

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**ACÚMULO DE MASSA SECA VERDE E
CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS, QUÍMICAS E
BIOLÓGICAS DAS LÂMINAS FOLIARES DE CAPIM-
MASSAI SOB DOSES DE CALCÁRIO E NITROGÊNIO**

SANDRO CARDOSO

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2013**

**ACÚMULO DE MASSA SECA VERDE E CARACTERÍSTICAS
ANATÔMICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DAS LÂMINAS
FOLIARES DE CAPIM-MASSAI SOB DOSES DE CALCÁRIO E
NITROGÊNIO**

SANDRO CARDOSO
Engenheiro Agrônomo

Orientadora: PROF^a. DRA^a BEATRIZ LEMPP

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do curso de Pós-graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central da UFGD, Dourados, MS, Brasil

C268a	Cardoso, Sandro. Acúmulo de massa seca verde e características anatômicas, químicas e biológicas das lâminas foliares de capim-massai sob doses de calcário e nitrogênio / Sandro Cardoso – Dourados, MS : UFGD, 2013. 91f. Orientadora: Profa. Dra. Beatriz Lempp. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados. 1. Capim-massai - Cultivo 2. Pastagem. I. Lempp. Beatriz. II. Título. CDD:633.2
-------	--

**ACÚMULO DE MASSA SECA VERDE E CARACTERÍSTICAS
ANATÔMICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DAS LÂMINAS FOLIARES DE
CAPIM-MASSAI SOB DOSES DE CALCÁRIO E NITROGÊNIO**

Por

Sandro Cardoso

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de
DOUTOR EM AGRONOMIA

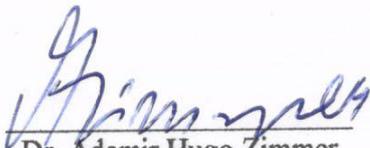
Aprovada em 29/11/2013:



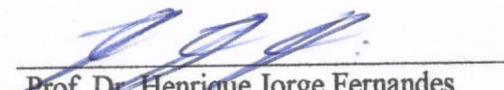
Prof.ª Dra.ª Beatriz Lempp
(UFGD) (Orientadora)



Dr. Edimilson Volpe
(Co-orientador - AGRAER)



Dr. Ademir Hugo Zimmer
(Embrapa Gado de Corte)



Prof. Dr. Henrique Jorge Fernandes
(UEMS)



Prof.ª Dr.ª Alessandra Mayumi Tokura Alovise
(UFGD)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me proporcionado saúde, paciência e entendimento para concluir este trabalho.

A minha orientadora, Prof.^a Dra. Beatriz Lempp pela orientação dedicada, ensinamentos e paciência, meus sinceros agradecimentos.

Ao meu co-orientador Dr. Edimilson Volpe, pela contribuição em todas as etapas deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

Ao Dr. Manoel Claudio Motta Macedo e toda sua equipe de colaboradores da Embrapa Gado de Corte pela efetiva colaboração e disponibilização da estrutura de laboratórios para o bom andamento deste trabalho.

Ao Dr. Ademir Hugo Zimmer (Embrapa – CNPGC), a Dra. Alessandra Mayumi Tokura Alovisi, ao Prof. Dr. Henrique Jorge Fernandes e ao Dr. Edimilson Volpe por aceitarem o convite para fazer parte da banca de defesa desta tese.

A Prof.^a Dra. Maria da Graça Moraes e toda sua equipe pela disponibilização da estrutura do laboratório do Núcleo de Ciências Veterinárias da UFMS e apoio na realização dos trabalhos de degradabilidade *in situ*. Em especial os meus agradecimentos ao Sr. Antônio Peres Straviz pela colaboração efetiva nos trabalhos.

A Gerência de Pesquisa e aos colegas da Agraer/Cepaer, em especial a toda a equipe de campo pela colaboração efetiva na condução dos trabalhos.

