12,5 ^a	11,7 ^b	10,7 ^c	11,1 ^c	CPseud = 10,49 + 0,001698**N; R ² = 0,43
CMF	32,03 ^a	30,24 ^a	31,73 ^a	28,69 ^b	CMF = 24,62 + 0,03028**N - 0,00002163**N ² ; R ² = 0,70

Altura do dossel (AltDos, cm), comprimento do pseudocolmo (CPseud, cm), comprimento médio final das folhas (CMF, cm); N = dose de nitrogênio; médias seguidas de letras iguais, na mesma linha, não diferem (P>0,05) pelo teste de Tukey; significativo ao nível de 1% (**).

A redução no comprimento do pseudocolmo nos últimos ciclos de pastejo deveu-se possivelmente à exteriorização da lígula da folha a ser expandida abaixo da folha anteriormente exposta. Dessa forma, favorece a estabilização e até a diminuição no comprimento do pseudocolmo nos ciclos sucessivos de pastejo, reflexo da adaptação morfológica da planta, com resposta mais pronunciada com os ciclos sucessivos de pastejo. A partir das doses mais elevadas de adubação nitrogenada (equivalente a 1100 kg•ha⁻¹•ano⁻¹) verificou-se, para o comprimento do pseudocolmo, incrementos diminutos (0,81%) em relação à dose equivalente a 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹.

Apesar da resposta crescente verificada para o comprimento do pseudocolmo, o padrão de resposta revelado pela referida variável, com pequenos incrementos, somado ao crescimento decumbente da gramínea nas maiores doses de nitrogênio (LOPES et al., 2011a) e associado à elevada densidade de lotação adotada (0,35 ovinos•m⁻²•dia⁻¹), resultou em diminuição na altura do dossel do capim-massai no referido ensaio em doses superiores a 751,4 kg•ha⁻¹•ano⁻¹ e refletiu o mecanismo de plasticidade fenotípica da planta forrageira à desfolhações frequentes e intensas.

Não se observou interação (P>0,05) entre doses de nitrogênio x ciclos de pastejo para o comprimento médio das folhas (CMF), ficando a significância (P<0,05) limitada aos fatores isolados (Tabela 2). Constatou-se resposta quadrática (P<0,05) para o comprimento médio das folhas (CMF) com a elevação nas doses de nitrogênio, revelando valores estimados de 24,62 e 29,81 cm nas doses 0,0 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹, respectivamente, alcançando ponto de máximo (35,22 cm) na dose de nitrogênio equivalente a 700 kg•ha⁻¹•ano⁻¹ (Tabela 2). Tal incremento no CMF até a dose de 700 kg•ha⁻¹•ano⁻¹, deveu-se principalmente ao aumento na taxa de alongamento foliar, que contribui para a reconstituição da área foliar após o pastejo, fundamental para manutenção da perenidade do pasto (ALEXANDRINO et al., 2004).

Observaram-se valores semelhantes ($P>0,05$) no CMF nos três primeiros ciclos de pastejo (Tabela 2), demonstrando estabilização da forrageira e o manejo criterioso dos animais em pastejo. Verificou-se valor inferior ($P<0,05$) para o CMF no ciclo de pastejo 4, justificado pela menor taxa de alongamento foliar (Tabela 2, capítulo III) verificada neste ciclo de pastejo, refletindo o menor IAF residual verificado no referido ciclo.

Estudando as características morfológicas do capim-mombaça em resposta a diferentes doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 200 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ de solo), Garcez Neto et al. (2002), constataram que o aumento no tamanho da lâmina foliar pode ser explicado simultaneamente pela adubação nitrogenada, aumentando de forma expressiva o número de células em divisão e pela altura de corte, definindo maior comprimento da bainha foliar.

Não foi constatada interação ($P>0,05$) entre doses de nitrogênio x ciclos de pastejo para as variáveis: biomassa de forragem total (BFT), biomassa de forragem verde (BFV), biomassa de lâmina foliar verde (BLV), biomassa de forragem morta (BFM) e biomassa de colmo verde (BCV). Constatou-se influência ($P<0,05$) da adubação nitrogenada sobre as variáveis BFT, BFV, BLV e BCV, com as mesmas revelando resposta quadrática às doses de nitrogênio (Tabela 3), porém, para BFM tal influência da adubação nitrogenada não foi verificada ($P>0,05$), apresentando valor médio de $1335,6 \pm 299,3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$, reflexo da ausência de efeito do referido nutriente sobre a senescência foliar. Verificou-se valores semelhantes ($P>0,05$) para BFT, BFV e BLV nos ciclos de pastejo 1; 2 e 3, com o ciclo de pastejo 4 revelando valor superior ($P<0,05$) em relação aos ciclos de pastejo 2 e 3 para as referidas produções de biomassa (Tabela 3).

Tabela 3 – Componentes da biomassa em *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai adubado com nitrogênio e sob lotação rotativa com ovinos

Variáveis	Ciclo de pastejo				Equações (Efeito do nitrogênio)
	1	2	3	4	
BFT	5910,0 ^{bc}	5358,0 ^c	5415,8 ^c	6129,0 ^{ab}	$\text{BFT} = 4202,1 + 5,58^{**}\text{N} - 0,003294^{**}\text{N}^2$; $\text{R}^2 = 0,65$
BFV	4369,0 ^{bc}	4070,4 ^c	4249,6 ^c	4781,4 ^{ab}	$\text{BFV} = 2927,8 + 5,01^{**}\text{N} - 0,002795^{**}\text{N}^2$; $\text{R}^2 = 0,76$
BLV	3482,4 ^{bc}	3367,6 ^c	3433,0 ^c	3798,4 ^{ab}	$\text{BLV} = 2390,5 + 3,76^{**}\text{N} - 0,002013^{**}\text{N}^2$; $\text{R}^2 = 0,78$
BCV	886,6 ^a	702,8 ^b	816,6 ^{ab}	983,0 ^a	$\text{BCV} = 537,3 + 1,246^{**}\text{N} - 0,0007816^{**}\text{N}^2$; $\text{R}^2 = 0,53$
BFM	1541,0 ^a	1287,6 ^{ab}	1166,2 ^b	1347,6 ^{ab}	$\text{BFM} = 1335,6 \pm 299,3$
DTF	161,0 ^{ab}	152,5 ^b	152,3 ^b	170,1 ^a	$\text{DTF} = 123,24 + 0,12696^{**}\text{N} - 0,0000722^{**}\text{N}^2$; $\text{R}^2 = 0,61$
MV/MM	2,85 ^b	3,31 ^{ab}	3,84 ^a	3,63 ^a	$\text{MV/MM} = 2,38 + 0,002865^{**}\text{N} - 0,000001234^{**}\text{N}^2$; $\text{R}^2 = 0,41$
LF/C	4,04 ^b	5,07 ^a	4,34 ^{ab}	3,89 ^b	$\text{LF/C} = 4,33 \pm 0,92$

médias seguidas de letras iguais, na mesma linha, não diferem ($P>0,05$) pelo teste de Tukey; N = dose de nitrogênio; significativo ao nível de 1% (**).

Apesar da maior disponibilidade de nitrogênio acelerar o metabolismo da planta, o que poderia incrementar perdas de forragem pela antecipação da maturidade e senescência das primeiras folhas formadas, em resposta ao aumento na competição por fotoassimilados (GOMIDE et al., 2003). No presente ensaio, tal efeito não foi verificado, visto que o período de descanso adotado para a forrageira variou em função da dose de nitrogênio aplicada, na qual as maiores doses dos pastos foram manejados sob menores períodos de descanso e vice-versa. Neutralizando assim, o efeito do referido nutriente em promover a senescência foliar, com a consequente oferta de forragem de melhor qualidade.

Verificaram-se valores estimados de 4202,1 e 6154,7 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$ de BFT; 2927,8 e 4915 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$ de BFV; 2390,5 e 4003,8 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$ de BLV; 537,3 e 907 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$ de BCV, nas doses de nitrogênio de 0,0 e 1200 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, respectivamente, com produções maximizadas (6565,2; 5172,9; 4146,3 e 1033,9 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$ de BFT, BFV, BLV e BCV, respectivamente) nas doses 847; 896; 934 e 797 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, respectivamente (Tabela 3). Para as variáveis BFV e BLV, observaram-se incrementos de 76,7 e 73,4%, respectivamente, nas doses 896 e 934 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, respectivamente, em relação à ausência de nitrogênio.

A produção de 1755,8 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$ a mais na BLV, proporcionada pela dose de 934 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, quando comparada às plantas não supridas com nitrogênio, torna-se ainda mais consistente quando analisada ao longo de pelo menos sete meses de seca no Semiárido Brasileiro, onde é possível adotar manejo intensivo e controlado (nutrientes, umidade) e com baixa variação na radiação solar e na temperatura. Considerando as condições mencionadas, a referida gramínea quando manejada para utilização (entrada dos animais nos piquetes) com 1,5 novas folhas produzidas na rebrotação, a dose apresentada (934 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$) possibilitará manejar essa forrageira com um período de descanso de 11 dias em comparação a um período de 18 dias proporcionado pela ausência de adubação nitrogenada. Tal diferença resultará em 19,1 ciclos de pastejo para a dose de 934 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ comparado com 11,7 ciclos de pastejo para as plantas não adubadas com nitrogênio, considerando um período de seca de 210 dias (7 meses).

A dose de 934 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ de nitrogênio proporcionará uma produção de 79194,3 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de BLV ao longo do referido período (210 dias) em comparação a uma produção de 27729,8 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de BLV ao longo do mesmo período, resultando numa diferença de 51464,5 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de BLV. Ratificou-se assim, a relevância da adubação nitrogenada em condições de manejo intensivo e com forrageiras de elevada capacidade de resposta ao

nitrogênio para a maximização da produção de biomassa foliar, refletindo na maior conversão em produto animal como consequência da elevação na capacidade de suporte do pasto, reflexo do incremento de biomassa de melhor qualidade (lâmina foliar). Entretanto, vale ressaltar a relevância da realização de estudos no tocante a viabilidade econômica e os impactos ambientais em pastagens adubadas com elevadas doses de adubação nitrogenada.

O aumento em biomassa de folha proporcionado pela adubação nitrogenada em plantas de capim-massai até a dose de $934 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ pode ser justificado em parte pela variável taxa de alongamento foliar (TAIF) (POMPEU et al., 2010), haja vista que a TAIF se relaciona positivamente com a produção forrageira (HORTST et al., 1978; GARCEZ NETO et al., 2002).

Os incrementos verificados na BFV e BLV podem ser atribuídos ao efeito do nitrogênio sobre a densidade populacional de perfilhos (aumento de 46,5% na DPP para a dose equivalente a $993,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ em relação à ausência de adubação nitrogenada), dada a influência desta variável sobre as referidas produções (MARTUSCELLO et al., 2006; LOPES et al., 2011a). Além do efeito benéfico da adubação nitrogenada sobre produção de biomassa radicular (LOPES et al., 2011), com maior volume de raízes, favorecendo uma maior absorção de nutrientes e, conseqüentemente, um maior desenvolvimento vegetativo da planta (ALVES et al., 2008).

Tal efeito da adubação nitrogenada sobre a DPP, reflexo do estímulo dos pontos de crescimento, associado ao expressivo incremento no fluxo de órgãos vegetais (DURU; DUCROCQ, 2000) proporcionado por esse nutriente, reflete em aumento na taxa de alongamento foliar (POMPEU et al., 2010; ALEXANDRINO et al., 2004), com conseqüente elevação na área foliar. Justifica-se assim, os incrementos nas biomassas de forragem total, forragem verde e lâmina foliar verde até a maximização nas doses equivalentes a 847; 896 e $934 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ de nitrogênio, respectivamente. Menciona-se ainda, o efeito positivo do nitrogênio sobre as trocas gasosas da planta (POMPEU et al., 2010; LOPES et al., 2011b).

Dentre os componentes da biomassa total, a lâmina foliar verde é a fração de maior relevância no potencial fotossintético dos pastos, além de ser variável estrutural essencial para o desempenho animal em pastejo, uma vez que é a fração com melhor composição nutricional e de maior aceitabilidade pelos animais.

Vale destacar que para a obtenção de elevadas produções de biomassa de forragem ao longo de sucessivos ciclos de pastejo, faz-se necessário a manutenção de equilíbrio nutricional, sendo imperativo, além da adubação nitrogenada, um monitoramento

criterioso visando a manter adequado o suprimento dos demais macro (fósforo, potássio, enxofre, cálcio e magnésio) e micronutrientes. Estes, em conjunto, influenciam na resposta das plantas forrageiras submetidas a elevadas doses de nitrogênio.

As produções de BCV e BFM oscilaram ($P < 0,05$) entre os ciclos de pastejo, porém não se verificou um padrão de alteração definido para ambas as variáveis ao longo dos ciclos (Tabela 3). A alteração constatada para BCV é reflexo da variação verificada no comprimento do pseudocolmo (Tabela 2) e perfilhamento da gramínea ao longo dos ciclos, demonstrado pela correlação positiva entre a BCV e o comprimento do pseudocolmo e daquela com a densidade populacional de perfilhos, respectivamente ($r = 0,50^{**}$ e $r = 0,50^{**}$). A variação observada para BFM deveu-se à alteração na mortalidade de perfilhos ao longo dos ciclos de pastejo, em função da decapitação e pisoteio do capim pelos animais em pastejo, visto que a senescência foliar foi praticamente desprezível e não foi alterada com os ciclos sucessivos de pastejo.

A elevação na biomassa de colmo até a dose equivalente a $797 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, pode ser atribuída em parte ao incremento verificado para o comprimento do pseudocolmo proporcionado pela adubação nitrogenada, reflexo do efeito do nitrogênio sobre a taxa de alongamento das hastes (ALVES et al., 2008).

O incremento na biomassa de forragem proporcionado pela elevação na biomassa de colmo compromete a qualidade da forragem (SILVA et al., 2007a) e o seu aproveitamento pelos animais em pastejo (SILVA et al., 2007b), em função da redução no consumo voluntário de matéria seca pelo animal (CÂNDIDO et al., 2006), ocasionado pelo espessamento da parede celular secundária do vegetal, com consequente acúmulo de lignina e de carboidratos estruturais menos digestíveis. Dessa forma, manter os pastos por longo período de descanso, não é vantajoso, pois poderá resultar em incrementos na biomassa de colmo, que, por sua vez, determina alterações indesejáveis na qualidade da forragem produzida (GOMIDE et al., 2007).

Não foi constatada interação ($P > 0,05$) entre os fatores (doses de nitrogênio x ciclos de pastejo) para densidade total de forragem (DTF), com a mesma revelando resposta quadrática ($P < 0,05$) conforme se incrementou a adubação nitrogenada, com estimativa de 123,2 a $171,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ para as doses 0 e $1200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, respectivamente. Alcançou-se assim o valor máximo ($179,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) na dose equivalente a $879,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, com incremento de 45,4% para a referida dose em relação à ausência de adubação nitrogenada

(Tabela 3), explicada pela manutenção de elevada população de perfilhos vivos na pastagem levando a uma arquitetura mais compacta do dossel.

A densidade total de forragem mostrou-se semelhante ($P>0,05$) entre os ciclos de pastejo 1; 2 e 3, sendo observado valor superior ($P<0,05$) para o ciclo 4 em relação aos ciclos 2 e 3 (Tabela 3). Tal resposta justifica-se pelo maior aumento em biomassa (Tabela 3) do que em altura do dossel (Tabela 2) ao longo dos ciclos, resultando em uma pastagem mais compacta e densa.

A densidade de forragem é uma variável estrutural do pasto sujeita a influência de intervalos de pastejos, sendo que maiores intervalos estão associados a maiores densidades de biomassa total, porém geralmente à menor densidade de biomassa foliar (STOBBS, 1973). No presente ensaio, a elevação na adubação nitrogenada compensou o menor período de descanso adotado para a forrageira, refletindo em incremento na densidade total de forragem até a maximização na dose equivalente a $879,2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, mesmo em menores períodos de descanso, ratificando a relevância da adubação nitrogenada como estratégia que permite incrementar a densidade de forragem, sobretudo, a produção de folhas no perfil do dossel, pois o nitrogênio tem influência positiva sobre a taxa de aparecimento (SILVA et al., 2009) e alongamento de folhas (MARTUSCELLO et al., 2005; MARTUSCELLO et al., 2006; POMPEU et al., 2010) nas gramíneas forrageiras.

Não foi verificada interação ($P>0,05$) entre doses de nitrogênio x ciclos de pastejo para a relação material vivo/material morto (MV/MM). Constatou-se resposta quadrática ($P<0,05$) para a relação MV/MM com a elevação das doses de adubação nitrogenada, alcançando valor máximo (MV/MM = 4,0) na dose equivalente a $1161 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, com incremento de 68,1% para a referida variável em relação à ausência de adubação nitrogenada (Tabela 3). Essa resposta decorreu da elevação na BFV, sem um correspondente aumento na BFM, justificando o acréscimo na relação MV/MM até alcançar valor máximo na dose de $1161 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ (Tabela 3).

Ainda acerca da referida variável (MV/MM), menciona-se que a variação ($P<0,05$) apresentada pela mesma ao longo dos ciclos de pastejo (Tabela 3), com valores superiores ($P<0,05$) nos dois últimos ciclos em relação ao primeiro é justificada principalmente pelo incremento na BCV, já que praticamente não houve senescência e a grande parte da BFV era consumida a cada pastejo.

Não se observou interação ($P>0,05$) entre doses de nitrogênio x ciclos de pastejo para a relação lâmina foliar/colmo (LF/C), nem tampouco se verificou resposta ($P>0,05$) da

referida variável à adubação nitrogenada, revelando valor médio de $4,33 \pm 0,92$ (Tabela 3), justificado pela elevação na biomassa de colmo à medida que a biomassa foliar foi incrementada nas maiores doses de nitrogênio (POMPEU et al., 2010). Constatou-se diferença ($P < 0,05$) entre os ciclos de pastejo para a relação LF/C, apresentando-se superior nos ciclos de pastejo 2 e 3 (Tabela 3), justificado pela inferioridade na biomassa de colmo produzida nos referidos ciclos de pastejo.

Vale inferir, entretanto, que o alongamento de hastes e, conseqüente elevação no comprimento do pseudocolmo no capim-massai, refletindo em incremento na biomassa de colmo não gerou grande comprometimento da relação LF/C, pois a produção de lâmina foliar também revelou resposta positiva à medida que a adubação nitrogenada foi incrementada. Neutralizou-se assim, os efeitos negativos da produção de colmo sobre a relação LF/C, dada a consistência na elevação da biomassa foliar em resposta às doses de nitrogênio, de forma a não comprometer tal relação.

A relação lâmina foliar/colmo constitui uma variável de grande relevância para o consumo de forragem por animais em pastejo e para o manejo dos pastos, em virtude de estar associada à facilidade com que os mesmos colhem a forragem de melhor qualidade (lâminas foliares) (BRÂNCIO et al., 2003). Os altos valores verificados para relação LF/C no presente estudo indicam elevada qualidade na forragem produzida, demonstrando o alto potencial do capim-massai para produção de folhas e para elevada eficiência de pastejo, pois de acordo com Sollenberger e Burns (2001), a porcentagem de folhas, biomassa foliar e a acessibilidade da folha ao animal são de grande relevância para o consumo animal em pastejo.

Não se observou interação ($P > 0,05$) entre doses de nitrogênio x ciclos de pastejo para a altura residual do capim-massai, sendo os fatores analisados no efeito principal (Tabela 4). A altura residual do pasto não foi influenciada ($P > 0,05$) pelas doses de nitrogênio, com média de $14,93 \pm 0,47$ cm, porém foi superior ($P < 0,05$) no ciclo de pastejo 1 em relação aos demais (Tabela 4). Apesar da maior altura verificada para o ciclo de pastejo 1, as diferenças entre os valores brutos foram desprezíveis (14,7 a 15,4 cm), devido ao manejo de altura residual de 15 cm preconizado para todos os tratamentos, com o propósito de manejar o pasto em IAF residual próximo de 1,5, garantindo persistência e perenidade à forrageira e o uso eficiente da forragem produzida ao longo dos ciclos sucessivos de pastejo.

Não se observou interação ($P > 0,05$) entre os fatores (doses de nitrogênio x ciclos de pastejo) para a densidade populacional de perfilhos residual (DPPr). A DPPr foi incrementada ($P < 0,05$) pela adubação nitrogenada, revelando estimativa de 2.851 e

4.249 perfilhos•m⁻² nas doses 0 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹, respectivamente, com a dose de 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹ proporcionando incremento de 49,0% na DPPr em relação à ausência de nitrogênio (Tabela 4).