A Sra. Elda da UFGD, a Elaine e a Cássia, alunas de Pós graduação e graduação do curso de Agronomia da UFGD, pela colaboração nas análises morfológicas e anatômicas.

A Sra. Lúcia, secretária do programa Pós-graduação em Produção Vegetal, pela atenção.

A todos os professores do programa Pós-graduação em Produção Vegetal por compartilhar seus conhecimentos.

A Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT), pela concessão da bolsa de doutorado.

A minha esposa Rosemeire Lander Borges Cardoso e ao meu filho Eduardo Lander Borges Cardoso pelo apoio, carinho, paciência e compreensão pelas horas ausentes.

Aos meus pais, Sadi Fontana Cardoso e Anila Smaniotto Cardoso pelo apoio e incentivo incondicional nesta caminhada.

Aos meus avós, Guido Smaniotto (*in memoriam*) e Joana Simioni Smaniotto, pessoas exemplares que muito contribuíram na minha formação.

SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DE QUADROS.	vi
LISTA DE FIGURAS.	vii
RESUMO.	x
ABSTRACT.	xi
INTRODUÇÃO GERAL.	1
REVISÃO DE LITERATURA.	5
Pastos no Brasil.	5
O Capim Massai.	7
Valor nutritivo, anatomia, morfologia e degradabilidade <i>in situ</i>	8
Calagem.	13
Nitrogênio.	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	22
CAPÍTULO 1 - ACÚMULO DE BIOMASSA E EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E CALCÁRIO EM CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS DO CAMPIM-MASSAI (<i>Panicum maximum</i>), NA REGIÃO DE CERRADO.	30
Resumo.	31
Abstract.	32
Introdução.	33
Material e Métodos.	34
Resultados e Discussão.	37
Conclusões.	56
Referências Bibliográficas.	57
CAPÍTULO 2- CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DO CAPIM-MASSAI (<i>Panicum maximum</i>) SUBMETIDO A DIFERENTES DOSES DE CALCÁRIO E NITROGÊNIO, NA REGIÃO DO CERRADO.	61
Resumo.	62
Abstract.	63
Introdução.	64

Material e Métodos.	65
Resultados e Discussão.	68
Conclusões.	85
Referências Bibliográficas.	85

LISTA DE QUADROS

	PÁGINA
QUADRO 1. Análise química do solo experimental na profundidade de 0-20 cm no ano de 2008, Campo Grande/MS.....	35
QUADRO 2. Relação entre doses de N ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) aplicadas e percentual de MSV convertida em 2010 e 2011 em capim-massai.....	40
QUADRO 3. Significância das fontes de variação em algumas características de <i>Panicum maximum</i> cv. Massai submetido a cinco doses de nitrogênio e quatro doses de calcário em 2010 e 2011 (seca; águas).....	68
QUADRO 4. Efeito de diferentes doses de calcário (kg ha^{-1}) sobre os parâmetros de degradação <i>in situ</i> de lâminas foliares de capim-massai – Campo Grande/MS.....	77
QUADRO 5. Efeito de diferentes doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) sobre os parâmetros de degradação <i>in situ</i> de lâminas foliares de capim-massai – Campo Grande/MS.....	77
QUADRO 6. Significância das fontes de variação em algumas características de <i>Panicum maximum</i> cv. Massai submetido a cinco doses de nitrogênio e quatro doses de calcário em 2011 (seca - águas).....	83