Tabela 4 - Estrutura e componentes da biomassa no pós-pastejo em pastos de capim-massai adubado com nitrogênio e pastejado por ovinos em lotação rotativa

Variáveis	Ciclo de pastejo				Equações (Efeito do nitrogênio)
	1	2	3	4	
Altura	15,4 ^a	14,8 ^b	14,8 ^b	14,7 ^b	Alt = 14,93 ± 0,47 cm
DPPr	2.719 ^b	3.632 ^a	3.864 ^a	3.988 ^a	DPPr = 2.851,68 + 1,1648**N; R ² = 0,44
BFTr	3.127,8 ^{ab}	3.339,6 ^a	2.840,3 ^b	2.883,8 ^b	BFTr = 2.622,21 + 0,7094**N; R ² = 0,41
BFVr	1.762,4 ^a	1.748,2 ^a	1.603,4 ^a	1.622,0 ^a	BFVr = 1.436,56 + 0,4124**N; R ² = 0,34
BFMr	1.365,4 ^b	1.591,4 ^a	1.232,5 ^b	1.261,8 ^b	BFMr = 1.182,628 + 0,30026**N; R ² = 0,25
BCVr	788,0 ^c	926,4 ^{ab}	816,9 ^{bc}	971,0 ^a	BCVr = 628,15 + 0,8769**N - 0,0004977**N ² ; R ² = 0,44
BLVr	974,4 ^a	821,8 ^{ab}	813,3 ^{ab}	651,0 ^b	BLVr = 815,13 ± 213,80
LF/Cr	1,29 ^a	0,99 ^b	1,00 ^b	0,70 ^c	LF/Cr = 1,325 - 0,001612**N + 0,000001139**N ² ; R ² = 0,34
MV/MMr	1,35 ^a	1,11 ^a	1,32 ^a	1,29 ^a	MV/MMr = 1,26 ± 0,29
IAFr	1,67 ^a	1,52 ^{ab}	1,55 ^{ab}	1,37 ^b	IAFr = 1,52 ± 0,35
IQBr	31,6 ^a	25,0 ^{bc}	28,3 ^{ab}	22,6 ^c	IQBr = 31,631 - 0,02542**N + 0,00001871**N ² ; R ² = 0,27

Altura do resíduo pós-pastejo (Altura, cm), densidade populacional de perfilhos residual (DPPr, perfilhos•m⁻²), biomassa de forragem total residual (BFTr, kg•ha⁻¹•ciclo⁻¹), de forragem verde residual (BFVr, kg•ha⁻¹•ciclo⁻¹), de forragem morta residual (BFMr, kg•ha⁻¹•ciclo⁻¹), de colmo verde residual (BCVr, kg•ha⁻¹•ciclo⁻¹), de lâmina foliar verde residual (BLVr, kg•ha⁻¹•ciclo⁻¹), relação lâmina foliar/colmo residual (LF/Cr), relação material vivo/material morto residual (MV/MMr), índice de área foliar residual (IAFr), índice de qualidade da biomassa residual (IQBr, %); N = dose de nitrogênio; médias seguidas de letras iguais, na mesma linha, não diferem (P>0,05) pelo teste de Tukey; significativo ao nível de 1% (***) e 5% (*).

O aumento na DPPr nas maiores doses de adubação nitrogenada reflete a intensa ativação dos tecidos meristemáticos pelo nitrogênio (NABINGER, 1996), que interagindo com a intensidade luminosa (AUDA et al., 1976), favoreceu o aumento da DPP no pós-pastejo. A DPPr mostrou-se superior (P<0,05) nos ciclos 2; 3 e 4 (Tabela 4), entre outros fatores devido à maior remoção da área foliar (ciclo 4 vs. ciclo 1, Tabela 4) e, conseqüentemente, da redução no coeficiente de extinção luminosa, favorecendo a chegada de luz à base do dossel e, dessa forma, proporcionando maior aparecimento de perfilhos (MATTHEW et al., 2000).

Não foi verificada interação (P>0,05) entre doses de nitrogênio x ciclos de pastejo para as produções de biomassa de forragem total residual (BFTr), de forragem verde residual (BFVr) e de forragem morta residual (BFMr). As referidas produções responderam positivamente (P<0,05) às doses de N, com estimativas de 2622,2 e 3473,5 kg•ha⁻¹•ciclo⁻¹

(BFTr); 1436,6 e 1931,4 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$ (BFVr) e 1182,6 e 1542,9 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$ (BFMr) nas doses de nitrogênio de 0 e 1200 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, respectivamente (Tabela 4).

Tal incremento em biomassa residual é justificado pelo efeito do nitrogênio em acelerar o crescimento vegetal (SANTOS JÚNIOR et al., 2004) e o perfilhamento no resíduo pós-pastejo (LOPES et al., 2011), corroborando com os resultados verificados por Lopes et al. (2011) para essa mesma gramínea em condições de casa de vegetação. Apesar do manejo com taxa de lotação variável para atingir a mesma condição de IAF residual em todos os tratamentos, o pastejo seletivo efetuado pelos ovinos acarretou acúmulo da fração colmo, o que contribuiu para o aumento na BFTr, mesmo não sendo observada elevação na BLVr com o incremento nas doses de nitrogênio (Tabela 4).

Destaca-se também que além do pastejo seletivo pelos ovinos, outro processo responsável pela elevação da BFTr e BFVr nas doses superiores de adubação nitrogenada foi o aumento da densidade populacional de perfilhos (DPPr), visto que esta variável respondeu crescentemente ao incremento nas doses de nitrogênio. O aumento na BFMr com as doses de nitrogênio reflete a atuação desse nutriente em acelerar o crescimento e a maturação dos perfilhos, elevando a morte de bainhas e perfilhos mais velhos, que associado ao efeito do mesmo sobre a produção de biomassa total, eleva a participação do componente material morto na biomassa de forragem nas maiores doses de adubo nitrogenado.

A produção de BFVr mostrou semelhança ($P>0,05$) entre os ciclos de pastejo e a BFTr e BFMr que pouco oscilaram entre os ciclos de pastejo (Tabela 4), demonstrando o monitoramento rigoroso das condições residuais do pasto ao longo dos ciclos sucessivos de pastejo. É importante mencionar a maior ($P<0,05$) BFTr e BFMr no ciclo de pastejo 2 (Tabela 4), que no primeiro caso refletiu a maior produção de colmo e material morto no referido ciclo. Por sua vez, a elevação na mortalidade de perfilhos após o pastejo dos ovinos, ocasionada pela decapitação e pisoteio, associada ao efeito cumulativo de material morto do primeiro para o segundo ciclo, refletiu no incremento da BFMr no ciclo de pastejo 2.

Não se constatou interação ($P>0,05$) entre doses de nitrogênio x ciclos de pastejo para a biomassa de colmo verde residual (BCVr). A BCVr revelou resposta quadrática ($P<0,05$) com o aumento das doses de nitrogênio, alcançando valor máximo (1.014,4 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ciclo}^{-1}$) na dose de nitrogênio equivalente a 881 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ (Tabela 4), sendo tal aumento até a referida dose justificado pelo incremento na densidade populacional de perfilhos com a adubação nitrogenada. A produção de BCVr foi inferior ($P<0,05$) para o ciclo 1 em relação ao ciclo 4 (Tabela 4), em decorrência do pastejo seletivo exercido pelos

ovinos em prol da fração folha, permitindo o acúmulo contínuo de colmos no dossel forrageiro (CÂNDIDO et al., 2006).

Não se observou interação ($P>0,05$) entre doses de nitrogênio x ciclos de pastejo para a biomassa de lâmina foliar verde residual (BLVr). A BLVr não foi influenciada ($P>0,05$) pelo incremento nas doses de nitrogênio, nem tampouco revelou alteração ($P>0,05$) entre os ciclos de pastejo 1; 2 e 3, sendo verificada diferença ($P<0,05$) somente entre o primeiro e último ciclos (Tabela 4), podendo tal superioridade no ciclo de pastejo 1 ser atribuída à presença de folhas de maior tamanho, reflexo da maior altura residual no referido ciclo de pastejo (Tabela 4).

Destaca-se a relevância da biomassa de folhas remanescentes no pós-pastejo para a rebrotação da forrageira nos ciclos posteriores, pois a área foliar verde residual é diretamente proporcional à taxa de fotossíntese líquida do pasto (GOMIDE et al., 2002), e quanto maior seu valor, menor será a mobilização de reservas orgânicas pelo meristema apical para a reposição de folhas (RODRIGUES; RODRIGUES, 1987), resultando em melhor condição de rebrotação para as plantas. Dessa forma, diminui o período de participação das reservas do colmo para formação de novas folhas e restaurando mais rapidamente os teores de carboidratos totais não-estruturais.

Não se constatou interação ($P>0,05$) entre doses de nitrogênio x ciclos de pastejo para a relação lâmina foliar/colmo residual (LF/Cr). A LF/Cr respondeu à adubação nitrogenada, revelando resposta quadrática com ponto de mínimo (0,75) na dose equivalente a $707,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ (Tabela 4). A redução na relação LF/Cr até a dose apresentada é justificado pelo incremento em biomassa de colmo, associado à ausência de efeito do nitrogênio sobre a biomassa lâmina foliar residual (em razão do manejo usando taxa de lotação variável), refletindo em redução na relação LF/Cr. O incremento na referida relação em doses superiores a $707,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ reflete o incremento no perfilhamento, com elevada proporção de perfilhos jovens na pastagem, os quais ainda não apresentaram desenvolvimento de colmos.

A relação LF/Cr reduziu-se ($P<0,05$) com os ciclos de pastejo (Tabela 4), resultado da pequena redução na BLVr, mas principalmente do elevado incremento na BCVr, conforme já reportado. A relação material vivo/material morto residual (MV/MMr) não foi modificada ($P>0,05$) pelas doses de nitrogênio, com média de 1,26, nem tampouco revelou diferença ($P>0,05$) entre os ciclos de pastejo (Tabela 4).

Não houve interação ($P>0,05$) entre doses de nitrogênio x ciclos de pastejo para o índice de área foliar residual (IAFr). O IAFr não foi influenciado ($P>0,05$) pela adubação nitrogenada, com valor médio de 1,52 (Tabela 4) e dessa forma revelando valor semelhante ao IAF residual (1,50) preconizado em pré-ensaio para o manejo do capim-massai durante o período experimental. Houve diferença ($P<0,05$) entre os valores de IAFr do primeiro para o quarto ciclo de pastejo, demonstrando a dificuldade de controle da condição fisiológica do pasto por meio da altura, já que uma diferença de 0,7 cm (15,4 para 14,7 cm) ou 4,55% na altura residual refletiu em redução de 0,3 (1,67 para 1,37) ou 17,96 % no IAFr (Tabela 4).

Não se constatou interação ($P>0,05$) entre doses de nitrogênio x ciclos de pastejo para o índice de qualidade da biomassa residual (IQBr). O IQBr revelou resposta quadrática ($P<0,05$) com o incremento das doses de nitrogênio, alcançando valor mínimo (23%) na dose de 679,3 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ (Tabela 4), justificado pelo o incremento proporcionado pelo nitrogênio sobre a biomassa de forragem total residual (BFTr), dado o efeito desse nutriente sobre a referida produção (LOPES et al., 2011), associado à ausência de alteração na BLVr nas maiores doses de nitrogênio. O IQBr reduziu-se ($P<0,05$) com o suceder dos ciclos de pastejo, resultado da maior redução na BLVr em relação à BFTr (Tabela 4).

O índice de qualidade da biomassa residual representa a participação do componente mais selecionado pelos animais em pastejo (lâmina foliar), sendo de fundamental importância para o monitoramento da condição residual do pasto, visto que as folhas remanescentes no pós-pastejo serão responsáveis por uma rebrotação mais rápida e vigorosa da forrageira no ciclo de pastejo posterior, devido à menor mobilização das reservas orgânicas para o crescimento da planta.

Não se observou interação ($P>0,05$) entre doses de nitrogênio x ciclos de pastejo para a densidade total de forragem residual (DTFr) e de forragem verde residual (DFVr). Ambas as densidades foram incrementadas ($P<0,05$) com as doses de nitrogênio, estimadas em 177,2 e 230,6 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ (DTFr) e 96,9 e 128,4 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ (DFVr) nas doses 0 e 1200 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, respectivamente (Tabela 5). Tal incremento é reflexo da elevação na DPPr com as doses de nitrogênio, conforme Lopes et al. (2011), que associado à mesma altura residual para todos os tratamentos. Desse modo, evidenciou-se o efeito positivo do referido nutriente sobre a DTFr e DFVr, ratificado pelo o aumento proporcionado sobre as biomassas de forragem total residual e forragem verde residual nas maiores doses de adubação nitrogenada (Tabela 4).