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 1. Demonstrativo mensal das precipitações (mm) ocorridas nos anos de 2009, 2010 e 2011 em Campo Grande/MS.....	34
FIGURA 2. Acúmulo de massa seca verde – MSV (kg ha^{-1}) de capim-massai em função de doses de nitrogênio ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) e calcário (kg ha^{-1}) no período das águas nos anos de 2009/2010 – Campo Grande/MS.....	38
FIGURA 3. Acúmulo de massa seca verde– MSV ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) de capim-massai em função de doses de nitrogênio ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) no primeiro ano (2009/2010) – Campo Grande/MS.....	38
FIGURA 4. Acúmulo de massa seca verde– MSV ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) de capim-massai em função de doses de nitrogênio ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) e calcário (kg ha^{-1}) no segundo ano (2010/2011) – Campo Grande/MS.....	39
FIGURA 5. Saturação por bases (V%) no solo (2009) em função de doses de calcário (kg ha^{-1}) em capim-massai – Campo Grande/MS.....	42
FIGURA 6. Saturação por bases (V%) no solo (2010) em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) e calcário (kg ha^{-1}) em capim-massai – Campo Grande/MS.....	43
FIGURA 7. Saturação por bases (V%) no solo (2011) em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) e calcário (kg ha^{-1}) em capim-massai – Campo Grande/MS.....	44
FIGURA 8. pH (CaCl_2) no solo (2009) em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) e calcário (kg ha^{-1}) em capim-massai – Campo Grande/MS.....	45
FIGURA 9. pH (CaCl_2) no solo (2010) em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) e calcário (kg ha^{-1}) em capim-massai – Campo Grande/MS.....	46
FIGURA 10. pH (CaCl_2) no solo (2011) em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) e calcário (kg ha^{-1}) em capim-massai – Campo Grande/MS.....	47
FIGURA 11. Ca (cmolc dm^{-3}) no solo (2009, 2010 e 2011) em função de doses de calcário (kg ha^{-1}) em capim-massai – Campo Grande/MS.....	48

FIGURA 12.	Mg (cmolcdm^{-3}) no solo (2009 e 2010) em função de doses de calcário (kg ha^{-1}) em capim-massai – Campo Grande/MS.....	49
FIGURA 13.	Mg (cmolcdm^{-3}) no solo (2011) em função de doses de calcário (kg ha^{-1}) e nitrogênio em capim-massai – Campo Grande/MS.....	49
FIGURA 14.	Teores de nitrogênio (g kg^{-1}) em folhas de capim-massai no período das águas e seca (janeiro/2010 - junho/2010) do primeiro ano em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande/MS.....	50
FIGURA 15.	Teores de nitrogênio (g kg^{-1}) em folhas de capim-massai no período das águas e seca (janeiro/2011-novembro/2011) do segundo ano em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande/MS.....	51
FIGURA 16.	Teores de magnésio (g kg^{-1}) em folhas de capim-massai no período das águas e seca (janeiro/2010- junho/2010) do primeiro ano em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande/MS.....	54
FIGURA 17.	Teores de magnésio (g kg^{-1}) em folhas de capim-massai no período das seca (novembro/2011) do segundo ano em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande/MS.....	55
FIGURA 18.	Teores de cálcio (g kg^{-1}) em folhas de capim-massai no período da seca (novembro/2011) do segundo ano em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande/MS.....	55
FIGURA 19.	Teores de Proteína Bruta (%) nas folhas de capim-massai no período das águas e seca (janeiro/2010 e junho/2010); em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande/MS.....	69
FIGURA 20.	Teores de Proteína Bruta (%) nas folhas de capim-massai no período das águas e seca; (janeiro/2011 e novembro/2011), em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande/MS.....	70
FIGURA 21.	Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DIVMO - %) das folhas de capim-massai no primeiro ano, seca (2010) em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) e calcário (kg ha^{-1}) – Campo Grande/MS.....	71
FIGURA 22.	Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DIVMO - %) das folhas de capim-massai no primeiro ano, águas (2009/2010) em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) e calcário (kg ha^{-1}) – Campo Grande/MS.....	72