A densidade total de forragem residual revelou valor superior ($P < 0,05$) para o ciclo de pastejo 2 (Tabela 5), refletindo o efeito conjunto da biomassa de colmo verde e biomassa de forragem morta residual no ciclo de pastejo 2. A similaridade ($P > 0,05$) verificada para DFVr entre os ciclos de pastejo, reflete a igualdade entre as BFVr ao longo dos ciclos de pastejo, associada ao reduzido efeito dos ciclos sobre a altura residual (Tabela 4), não sendo suficiente para acarretar elevação na DFVr.

Tabela 5 - Densidade dos componentes da biomassa no pós-pastejo em pastos de capim-massai adubado com nitrogênio e pastejado por ovinos em lotação rotativa

Variáveis	Ciclo de pastejo				Equações (Efeito do nitrogênio)
	1	2	3	4	
DTFr	202,2 ^b	225,8 ^a	191,6 ^b	196,2 ^b	DTFr = 177,21 + 0,0445**N; R ² = 0,39
DFVr	114,0 ^a	118,2 ^a	108,1 ^a	110,3 ^a	DFVr = 96,9408 + 0,02618**N; R ² = 0,33
DLVr	63,1 ^a	55,6 ^{ab}	54,7 ^{ab}	44,3 ^b	DLVr = 54,4 ± 13,68
DCVr	50,9 ^c	62,6 ^{ab}	55,2 ^{bc}	66,0 ^a	DCVr = 42,36 + 0,0585**N - 0,00003354*N ² ; R ² = 0,42

Densidade total de forragem residual (DTFr, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$), forragem verde residual (DFVr, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$), de lâmina foliar verde residual (DLVr, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$) e de colmo verde residual (DCVr, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$); N = dose de nitrogênio; médias seguidas de letras iguais, na mesma linha, não diferem ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey; significativo ao nível de 1% (**) e 5% (*).

Não se constatou interação ($P > 0,05$) entre doses de nitrogênio x ciclos de pastejo para a densidade de lâmina foliar verde residual (DLVr). O nitrogênio não influenciou ($P > 0,05$) a DLVr, com média de $54,4 \pm 13,68 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$, porém tal variável foi alterada ($P < 0,05$) pelos ciclos de pastejo (Tabela 5), podendo ser atribuído a modificação na BLVr ao longo dos ciclos, dada a dependência entre ambas as variáveis.

Não se verificou interação ($P > 0,05$) entre doses de nitrogênio x ciclos de pastejo para a densidade de colmo verde residual (DCVr). A DCVr foi influenciada ($P < 0,05$) pela adubação nitrogenada, revelando máximo valor ($67,9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$) na dose equivalente a $872,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ (Tabela 5), acompanhando o padrão de resposta revelado pela BCVr, visto que, aumento na DCVr em resposta à adubação nitrogenada, responde em incremento na biomassa de colmo residual. A DCVr elevou-se ($P < 0,05$) com os ciclos de pastejo (Tabela 5), como consequência do incremento na BCVr ao longo dos ciclos, associado a uma ligeira redução na altura residual ao longo dos mesmos (Tabela 4).

5.4 CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada proporciona incrementos consideráveis nos componentes da biomassa de maior relevância qualitativa do capim-massai, além de proporcionar respostas satisfatórias sobre a sua estrutura no pré e pós-pastejo, recomendando-se a dose equivalente a $934 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ para o manejo intensivo do capim-massai. Os ciclos de pastejo exercem alterações em menor magnitude sobre a estrutura do dossel da referida gramínea no pré e pós-pastejo, demonstrando ser essa forrageira bastante adaptada ao pastejo por ovinos.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO JÚNIOR., D.; MOSQUIM, P. R. et al. Características morfológicas e estruturais na rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. marandu submetida a três doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1372-1379, 2004.
- ALVES, J. S.; PIRES, A. J. V.; MATSUMOTO, S. N. et al. Características morfológicas e estruturais da *Brachiaria decumbens* stapf. submetida a diferentes doses de nitrogênio e volumes de água. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2008.
- AUDA, H.; BLASER, R. E.; BROWN, R. H. Tillering and carbohydrate contents of orchardgrass as influenced by environmental factors. **Crop Science**, v. 6, n. 2, p. 139-143, 1976.
- BRÂNCIO, P. A.; EUCLIDES, V. P. B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. et al. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo: disponibilidade de forragem, altura do resíduo pós-pastejo, e participação de folhas, colmos e material morto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 1, p. 55-63, 2003.
- BRISKE, D. D. Strategies of plant survival in grazed systems: a functional interpretation. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p. 37-67.
- CÂNDIDO, M. J. D.; SILVA, R. G.; NEIVA, J. N. M. et al. Fluxo de biomassa em capim-tanzânia pastejado por ovinos sob três períodos de descanso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 6, p. 2234-2242, 2006.
- CHAGAS, L. A. C.; BOTELHO, S. M. S. Teores de proteína bruta e produção de massa seca em capim-braquiária sob doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, v. 21, n. 1, p. 35-40, 2005.
- Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. 5. ed. Viçosa: UFV, 1999, 359 p.
- DIFANTE, G. S.; EUCLIDES, V. P. B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. et al. Ingestive behaviour, herbage intake and grazing efficiency of beef cattle steers on Tanzania guinea grass subjected to rotational stocking managements. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 6, p. 1001-1008, 2009.
- DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Effect of nitrogen and cutting regime. **Annals of Botany**, v. 85, p. 645-653, 2000.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- GARCEZ NETO, A. F.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; REGAZZI, A. J. et al. Respostas morfológicas e estruturais de *Panicum Maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p. 1890-1900, 2002.

GILDERSLEEVE, R. R.; OCUMPAUGH, W. R. QUESENBERRY, K. H. et al. Mobgrazing morphologically different *Aeschynomene* species. **Tropical Grasslands**, v. 21, n. 3, p. 123-132, 1987.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; ALEXANDRINO, A. Índices morfogênicos e de crescimento durante o estabelecimento e a rebrotação do Capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 795-803, 2003.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; ALEXANDRINO, E. Características estruturais e produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a períodos de descanso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1487-1494, 2007.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; HUAMAN, C. A. M. et al. Fotossíntese, reservas orgânicas e rebrota do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) sob diferentes intensidades de desfolha do perfilho principal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2165-2175, 2002.

HORST, G. L., NELSON, C. J., ASAY, K. H. Relationship of leaf elongation to forage yield of tall fescue genotypes. **Crop Science**, v. 18, n. 5, p. 715-719, 1978.

LOPES, M. N.; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F. et al. Biomass components in Massai grass during establishment and regrowth under five nitrogen fertilization levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 8, p. 1629-1637, 2011a.

LOPES, M. N.; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F. et al. Componentes estruturais do resíduo pós-corte em capim-massai adubado com cinco doses de nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 518-525, 2011.

LOPES, M. N.; LACERDA, C. F.; CÂNDIDO, M. J. D. et al. Gas exchange in massai grass under five nitrogen fertilization levels during establishment and regrowth. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 9, p. 1862-1869, 2011b.

MAGALHÃES, J. A.; LOPES, E. A.; RODRIGUES, B. H. N. et al. Influência da adubação nitrogenada e da idade de corte sobre o rendimento forrageiro do capim-elefante. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 1, p. 91-96, 2006.

MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1475-1482, 2005.

MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 665-671, 2006.

MATTHEW, C.; ASSUERO, S.G.; BLACK, C. K. et al. Tiller dynamics of grazed swards. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; NABINGER, C. (Eds.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CABI Publishing, 2000. p. 127-150.

- NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds.) **Produção de bovinos a pasto**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. p.15-95.
- PENA, K. S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SILVA, S. C. et al. Características morfogênicas, estruturais e acúmulo de forragem do capim-tanzânia submetido a duas alturas e três intervalos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 11, p. 2127-2136, 2009.
- POMPEU, R. C. F. F.; CÂNDIDO, M. J. D.; LOPES, M. N. et al. Características morfofisiológicas do capim-aruana sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 4, p. 1187-1210, 2010.
- REZENDE, C. P.; PEREIRA, J. M.; PINTO, J. C. et al. Dinâmica de perfilhamento e fluxo de biomassa em capim-cameroon sob lotação rotativa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 10, p. 1750-1757, 2008.
- RODRIGUES, L. R. A.; RODRIGUES, T. J. D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p. 203-230.
- SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; MONTEIRO, F. A. LAVRES JUNIOR, J. Análise de crescimento do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1985-1991, 2004.
- SAS INSTITUTE. **SAS System for Windows**. Version 9.0. Cary: SAS Institute Inc. 2003. 2 CD-ROMs.
- SILVA, C. C. F.; BONOMO, P.; PIRES, A. J. V. et al. Características morfogênicas e estruturais de duas espécies de braquiária adubadas com diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 657-661, 2009.
- SILVA, R. G.; CÂNDIDO, M. J. D.; NEIVA, J. N. M. et al. Características estruturais do dossel de pastagens de capim-tanzânia mantidas sob três períodos de descanso com ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1255-1265, 2007a.
- SILVA, R. G.; NEIVA, J. N. M.; CÂNDIDO, M. J. D. et al. Aspectos comportamentais e desempenho produtivo de ovinos mantidos em pastagens de capim-tanzânia manejado sob lotação intermitente. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 4, p. 609-620, 2007b.
- SOLLENBERGER, L. E.; BURNS, J. C. Canopy characteristics, ingestive behaviour and herbage intake in cultivated tropical grasslands. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Anais**. São Pedro: Fealq, 2001. p. 321-327.
- STOBBS, T. H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. II. Differences in sward structure, nutritive value, and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. **Australian Journal of Agriculture Research**, v. 24, n. 6, p. 821-829, 1973.

6 CAPÍTULO V: DINÂMICA DE PERFILHAMENTO EM CAPIM-MASSAI ADUBADO COM NITROGÊNIO E PASTEJADO POR OVINOS

RESUMO

Objetivou-se avaliar a dinâmica de perfilhamento do capim-massai sob lotação rotativa com ovinos e adubado com nitrogênio (controle - 0; 400; 800 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹), em um delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo. As taxas de aparecimento, sobrevivência e mortalidade de perfilhos, biomassa do perfilho e relação perfilhos vegetativos/perfilhos mortos responderam crescentemente às doses de nitrogênio, com as três taxas e a biomassa do perfilho variando entre os períodos de avaliação. Constatou-se resposta quadrática para a taxa de florescimento de perfilhos, densidade populacional de perfilhos vegetativos e densidade populacional de perfilhos reprodutivos, alcançando valores máximos (0,051 perf•100 perf⁻¹•dia⁻¹; 4818 e 35 perf•m⁻², respectivamente) nas doses de nitrogênio de 613,5; 993,5 e 623,9 kg•ha⁻¹•ano⁻¹, respectivamente. Para a taxa de florescimento e densidade populacional de perfilhos reprodutivos, verificou-se oscilação entre os períodos de avaliação. A adubação nitrogenada proporciona mudanças positivas na dinâmica de perfilhamento do capim-massai, podendo-se utilizar uma dose de nitrogênio de até 800 kg•ha⁻¹•ano⁻¹ para a manutenção da estabilidade do pasto.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada. Densidade populacional de perfilhos. *Panicum maximum* x *P. infestum*. Taxa de aparecimento de perfilhos. Taxa de sobrevivência de perfilhos.