FIGURA 23.	Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DIVMO) das folhas de capim-massai, águas (2010/2011) e seca (2011) em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande/MS.....	73
FIGURA 24.	Teores de Fibra em Detergente Neutro (%) e Fibra em Detergente Ácido nas folhas de capim-massai no período das águas e seca (janeiro/2010 e junho/2010); em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande/MS.....	74
FIGURA 25.	Teores de Fibra em Detergente Neutro (%) e Fibra em Detergente Ácido nas folhas de capim-massai no período das águas e seca (janeiro/2011 e novembro/2011); em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande/MS.....	75
FIGURA 26.	Teores de Lignina (%) nas folhas de capim-massai no período das águas (janeiro/2010 e 2011) e seca (junho/2010 e novembro/2011), em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande/MS.....	76
FIGURA 27.	Velocidade média relativa de degradação (K) de lâminas foliares de capim-massai sob diferentes doses de nitrogênio (kg ha^{-1}).....	78
FIGURA 28.	Largura das folhas (cm) de capim-massai no período das águas (janeiro - 2011) em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande/MS.....	79
FIGURA 29.	Área foliar (cm^2) de capim-massai no período das águas (janeiro - 2011) e da seca (novembro - 2011), em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande/MS.....	80
FIGURA 30.	Comprimento das folhas (cm) de capim-massai no período das águas (janeiro - 2011) e da seca (novembro - 2011), em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande/MS.....	80
FIGURA 31.	Epiderme adaxial (cm^2) de capim-massai no período da seca (dezembro - 2011) em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande/MS.....	84

ACÚMULO DE MASSA SECA VERDE E CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DAS LÂMINAS FOLIARES DE CAPIM-MASSAI SOB DOSES DE CALCÁRIO E NITROGÊNIO

RESUMO

Este estudo avaliou os efeitos de diferentes doses de nitrogênio e calcário no acúmulo de forragem, nos atributos químicos do solo, macronutrientes, valor nutritivo, características anatômicas e na degradabilidade *in situ* em lâminas foliares do capim-massai (*Panicum maximum*). O trabalho foi realizado entre os meses de setembro de 2009 e novembro de 2011. Foram testadas quatro doses de calcário dolomítico com PRNT 100%; 0, 2000, 4000 e 8000 kg ha⁻¹; e cinco doses de nitrogênio (N); 0, 20, 40, 80 e 160 kg ha⁻¹. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em arranjo fatorial, com medidas repetidas no tempo. Utilizou-se quatro repetições com as parcelas medindo 5m x 5m. Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância e regressão. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Para as análises de regressão ajustaram-se as respostas em função das médias, adotando-se apenas os coeficientes significativos pelo teste “t” (P<0,10). Doses estimadas de 580 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N e 5.795 kg ha⁻¹ de calcário no primeiro ano de avaliações proporcionaram os maiores acúmulos de massa seca verde 15.260 kg ha⁻¹ ano⁻¹. A saturação por bases e pH foram elevados pelos efeitos do calcário e reduzidos pelos efeitos do nitrogênio. O calcário elevou os teores de Ca e Mg no solo, e alterou no primeiro ano, no período das águas a PB e DIVMO nas lâminas foliares. O nitrogênio elevou os teores de N, Mg e Ca (g kg⁻¹), o teor de proteína bruta (PB), a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), reduziu a fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG), elevou a velocidade (K) para a degradabilidade *in situ*, a largura, o comprimento e área total nas lâminas foliares do capim-massai. A epiderme adaxial foi reduzida à medida que foram aumentadas as doses de nitrogênio no período da seca.