TILLERING DYNAMICS IN MASSAI GRASS FERTILIZED WITH NITROGEN AND GRAZED BY SHEEP

ABSTRACT

To evaluate the tillering dynamics in massai grass subjected to different nitrogen (N) fertilization levels (control - 0; 400; 800 and 1200 kg•ha⁻¹•year⁻¹) and under rotational stocking with sheep, this study was undertaken. Was used a completely randomized design with measurements repeated in time. The tiller appearance, survival and mortality rates, tiller biomass and vegetative/death tillers ratio was increased with the nitrogen fertilization levels, with the three rates and the tiller biomass ranging between the periods of evaluation. There was square response for tillers flowering rate, vegetative tillers population density and reproductive tillers population density reaching maximum values (0.051 tillers•100 tillers⁻¹•day⁻¹; 4818 e 35 tillers•m⁻², respectively) to the nitrogen fertilization levels of 613.5; 993.5 e 623.9 kg•ha⁻¹•year⁻¹, respectively. For the flowering rate and reproductive tillers population density were observed differences between the evaluation periods. The nitrogen fertilization provide positive responses to the tillering dynamics of massai grass and can be used the nitrogen level up to 800 kg•ha⁻¹•year⁻¹ to maintain the stability of the pasture.

Keywords: Nitrogen fertilization. Tiller population density. *Panicum maximum* x *Panicum infestum*. Tiller appearance rate. Tiller survival rate.

6.1 INTRODUÇÃO

A persistência e produtividade das pastagens refletem a sincronia na dinâmica do perfilhamento da forrageira, sendo tal dinâmica influenciada por fatores abióticos, como: luz, temperatura, suprimento hídrico e nutricional, principalmente de nitrogênio. Esse nutriente assume relevante papel no crescimento e na produção de forragem, reflexo do efeito benéfico do mesmo, elevando o número de perfilhos por planta (BAHMANI et al., 2002; LOPES et al., 2011a) e conseqüentemente, a densidade populacional de perfilhos (ALEXANDRINO et al., 2004; LOPES et al., 2011a). Tal efeito positivo do nitrogênio sobre o perfilhamento reflete a ativação de gemas dormentes (MATTHEW et al., 2000) e a iniciação dos perfilhos correspondentes (NABINGER, 1996), acarretando incremento na biomassa de forragem.

Nesse sentido, a fertilização nitrogenada associada aos efeitos do pastejo, influencia sobremaneira os padrões de aparecimento e mortalidade de perfilhos e interfere na demografia das populações de plantas na pastagem. Um pasto com maior aparecimento e mortalidade de perfilhos propicia maior renovação da pastagem, incrementando sua proporção de perfilhos jovens, perfazendo condição favorável a incrementos em produção de biomassa, desde que a estabilidade da população de perfilhos não seja comprometida ao longo dos ciclos sucessivos de pastejo.

A dinâmica do perfilhamento nas gramíneas forrageiras, definido por meio das taxas de aparecimento, florescimento, mortalidade e sobrevivência de perfilhos determina a contribuição do perfilhamento na composição morfológica do pasto, possibilitando maior ou menor acúmulo de biomassa de forragem ao longo do ano, em função das diferentes épocas (HERNANDEZ GARAY et al., 1997) e conforme as práticas de manejo adotadas.

O capim-massai, híbrido natural entre *Panicum maximu* x *P. infestum* lançado em 2001 pela Embrapa Gado de Corte tem revelado características importantes, como elevada produção de biomassa foliar, relação lâmina foliar/colmo e capacidade de emitir folhas e perfilhos, boa cobertura de solo, entre outras. Embora recentes estudos acerca das respostas morfofisiológicas da referida forrageira já tenham sinalizado estratégias de manejo para essa gramínea, ainda há relativa carência de conhecimento acerca da demografia do perfilhamento dessa gramínea adubada com nitrogênio e pastejada por ovinos em lotação rotativa. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a dinâmica de perfilhamento em capim-massai adubado com nitrogênio e manejado sob lotação rotativa com ovinos.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se o experimento em pastagem de *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. Massai, pertencente ao Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará - NEEF/DZ/CCA/UFC, em Fortaleza - CE, no ano de 2009.

A cidade de Fortaleza está localizada a uma altitude média de 21 metros, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude sul de 03° 45' 47'', longitude oeste de 38° 31' 23'', com clima do tipo Aw', tropical chuvoso, segundo classificação de Köppen. As médias mensais de temperatura (temperaturas média máxima, média e média mínima), precipitação e insolação referentes ao período experimental são apresentadas na Figura 1.

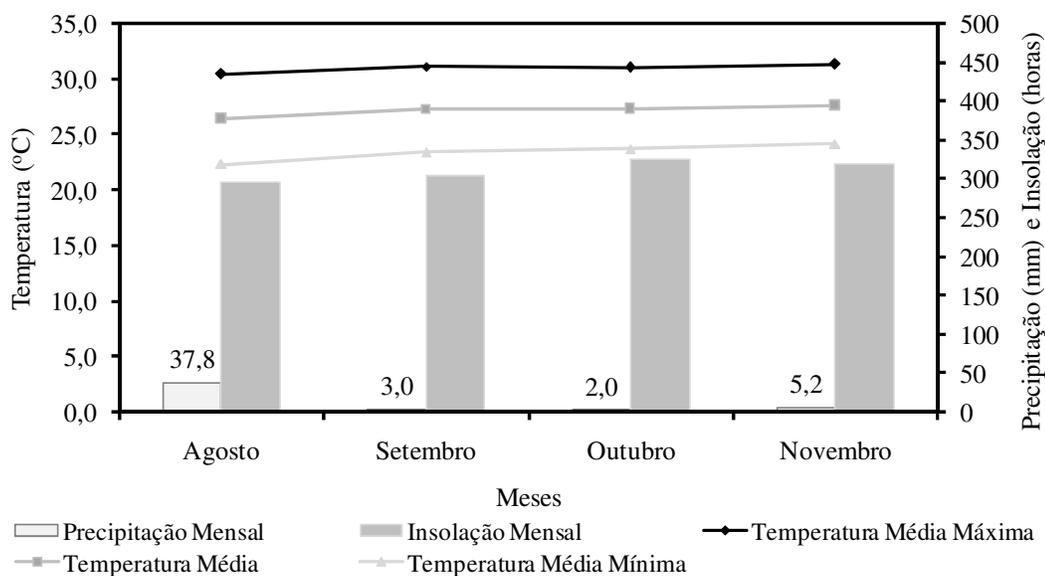


Figura 1 – Dados climáticos referentes ao período experimental, em Fortaleza - CE, no ano de 2009.

O solo da área experimental classifica-se como Argissolo amarelo, possuindo como material de origem sedimentos areno-argilosos da formação barreira (EMBRAPA, 1999). As características químicas do solo reveladas pela análise (0 - 20 cm de profundidade), realizada ao início da instalação do experimento, são apresentadas na Tabela 1.

A partir dos resultados da análise de solo foram realizadas as adubações, conforme recomendação do CFSEMG (1999), para níveis de fertilidade sugeridos para gramíneas de alto potencial produtivo e com alto nível de produção.

Tabela 1 - Características químicas do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, ao início da instalação do experimento

P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Mn	pH	Al ³⁺	Na ⁺	SB	CTCt	MO
mg dm ⁻³								H ₂ O	cmol _c dm ⁻³			g kg ⁻¹	
9,0	15,64	260,51	145,84	10,9	0,4	8,3	11,9	5,7	0,35	0,10	2,64	2,99	18,62

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, arranjado em parcelas subdivididas, com medidas repetidas no tempo (ciclos de pastejo sucessivos) com duas repetições (piquetes de 42,3 m²). As doses de nitrogênio (controle - sem adubação nitrogenada; 400; 800 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹) foram estudadas nas parcelas, e os períodos de avaliação, nas subparcelas.

Implantou-se a gramínea em setembro de 2008 por meio de semeadura a lanço, após o preparo do solo através de gradagem, com taxa de semeadura equivalente a 2,0 kg•ha⁻¹ de sementes puras viáveis (SPV), sendo manejada sob pastejo em lotação rotativa com ovinos até o período experimental.

Manejou-se o pasto de capim-massai sob irrigação por aspersão fixa de baixa pressão (pressão de serviço < 2,0 kgf/cm²), com lâmina líquida de 7,0 mm•dia⁻¹ em turno de rega de 3 dias e tempo de irrigação (Ti) de 8 horas, no período noturno, buscando-se melhor uniformização da lâmina aplicada. Para determinação dos parâmetros acima mencionados, realizou-se inicialmente a avaliação do sistema de irrigação, conforme funcionaria durante o período experimental.

As adubações fosfatadas (superfosfato simples), potássica (cloreto de potássio) e de micronutrientes (FTE BR-12), realizaram-se de acordo com os resultados da análise do solo. As aplicações de nitrogênio (uréia) e de potássio foram parceladas. Dividiu-se a dose de nitrogênio para cada tratamento em duas parcelas, sendo a primeira metade aplicada logo após a saída dos animais do piquete e a segunda metade aplicada na metade do período de descanso, de acordo com cada dose avaliada. Em todas as aplicações de nitrogênio, fez-se a diluição da uréia em água, buscando-se melhor uniformização de aplicação, em função da pequena quantidade do fertilizante por parcela, dificultando a aplicação na forma sólida, com irrigação posterior para se evitar possível “queima” das folhas. Na aplicação utilizou-se pulverizador costal, com volume de calda padronizado em função de teste de campo previamente realizado.

O potássio foi disponibilizado em três aplicações, sendo a primeira (160 kg•ha⁻¹ de K₂O) realizada no início da instalação do experimento, juntamente com a primeira parcela

de nitrogênio. A segunda e a terceira aplicação de potássio (160 e $160 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O , respectivamente) foram realizadas juntamente com a primeira dose de nitrogênio logo após a saída dos animais em cada um dos ciclos de pastejo posteriores. O fornecimento de fósforo ($250 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5) foi de uma só vez, juntamente com as primeiras parcelas de potássio e nitrogênio, no início da instalação do experimento. Neste momento, aplicaram-se os micronutrientes ($50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de FTE BR-12).

O período de descanso adotado foi de aproximadamente 1,5 novas folhas por perfilho, conforme determinação em pré-ensaio quando do início da instalação do experimento, propiciando um intervalo de 22; 18; 16 e 13 dias para as doses 0,0 – controle; 400; 800 e $1200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ de nitrogênio, respectivamente.