Palavras-chave: Características do solo, degradabilidade *in situ*, micronutrientes, *Panicum maximum* (Syn.: *Megathyrsus maximus*)

ACCUMULATION OF DRY GREEN DROUGHT AND ANATOMICAL CHARACTERISTICS, BIOLOGICAL AND CHEMICAL LEAF BLADES OF GRASS UNDER MASSAI DOSES OF LIME AND NITROGEN

ABSTRACT

This study evaluated the effects of different doses of nitrogen and limestone in the herbage accumulation, chemical characteristics of the soil, macronutrients, nutritional value, anatomical features and *in situ* degradability of leaf blade of massai grass (*Panicum maximum*). The study was conducted from September 2009 to November 2011. Four doses of limestone with PRNT 100% (0, 2000, 4000 and 8000 kg ha⁻¹), and five doses of nitrogen (0, 20, 40, 80 and 160 kg ha⁻¹) were assessed. The experimental design was a randomized block in factorial arrangement, with repeated measures at the time. Four replicates of the plots of 3m x 5m were used. The data were submitted to analysis of variance and regression. The mean comparison was made through the Scott-Knott at 5% probability. For the regression analysis the answers were adjusted according to the mean, adopting only the significant coefficients by “t” test (P<0.10). Doses estimated near 580 kg ha⁻¹ N¹.year and 5.795 kg ha⁻¹ of lime in the first year of evaluations resulted in the highest accumulation of dry weight green 15.260 kg ha⁻¹year⁻¹. Base saturation and pH were elevated by the effects of limestone and reduced by the effects of nitrogen. Liming increased the contents of Ca and Mg in the soil, and amended in the first year, during the rainy season the CP and IVOMD in leaf blades. The nitrogen increased the levels of N, Mg and Ca (g kg⁻¹), crude protein (CP) and the *in vitro* digestibility of organic matter (IVDOM), whereas the neutral detergent fiber (NDF), the acid detergent fiber (ADF) and lignin (LIG) in leaf blade of massai grass were reduced. The nitrogen increased the speed (K) of *in situ* degradability, the width, the length and the total area of massai grass leaves. The adaxial epidermis was reduced as were increased levels of nitrogen in the dry season.

Keywords: Soil characteristics, *in situ* degradability, micronutrients, *Panicum maximum* (Syn.: *Megathyrsus maximus*)

INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil os pastos normalmente têm sido relegados às áreas impróprias para a agricultura e, aliado a criação de raças não selecionadas para precocidade, tem refletido no alongamento do ciclo reprodutivo dos rebanhos, resultando em baixos índices de desfrute e pouca competitividade do setor. Os animais mantidos em pastos nativos ou cultivados enfrentam o desafio de obter suprimento relativamente constante de nutrientes para satisfazer os requerimentos de metabolismo, crescimento e reprodução, num ambiente variável quanto à disponibilidade e qualidade da forragem (COSTA et al., 2008).

Apesar das limitações enfrentadas, este sistema tradicional de criação de animais a pasto vem sendo alterado, em decorrência da busca por maior eficiência (EUCLIDES et al., 2008; DIAS-FILHO, 2011).

Uma das limitações na produção das gramíneas forrageiras cultivadas no Cerrado, e que interferem diretamente na redução da eficiência, no acúmulo de biomassa e na qualidade nutricional, é o fato destas normalmente ocuparem áreas com solos ácidos e de baixa disponibilidade de nutrientes, constituído um dos principais fatores limitantes a produção de forragem, onde se destaca o processo de degradação dos pastos (SILVA et al., 2013), que é consequência do modelo extrativista predominante na pecuária da região, onde as práticas de correção e adubação são pouco utilizadas (VOLPE et al., 2008a).

A calagem é considerada a primeira ação a ser realizada na correção dos solos, com efeito na elevação do pH, na saturação por bases (V%), nas concentrações Ca e Mg) e na redução do Alumínio (Al) no solo (FERREIRA e MACEDO, 2006). No entanto os critérios de utilização da calagem em pastos são considerados passíveis de discussão e objeto de novos estudos, principalmente ao que se refere a doses, e tipos de calcário a serem utilizados (LUZ et al., 2000; VOLPE et al., 2008a).

A adubação é uma prática indispensável principalmente em sistemas intensivos, onde se destaca o nitrogênio, por ser o nutriente mais requerido para que as gramíneas forrageiras tropicais atinjam seu potencial de alto acúmulo de biomassa, e maior longevidade dos pastos (OLIVEIRA et al., 2005 e 2007).

Além da calagem e da adubação, outra limitação na produção das gramíneas forrageiras cultivadas no Cerrado refere-se à estacionalidade de produção.

É necessário desenvolver novas opções de forrageiras, melhor manejadas, de forma que venham a apresentar melhores distribuições estacionais, em termos qualitativos e quantitativos (BRÂNCIO et al., 2003).

Assim, o uso de adubação associada a um tipo de forragem, e com o uso eficiente da biomassa produzida constitui mecanismos essenciais para o sucesso da produção pecuária a pasto (LOPES et al., 2011).

A produção de biomassa de forragem é um dos componentes que define a capacidade de suporte dos pastos; daí a relevância do conhecimento de seus componentes para se compreender como as estratégias de manejo (adubação, irrigação, ajuste da carga animal, radiação, temperatura, umidade do solo) os influenciam (ALEXANDRINO et al., 2005).

O potencial de produção das gramíneas tropicais dos gêneros *Panicum* e *Urochloa* é alto, desde que sejam feitas correções e adubações do solo, mantendo-se uma adequada disponibilidade de nutrientes, o que é fundamental para o bom desenvolvimento de gramíneas forrageiras (SILVEIRA e MONTEIRO, 2010).

As gramíneas do gênero *Panicum* de um modo geral exigem solos de média a alta fertilidade para uma boa produção de forragem (CORRÊA, 1993).

No entanto, o capim-massai (*P. maximum* cv. Massai), lançado em 2001, é mais tolerante a menores níveis de calagem e adubação, e, apesar do menor valor alimentício quando comparado aos capim-mombaça (*P. maximum* cv. Mombaça) e capim-tanzânia (*P. maximum* cv. Tanzânia), semelhante a *U. decumbens* e *U. brizantha*, vem se mostrando promissor e bem adaptado a região do Cerrado, por possuir bom potencial de acúmulo de biomassa, alta relação folha/colmo, resistência a cigarrinha das pastagens (*Carineta fasciculata*, *Zulia entreriana*, *Deois flavopicta*, *Deois schach*, etc) e maior resistência à seca (EMBRAPA, 2001). Mesmo tolerante a menores níveis de calagem e adubação, devemos considerar que o capim-massai responde positivamente a maiores doses de nitrogênio, elevando o acúmulo de biomassa (MARTUSCELLO et al., 2006; LOPES et al., 2013) e o valor nutricional (VOLPE et al., 2008a).

É também possível que o capim-massai, pela utilização de combinações de doses de nitrogênio e calcário em sistemas intensivos, possa proporcionar uma maior degradabilidade *in situ* e uma maior qualidade nutricional do alimento com maior produtividade, melhorando o desempenho animal.

Neste sentido, Lempp et al. (2004) consideraram que a adubação com nitrogênio pode elevar o valor nutricional do capim-massai, desde que não ocorra espessamento expressivo da parede celular da bainha parenquimática dos feixes.

Assim o estudo anatômico passa a ser fundamental para o melhor entendimento do valor nutricional do capim-massai.

O estudo da degradabilidade *in situ* em plantas forrageiras tropicais também é de grande importância para a nutrição animal, no entanto, apesar da sua importância trabalhos nesta área ainda são escassos e pouco aprofundados, (BARBERO et al., 2009).

As taxas de degradação de um capim são normalmente estimadas pela técnica *in situ*, a qual se baseia no desaparecimento da amostra acondicionada em sacos de náilon incubados por diferentes períodos no rúmen (MEHREZ et al., 1977). As principais vantagens dessa técnica estão relacionadas à sua rápida e fácil execução, à necessidade de amostras pequenas de alimento, e ao fato de permitir o contato íntimo entre o alimento testado e o ambiente ruminal (SALMAN et al., 2000).