Os animais utilizados para rebaixamento do pasto até a altura residual preconizada foram ovinos ($\frac{1}{2}$ Morada Nova x $\frac{1}{2}$ SPRD), alocados em piquetes de $42,3 \text{ m}^2$. A técnica de “mob-grazing” (Gildersleeve et al., 1987) foi usada para a realização dos pastejos, empregando-se grupos de animais para desfolhações rápidas (duração de 7 a 11 horas), simulando um manejo sob lotação rotativa. À medida que os animais pastejavam, a altura do pasto foi monitorada com auxílio de uma régua, até que o dossel atingisse a altura residual preconizada de aproximadamente 15 cm, correspondendo ao IAF residual de saída dos animais do piquete de aproximadamente 1,5, conforme determinação em pré-ensaio para instalação do experimento.

Na avaliação da dinâmica de perfilhamento em pastos de capim-massai foram utilizados anéis de aço (revestido) com $0,0551 \text{ m}^2$ de área em cada unidade experimental (piquetes de $42,3 \text{ m}^2$). Os anéis foram alocados em locais representativos de cada piquete, sendo os mesmos fixados ao solo por meio de grampos metálicos, em áreas representativas do pasto, conforme avaliação visual do dossel, considerando altura e biomassa de forragem no momento das referidas marcações (posicionamento dos anéis).

Todos os perfilhos presentes no círculo de aço foram contabilizados e identificados com fios telefônicos de determinada cor (primeira avaliação) e, a partir deste momento, foram marcados a cada ciclo, no pós-pastejo (frequência de avaliação em função da dose de nitrogênio aplicada: 22; 18; 16 e 13 dias para 0; 400; 600 e $1200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, respectivamente). Os perfilhos novos surgidos entre os períodos de avaliação, marcados com fios de cores diferenciadas (Figura 2), representavam cada geração de perfilhos e, assim, possibilitou-se verificar os efeitos de pastejos sucessivos e da adubação nitrogenada sobre a população de perfilhos em pastos de capim-massai.

A identificação dos perfilhos foi realizada no terceiro dia após a saída dos animais dos piquetes, possibilitando assim, a visualização dos novos perfilhos surgidos. Neste momento registraram-se os perfilhos vivos e mortos para cada geração existentes nos círculos de amostragem (Figura 2). Dessa forma, a primeira marcação foi denominada de geração zero (G0), a segunda de G1 e assim sucessivamente até o último ciclo de avaliação.



Figura 2 - Contabilização dos perfilhos mortos e florescidos em cada geração e identificação dos novos perfilhos surgidos em pastagem de capim-massai adubado com nitrogênio e pastejado por ovinos.

A partir das mensurações mencionadas, determinaram-se as taxas de aparecimento, mortalidade, sobrevivência e florescimento de perfilhos, conforme Carvalho et al. (2000):

taxa de aparecimento, $TApP = [N^{\circ} \text{ de perf. novos (última geração marcada)} / N^{\circ} \text{ de perfilhos totais existentes (gerações marc. ant.)}] \times 100$;

taxa de mortalidade, $TMP = [(\text{perfilhos marcações anteriores} - \text{perfilhos sobreviveram (contagem atual)}) / N^{\circ} \text{ de perfilhos totais existentes (gerações marc. ant.)}] \times 100$;

taxa de florescimento, $TFP = [N^{\circ} \text{ perfilhos reprodutivos (marcação atual)} / N^{\circ} \text{ perfilhos existentes (marcações anteriores)}] \times 100$;

taxa de sobrevivência, $TSP = [N^{\circ} \text{ perfilhos da marcação anterior vivos na marcação atual} / N^{\circ} \text{ total de perfilhos vivos na marcação anterior}] \times 100$.

O índice de estabilidade do perfilhamento (P1/P0) foi calculado conforme preconizado por Bahmani et al. (2003), utilizando-se a expressão: $P1/P0 = TSP (1+TApP)$, em

que TSP (taxa de sobrevivência de perfilhos) = 1-TMP. Determinou-se ainda, a densidade populacional de perfilhos vegetativos (DPPBV, $\text{perf}\cdot\text{m}^{-2}$), densidade populacional de perfilhos mortos (DPPBM, $\text{perf}\cdot\text{m}^{-2}$), densidade populacional de perfilhos reprodutivos (DPPBR, $\text{perf}\cdot\text{m}^{-2}$), biomassa do perfilhos (BP, $\text{g}\cdot\text{perfilho}^{-1}$) e relação perfilhos vegetativos/perfilhos mortos (RPBV/PBM).

Submeteram-se os dados à análise de variância, teste de comparação de médias e análise de regressão. A interação adubação nitrogenada x períodos de avaliação foi apresentada quando significativa ($P<0,05$) pelo teste F. Os períodos de avaliação foram comparados pelo teste de Tukey ($P<0,05$). O efeito das doses de adubo nitrogenado foi avaliado por análise de regressão. A escolha dos modelos baseou-se na significância dos coeficientes linear e quadrático, por meio do teste “t”, de Student ($P<0,05$) e no coeficiente de determinação. Como ferramenta de auxílio às análises estatísticas, adotou-se os procedimentos MIXED e GLM, do programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2003).

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se interação ($P<0,05$) entre doses de nitrogênio x períodos de avaliação para a taxa de aparecimento de perfilhos (TApP) e taxa de mortalidade de perfilhos (TMP). Nos períodos de avaliação 1 e 3, verificou-se superioridade ($P<0,05$) na TApP para os pastos supridos com adubação nitrogenada em comparação ao pastos não adubados, porém, não foi constatada diferença ($P>0,05$) entre as doses para o período de avaliação 1 (Tabela 2).

Verificou-se redução ($P<0,05$) na TApP do período de avaliação 1 para o período 3 nos pastos não adubados e supridos com $400 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ de nitrogênio (Tabela 2), demonstrando o esgotamento do nitrogênio do solo em pastos na ausência de adubação nitrogenada e o não suprimento desse nutriente em baixas doses para a gramínea manter a TApP ao longo dos períodos de avaliação. Na dose equivalente a $800 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ de nitrogênio não foi constatada diferença ($P>0,05$) na TApP entre os períodos de avaliação, revelando ser a dose de nitrogênio a que melhor equilibrou o aparecimento de perfilhos em pastos de capim-massai ao longo do período experimental.

É relevante destacar, que independentemente da dose de nitrogênio avaliada verificou-se que a TApP no período de avaliação 1 foi superior ($P<0,05$) ao período 3, com exceção da dose de nitrogênio equivalente a $800 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ (Tabela 2) que não revelou diferença ($P>0,05$) na TApP entre os períodos de avaliação, apesar da tendência de redução

($P \leq 0,173$) do período de avaliação 1 para o período 3. Tal superioridade no período 1 deveu-se possivelmente à melhoria do ambiente luminoso na base do dossel, visto que no início das avaliações o pasto mostrou-se com um arranjo estrutural e composição morfológica mais favorável à penetração de luz nos estratos inferiores, fato que reconhecidamente promove a diferenciação das gemas axilares e o surgimento potencial de novos perfilhos (MATTHEW et al., 2000; DIFANTE et al., 2008), notadamente perfilhos basilares, uma vez que a competição entre perfilhos ocorre sobretudo por luz (SACKVILLE-HAMILTON et al., 1995).

Verificou-se semelhança ($P > 0,05$) na TMP entre os períodos de avaliação para os pastos não adubados com nitrogênio. A mortalidade de perfilhos oscilou ($P < 0,05$) entre os períodos de avaliação nas doses de nitrogênio equivalentes a 400; 800 e 1200 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, respondendo pela dinamicidade na comunidade de plantas em pastos sob pastejo (Tabela 2). Destaca-se, que tal oscilação na TMP entre os períodos de avaliação para os pastos adubados não seguiu um padrão definido de aumento ou redução ao longo dos períodos, mas sim, uma alteração característica na mortalidade de perfilhos, refletindo o processo dinâmico de pastagens sob pastejo, conforme mencionado anteriormente. A adubação nitrogenada influenciou ($P < 0,05$) a TMP em todos os períodos de avaliação (Tabela 2).

Tabela 2 - Dinâmica de perfilhamento em pastos de *Panicum maximum* x *P. infestum* cv. Massai adubado com nitrogênio e pastejado por ovinos em lotação rotativa

Período de avaliação	Doses de nitrogênio ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$)				Média	Equações (Efeito do nitrogênio)
	0	400	800	1200		
Taxa de aparecimento de perfilhos (TApP, perfilhos \cdot 100 perfilhos $^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$)						
1	0,84 ^{Ab}	2,15 ^{Aa}	1,68 ^{Aa}	1,93 ^{Aa}	1,65	TApP = 0,9496 + 0,000579**; R ² = 0,36
2	1,11 ^{Aa}	1,02 ^{Ca}	1,20 ^{Aa}	1,55 ^{ABa}	1,22	
3	0,57 ^{Bb}	1,31 ^{Ba}	1,33 ^{Aa}	1,35 ^{Ba}	1,14	
Taxa de mortalidade de perfilhos (TMP, perfilhos \cdot 100 perfilhos $^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$)						
1	1,42 ^{Ab}	2,28 ^{Aa}	1,79 ^{Bb}	2,21 ^{Aa}	1,92	TMP = 1,545 + 0,000486**; R ² = 0,34
2	1,62 ^{Abc}	1,35 ^{Bc}	1,87 ^{Bbc}	2,00 ^{ABab}	1,71	
3	1,23 ^{Ac}	1,99 ^{Ab}	2,41 ^{Aa}	1,63 ^{Bbc}	1,81	
Taxa de florescimento de perfilhos (TFP, perfilhos \cdot 100 perfilhos $^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$)						
1	0,000	0,000	0,025	0,000	0,0063 ^B	TFP = 0,0055 + 0,000147**N – 0,0000001198**N ² ; R ² = 0,37
2	0,010	0,080	0,055	0,025	0,043 ^A	
3	0,010	0,045	0,070	0,000	0,031 ^A	
Taxa de sobrevivência de perfilhos (TSP, perfilhos \cdot 100 perfilhos $^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$)						
1	3,76	5,04 ^c	6,10	7,35	5,56 ^B	TSP = 4,138 + 0,00264**; R ² = 0,93
2	4,48	5,09	5,69	7,64	5,72 ^{AB}	
3	4,51	5,39	6,13	7,54	5,89 ^A	
Índice de estabilidade de perfilhamento (IEP)						
1	1,15 ^{ABb}	1,21 ^{Aab}	1,24 ^{Aa}	1,20 ^{Aab}	1,20	IEP = 1,17 ± 0,06
2	1,20 ^{Aa}	1,08 ^{Bb}	1,17 ^{Aa}	1,19 ^{Aa}	1,16	
3	1,12 ^{Bbc}	1,20 ^{Aa}	1,19 ^{Aab}	1,09 ^{Bc}	1,15	

N = dose de nitrogênio; médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna (maiúsculas) e na mesma linha (minúscula), não diferem ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey; significativo ao nível de 1% (**).

O incremento na adubação nitrogenada proporcionou resposta linear crescente ($P < 0,05$) sobre a TApP e TMP, com estimativas de 0,95 a 1,64 (TApP) e 1,54 a 2,13 $\text{perf} \cdot 100 \text{ perf}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ (TMP) nas doses equivalentes a 0,0 e 1200 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, respectivamente (Tabela 2), revelando aumentos de 72,6 e 38,3% para TApP e TMP, respectivamente, na dose equivalente a 1200 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ em relação à ausência de adubação nitrogenada. O maior aparecimento de perfilhos em resposta ao aumento da disponibilidade de nitrogênio reflete a ativação de gemas dormentes (MATTHEW et al., 2000) e a iniciação dos perfilhos correspondentes (NABINGER, 1996), potencializando o aparecimento de novos perfilhos.

O padrão de resposta observado para a taxa de mortalidade de perfilhos em capim-massai suprido com doses crescentes de nitrogênio corrobora com comportamento da referida variável em estudos com *Brachiaria decumbens* submetida à adubação nitrogenada conduzido por Morais et al. (2006), podendo estar relacionado à ação deste nutriente em promover maior densidade de plantas, resultando em pasto mais denso. Dessa forma, diminui a penetração de luz e favorecendo maior sombreamento, o que eleva a morte de perfilhos no pasto em resposta à falta de suprimento de carbono gerada pela competição por luz.

Vale ressaltar ainda, o efeito indireto do nitrogênio sobre a mortalidade de perfilhos na pastagem (AUDA et al., 1966), podendo desencadear uma competição mais intensa por nutrientes de modo geral, o que estimula o “turnover” de tecidos, segundo abordaram Moreira et al. (2009), acarretando a mortalidade de perfilhos mais velhos, que contribuirão para o aparecimento dos novos por meio da remobilização de nutrientes.

A maior mortalidade de perfilhos nas maiores doses, compensada pela alta taxa de aparecimento (Tabela 2), proporcionou renovação de perfilhos na pastagem, sendo de relevância comprovada para a manutenção da população de perfilhos e, sobretudo, para a estabilidade da população de plantas no ecossistema da pastagem.

Nesse contexto, a mortalidade de perfilhos em uma pastagem pode ser resultado de causas diversas, mas principalmente da eliminação da gema apical pelo animal em pastejo (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Outra relevante causa da morte de perfilhos em um pasto constituído por elevada densidade de plantas é a falta de suprimento de carbono gerada pela competição por luz. Conforme Davies et al. (1983), numa comunidade de plantas sombreadas, uma maior quantidade de fotoassimilados é alocada para o crescimento de perfilhos já presentes em detrimento da formação de novos perfilhos. Destaca-se ainda, o efeito do pisoteio, deposição de fezes e urina e o ataque de insetos sobre taxa de mortalidade de perfilhos (WOODWARD, 1998).

Não se observou interação ($P>0,05$) entre doses de nitrogênio x períodos de avaliação para a taxa de florescimento de perfilhos (TFP) e taxa de sobrevivência de perfilhos (TSP). Verificou-se padrão de resposta quadrática ($P<0,05$) para a TFP com o incremento das doses nitrogênio, revelando estimativas de 0,0055 e 0,0099 perf•100 perf⁻¹•dia⁻¹ nas doses equivalentes a 0,0 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹, respectivamente, alcançando valor máximo (0,051 perf•100 perf⁻¹•dia⁻¹) na dose de nitrogênio equivalente a 613,5 kg•ha⁻¹•ano⁻¹ (Tabela 2).

O incremento na TFP, até a maximização na dose anteriormente apresentada, decorre do efeito desse nutriente sobre o crescimento e desenvolvimento vegetal, reflexo da melhoria nas condições de fertilidade do solo, em especial do suprimento de nitrogênio, possibilitando que os perfilhos persistissem na comunidade de plantas, em resposta a uma melhor estruturação dos mesmos, com um sistema radicular bem consolidado (melhor desenvolvimento das raízes) em relação aos pastos não adubados com o referido nutriente, favorecendo assim, aumento na taxa de florescimento. A redução na TFP em doses mais elevadas reflete a menor luminosidade no interior do dossel (SOARES et al., 2009) em resposta a um pasto mais denso horizontalmente e verticalmente, propiciado pela maior biomassa foliar presente.

Verificou-se superioridade ($P<0,05$) na TFP nos períodos de avaliação 2 e 3 (Tabela 2) em relação ao primeiro, em razão da maior densidade de plantas com idade mais avançada nos últimos períodos, persistindo até alcançar a fase reprodutiva.

A ausência de interação entre doses e períodos contraria a hipótese de efeito cumulativo das doses de nitrogênio ao longo dos períodos sobre os perfilhos mais velhos, que acarretaria maior taxa de florescimento nas maiores doses e nos últimos períodos. Possivelmente, a elevada renovação de perfilhos observada nessa pastagem anulou esse possível efeito cumulativo ao longo dos períodos.

A elevação nas doses de nitrogênio proporcionou incremento ($P<0,05$) na TSP, com valores estimados de 4,14 e 7,31 perf•100 perf⁻¹•dia⁻¹ nas doses equivalentes a 0,0 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹, respectivamente (Tabela 2). Constatou-se ligeira modificação na TSP ($P<0,05$) ao longo dos períodos de avaliação, com maiores valores nos últimos períodos (2 e 3), reflexo do ajuste dos pastejos sucessivos, favorecendo superioridade na população de perfilhos vivos na geração anterior em comparação ao número de perfilhos vivos na geração avaliada (geração atual) e, por conseguinte, elevando a sobrevivência de perfilhos no pasto.

Destaca-se que a sobrevivência dos perfilhos na comunidade vegetal é fator determinante da persistência e produtividade da pastagem e, conforme Matthew et al. (2000),

conquanto seja uma característica determinada geneticamente, a disponibilidade de fatores como precipitação, temperatura, luminosidade e disponibilidade de nutrientes, em conjunto com as estratégias de manejo empregadas podem alterar sobremaneira tal característica da pastagem.

Em uma comunidade de plantas em que se verifica contínua renovação de perfilhos, é possível que diferenças não significativas em termos de taxas de aparecimento e mortalidade dos mesmos possam, quando combinadas, resultar em variações significativas na sua densidade populacional, razão pela qual é relevante estudar o efeito conjunto de ambas as variáveis (DIFANTE et al., 2008). Tal avaliação pode ser efetuada por meio do índice de estabilidade da população de perfilhos (BAHMANI et al., 2003).

Quando o índice de estabilidade da população de perfilhos é inferior a 1,0, indica que a taxa de sobrevivência aliada a taxa de aparecimento de perfilhos, não são suficientes para compensar a taxa de mortalidade e que a população de plantas no ecossistema da pastagem tende a diminuir. Ao contrário, índice de estabilidade maior que 1,0 (Tabela 2) indica situação inversa e valor igual a 1,0, indica uma população de perfilhos estável, em que o número de perfilhos no pasto praticamente não varia, apesar de ser resultado de um equilíbrio dinâmico no ecossistema da pastagem (BAHMANI et al., 2003).

Verificou-se interação ($P < 0,05$) entre os fatores para o índice de estabilidade de perfilhamento (IEP) (Tabela 2). A adubação nitrogenada alterou ($P < 0,05$) o IEP do capim-massai, porém, não foi observado ($P > 0,05$) resposta na análise de regressão, revelando valor médio de $1,17 \pm 0,06$.

O índice de estabilidade do capim-massai manteve-se acima de 1,0 durante todo o período experimental, independentemente das doses de nitrogênio e dos períodos de avaliação. Porém, verificou-se suave redução nos valores do referido índice para os pastos não adubados e supridos com dose equivalente a $1200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ à medida que o período experimental avançou, o que pode ser atribuído à menor TApP no último período de avaliação para os pastos sem adubação e recebendo $1200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ de nitrogênio (Tabela 2), modificando as relações entre taxas de aparecimento e mortalidade de perfilhos na pastagem.

Na dose equivalente a $800 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ de nitrogênio não foi observada diferença ($P > 0,05$) no IEP entre os períodos de avaliação (Tabela 2), demonstrando ser a dose de nitrogênio que melhor equilibrou o balanço entre as taxas de aparecimento, mortalidade e sobrevivência de perfilhos nos pastos de capim-massai ao longo do período experimental,

ratificando a relevância da adubação nitrogenada para a estabilidade da pastagem ao longo de pastejos sucessivos.

Não houve interação ($P>0,05$) entre doses de nitrogênio x períodos de avaliação (Tabela 3) para a densidade populacional de perfilhos vegetativos (DPPV), densidade populacional de perfilhos mortos (DPPM) e densidade populacional de perfilhos reprodutivos (DPPR). A DPPV e DPPR revelaram resposta quadrática ($P<0,05$) com ponto de máximo (4818 e 35 perf•m⁻², respectivamente) nas doses de nitrogênio equivalentes a 993,5 e 623,9 kg•ha⁻¹•ano⁻¹, respectivamente. A DPPM manteve-se semelhante ($P>0,05$), independente das doses de nitrogênio (332 ± 45 perf•m⁻²) e dos períodos de avaliação (331 ± 55 perf•m⁻²) (Tabela 3), apesar do efeito da adubação nitrogenada sobre a taxa de mortalidade de perfilhos.

A semelhança entre os períodos de avaliação para DPPM é justificado em parte pelo rigoroso manejo do pastejo adotado em termos de condição residual do pasto ao longo dos pastejos sucessivos, neutralizando a diferença entre os períodos em função da morte de perfilhos por decapitação (eliminação da gema apical pelo animal em pastejo), e também pela baixa taxa de florescimento de perfilhos nos pastos de capim-massai (Tabela 2), não modificando a DPPM entre os referidos períodos estudados.

Tabela 3 - Padrões de perfilhamento em pastos de *Panicum maximum* x *P. infestum* cv. Massai adubado com nitrogênio e pastejado por ovinos em lotação rotativa

Variáveis	Período de avaliação			Equações (Efeito do nitrogênio)
	1	2	3	
DPPV	4174 ^a	4262 ^a	4360 ^a	DPPV = 3288,2 + 3,08**N - 0,00155**N ² ; R ² = 0,71
DPPM	254 ^a	362 ^a	378 ^a	DPPM = 332 ± 45
DPPR	5 ^b	29 ^a	23 ^a	DPPR = 3,725 + 0,0997**N - 0,0000799**N ² ; R ² = 0,33
RPV/PM	17,1 ^a	12,2 ^a	11,6 ^a	RPV/PM = 8,83 + 0,00706**N; R ² = 0,31
BP	1,62 ^b	1,81 ^a	1,84 ^a	BP = 1,288 + 0,000778**N; R ² = 0,79

Densidade populacional de perfilhos vegetativos (DPPV, perf•m⁻²), densidade populacional de perfilhos mortos (DPPM, perf•m⁻²), densidade populacional de perfilhos reprodutivos (DPPR, perf•m⁻²), relação perfilhos vegetativos/perfilhos mortos (RPV/PM), biomassa do perfilho (BP, g•perfilho⁻¹); N = dose de nitrogênio; médias seguidas de letras iguais, na mesma linha, não diferem ($P>0,05$) pelo teste de Tukey; significativo ao nível de 1% (**).

A semelhança na DPPM independentemente das doses de nitrogênio, mesmo com esse nutriente influenciando a TMP, pode ser atribuída ao efeito positivo da adubação nitrogenada no balanço entre as taxas de sobrevivência e de aparecimento de perfilhos, ou seja, nos padrões de perfilhamento da gramínea, definindo segundo Hirata e Pakiding (2001) e Bahmani et al. (2003), a estabilidade da população de perfilhos no pasto.

As taxas de aparecimento e florescimento de perfilhos (Tabela 2), ao responderem à adubação nitrogenada, com incrementos de 72,6 e 827,3%, respectivamente, para os pastos supridos com as doses de nitrogênio de 1200 e 613,5 kg•ha⁻¹•ano⁻¹ em relação aos não adubados com esse nutriente, foi um dos determinantes básicos para o aumento na DPPV e DPPR (Tabela 3) até a maximização nas doses anteriormente mencionadas. A DPPR mostrou-se superior (P<0,05) nos dois últimos períodos de avaliação (Tabela 3), respondendo pela superioridade na TFP nos períodos de avaliação 2 e 3 (Tabela 2).

O incremento na população de perfilhos vegetativos até alcançar valor máximo reflete um aumento no número de perfilhos por planta proporcionado pelo nitrogênio (BAHMANI et al., 2002; LOPES et al., 2011a), corroborando a resposta da densidade populacional de perfilhos nos estudos de Alexandrino et al. (2004) e Lopes et al. (2011a) em forrageiras submetidas à adubação nitrogenada, justificado pelo efeito desse nutriente na ativação de gemas dormentes (MATTHEW et al., 2000) e na iniciação dos perfilhos correspondentes (NABINGER, 1996).

O nitrogênio, como apresentado no presente estudo (Tabela 2) e relatado na literatura (MORAIS et al. 2006; BASSO et al., 2010), promove aumentos consistentes no aparecimento de perfilhos, propiciando uma população de plantas constantemente renovada e com elevado potencial produtivo (FAGUNDES et al., 2005), visto que os novos perfilhos surgidos tem maior capacidade de resposta aos estímulos do meio (BULLOCK et al., 1994).

A DPPV não diferiu (P>0,05) entre os períodos de avaliação, com valor médio de 4265 perf•m⁻² (Tabela 3), em razão dos baixos valores na taxa de florescimento entre os períodos avaliados e, assim, demonstrando o criterioso manejo adotado ao longo dos pastejos sucessivos.

Segundo Matthew et al. (2000), o perfilhamento é um relevante mecanismo de ajuste e otimização do índice de área foliar do pasto, que desempenha papel fundamental na recuperação da forrageira após a desfolhação, influenciando sobremaneira a produção de biomassa de forragem (LOO et al., 1992). Assim, qualquer fator que atua positivamente na produção de novos perfilhos, favorece o crescimento e desenvolvimento do pasto (HIRATA; PAKIDING, 2003) e o acúmulo de forragem na pastagem.

Não houve interação (P>0,05) entre doses de nitrogênio x períodos de avaliação sobre a relação perfilhos vegetativos/perfilhos mortos (RPV/PM) e biomassa do perfilho (BP) (Tabela 3). A adubação nitrogenada proporcionou resposta linear crescente (P<0,05) sobre a

relação PV/PM e BP, com estimativa de 8,8 a 17,3 (PV/PM) e 1,29 a 2,22 g•perfilho⁻¹ (BP) nas doses de nitrogênio equivalentes a 0,0 e 1200 kg•ha⁻¹•ano⁻¹, respectivamente (Tabela 3).

Não se observou diferença ($P>0,05$) entre os períodos avaliados para a relação PV/PM, com média de $13,6 \pm 2,5$. A biomassa do perfilho revelou valores superiores ($P<0,05$) para os períodos de avaliação 2 e 3 em relação ao primeiro (Tabela 3), demonstrando a formação de perfilhos mais desenvolvidos na pastagem nesses períodos.

A semelhança na relação PV/PM, entre os períodos avaliados e o seu incremento com a adubação nitrogenada, é consequência das respostas já observadas para DPPV e DPPM, onde a primeira apresentou resposta apenas à adubação, com efeito quadrático e a segunda não foi afetada nem pela adubação, nem pelos períodos. A variável RPV/PM constitui um indicativo da qualidade da forragem presente na pastagem. Quanto menor o número de perfilhos mortos em relação aos perfilhos vegetativos, mais larga é essa relação e melhor é a qualidade da forragem, respondendo pela maior produção de biomassa verde, comparado à presença de forragem morta (material de qualidade reduzida, rejeitado pelo animal em pastejo).

O aumento na biomassa de perfilho com a adubação nitrogenada é justificado pelo incremento nos comprimentos das folhas e dos colmos (Tabela 2, capítulo IV), resultando em perfilhos mais desenvolvidos e, portanto, mais compridos e pesados, ratificando o efeito do nitrogênio sobre a referida característica (biomassa do perfilho) e, por conseguinte, no aumento da produção de biomassa, corroborando com os resultados de Quadros et al. (2002) em *Panicum maximum* Jack cv. Tanzânia e Mombaça adubados com doses crescentes de NPK e Alexandrino et al. (2004) em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a três doses de nitrogênio.

6.4 CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada proporciona mudanças positivas na dinâmica de perfilhamento do capim-massai, podendo-se utilizar uma dose de nitrogênio de até $800 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ para a manutenção da estabilidade do pasto. A demografia do perfilhamento da referida forrageira oscila entre os períodos de avaliação, porém em pequena magnitude.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; MOSQUIM, P. R. et al. Características morfológicas e estruturais na rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a três doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1372-1379, 2004.

AUDA, H.; BLASER, R. E.; BROWN, R. H. Tillering and carbohydrate contents of orchardgrass as influenced by environmental factors. **Crop Science**, v. 6, n. 2, p. 139-143, 1966.

BAHMANI, I.; THOM, E. R.; MATTHEW, C. et al. Flowering propensity of two New Zealand perennial ryegrass cultivars originating from different ecotypes. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 45, p. 129-137, 2002.

BAHMANI, I.; THOM, E. R.; MATTHEW, C. et al. Tiller dynamics of perennial ryegrass cultivars derived from different New Zealand ecotypes: effects of cultivars, season, nitrogen fertilizer, and irrigation. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 54, n. 8, p.803-817, 2003.

BASSO, K. C.; CECATO, U.; LUGÃO, S. M. B. et al. Morfogênese e dinâmica do perfilhamento em pastos de *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio submetido a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 4, p. 976-989, 2010.

BULLOCK, J. M.; MORTIMER, A. M.; BEGON, M. Physiological integration among tillers of *Holcus lanatus*: age dependence and responses to clipping and competition. **New Phytologist**, v. 128, p. 737-747, 1994.

CARVALHO, C. A. B.; DA SILVA, S. C.; SBRISSIA, A. F. et al. Demografia do perfilhamento e taxas de acúmulo de matéria seca em capim ‘Tifton 85’ sob pastejo. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 4, p. 591-600, 2000.

Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, (1999). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação** - Viçosa: UFV, 1999, 359 p.

DAVIES, A.; EVANS, M. E.; EXLEY, J. K. Regrowth of perennial ryegrass as affected by simulated leaf sheaths. **Journal of Agricultural Science**, v. 101, n. 3, p. 131-137, 1983.

DIFANTE, G. S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; DA SILVA, S. C. et al. Dinâmica do perfilhamento do capim-marandu cultivado em duas alturas e três intervalos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 2, p. 189-196, 2008.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A. et al. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 397-403, 2005.

GILDERSLEEVE, R. R.; OCUMPAUGH, W. R.; QUESENBERRY, K. H. et al. Mobgrazing morphologically different *Aeschynomene* species. **Tropical Grasslands**, v. 21, n. 3, p. 123-132, 1987.

HERNANDEZ GARAY, A.; MATTHEW, C.; HODGSON, J. Effect of spring management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures. 2. Tiller and growing point densities and population dynamics. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 40, p. 37-50, 1997.

HIRATA, M.; PAKIDING, W. Responses of bahiagrass to nitrogen and defoliation. **Journal of Range Management**, v. 56, p. 608-615, 2003.

HIRATA, M.; PAKIDING, W. Tiller dynamics in a bahia grass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. **Tropical Grasslands**, v. 35, p. 151-160, 2001.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.) **The ecology and management of grazing systems**. Oxford: CAB International, 1996. p. 3-36.

LOO, E. N. van; SCHAPENDONK, A. H. C. M.; VOS, A. L. F. de. Effects of nitrogen supply on tillering dynamics and regrowth of perennial ryegrass populations. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v. 40, p. 381-400, 1992.

LOPES, M. N.; CÂNDIDO, M. J. D.; POMPEU, R. C. F. F. et al. Biomass components in Massai grass during establishment and regrowth under five nitrogen fertilization levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 8, p. 1629-1637, 2011a.

MATTHEW, C.; ASSUERO S. G.; BLACK, C. K. et al. Tiller dynamics in grazed swards. In: LEMAIRES, G.; HODGSON, J.; MORAES, H. et al. (Eds.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology of natural grasslands**. Wallingford: CAB International, 2000. p. 109-133.

MORAIS, R. V.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. et al. Demografia de perfilhos basilares em pastagem de *Brachiaria decumbens* adubada com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 380-388, 2006.

MOREIRA, L. M.; MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M. et al. Perfilhamento, acúmulo de forragem e composição bromatológica do capim-braquiária adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 9, p. 1675-1684, 2009.

NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 13. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. p. 59-121.

QUADROS, D. G.; RODRIGUES, L. R. A.; FAVORETTO, V. et al. Componentes da produção de forragem em pastagens dos capins tanzânia e mombaça adubadas com quatro doses de NPK. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p. 1333-1342, 2002.

SACKVILLE-HAMILTON, N.R.; MATTHEW, C.; LEMAIRE, G. In defence of the-3/2 boundary rule: a re-evaluation of self thinning concepts and status. **Annals of Botany**, v. 76, p. 569-577, 1995.

SAS INSTITUTE. **SAS System for Windows**. Version 9.0. Cary: SAS Institute Inc. 2003. 2 CD-ROMs.

SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 443-451, 2009.

WOODWARD, S. J. R. Quantifying different causes of leaf and tiller death in grazed perennial ryegrass swards. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 41, p. 149-159, 1998.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adubação nitrogenada em doses elevadas proporciona respostas positivas sobre as trocas gasosas e variáveis morfofisiológicas do capim-massai, demonstrando o elevado potencial da gramínea para a utilização em sistemas sob manejo intensivo, constituindo mais uma opção forrageira com características relevantes (alta produção de biomassa foliar, larga relação folha/colmo, baixa produção de colmo, elevado perfilhamento, persistência, entre outras) para alimentação de ruminantes no Nordeste Brasileiro, especialmente de ovinos.

Recomenda-se a dose de nitrogênio equivalente a $934 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ para a obtenção da máxima resposta biológica da planta sob manejo intensivo. O efeito dos ciclos pode ser minimizado pela adoção de um rigoroso manejo do pastejo, com metas de entrada e de saída dos animais baseadas na condição fisiológica do pasto.

Ressalte-se a importância de estudos adicionais para avaliar os índices econômicos e os impactos ambientais em pastagens adubadas com elevadas doses de adubação nitrogenada.