Estudos comprovam que a digestão da fibra no rúmen pode ser afetada pelo teor de proteína, principalmente em dietas com forragem de baixa qualidade. A proteína é o nutriente de maior custo unitário na alimentação de ruminantes, por isso é fundamental a realização de estudos que possibilitem sua melhor utilização (SILVEIRA et al., 2009).

Para Leng (1990) a primeira limitação da degradabilidade *in situ* é a quantidade de nitrogênio disponível no rúmen, sendo o teor ótimo, aquele que proporciona máxima produção de proteína microbiana por unidade de substrato fermentado ou máxima taxa de fermentação.

Este estudo busca avaliar os efeitos de combinações de diferentes doses de nitrogênio e calcário, em características agronômicas (acúmulo de forragem, características de macronutrientes em lâminas foliares e químicas do solo); características de valor nutritivo, (digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG); características morfológicas (área foliar, comprimento e largura); características anatômicas (área total (AT), epiderme adaxial – (EPIada), epiderme abaxial (EPIaba), bainha parenquimática (BP),

esclerênquima (ESC), tecido vascular (TV) e mesofilo (MES); e a degradabilidade *in situ* do capim-massai cultivado em Latossolo de Cerrado de Mato Grosso do Sul.

REVISÃO DE LITERATURA

Pastos no Brasil

O modelo extrativista de utilização dos pastos em solos com aptidão agrícola desfavorável predominante na pecuária de corte brasileira resulta em baixos índices zootécnicos e de produtividade (ALMEIDA et al., 2002; CUNHA et al., 2010).

Tal conduta, na maioria das vezes, determina passivos ambientais relevantes como a perda da capacidade produtiva dos pastos e seus impactos sobre o ambiente, fazendo com que o comprometimento da sustentabilidade da atividade seja facilmente percebido pelos baixos índices de desfrute do rebanho e pela degradação dos pastos (BARCELLOS et al., 2008).

Com a produção pecuária desenvolvida basicamente a pasto, a degradação dos pastos tem sido agravada na região do Cerrado, devido principalmente, a grande maioria dos solos serem de baixa fertilidade natural, ao manejo animal inadequado, a falta de reposição de nutrientes no solo, a lotação animal excessiva, e a ausência de adubação de manutenção (MACEDO, 2009; SILVA et al., 2013).

Na década de 1970, houve uma grande expansão da produção pecuária na região centro-oeste e norte, devido especialmente, ao baixo valor das terras, às ofertas de crédito e ao surgimento de espécies forrageiras com alta capacidade de adaptação ao clima e à baixa fertilidade dos solos (PERON e EVANGELISTA, 2004).

Destacam-se entre estas espécies o gênero *Uroclhoa*, que corresponde a mais de 80% dos pastos cultivados no centro oeste brasileiro, e os gêneros *Panicum* e *Andropogon* (VALLE et al., 2009), que contribuíram também para que a conversão da vegetação nativa em pastos cultivados aumentasse significativamente nas últimas décadas, possibilitando a recuperação de áreas degradadas de maneira mais eficiente, com aumento na produção.

Contudo o declínio dos pastos cultivados observado na década de 80 foi inevitável, devido principalmente à visão extrativista da atividade da pecuária

extensiva (BROSSARD e BARCELLOS, 2005), dando indicativos de que a intensificação no manejo das forrageiras, o lançamento de novas cultivares adaptadas as diferentes regiões, livres de pragas e doenças, se faz necessário.

Euclides et al. (2010) relatam que nos últimos anos o capim-tanzânia vem sendo atacado pelo fungo bipolares maydis, a morte do capim-marandú (*Brachiaria brizantha* cv. Marandú) por alagamento e podridão da raiz é cada vez mais frequente, enquanto o único capim adaptado as condições de alagamento no Cerrado é o capim-humidícola (*Brachiaria humidicola*).

Estes problemas identificados somados a ausência de lançamentos de novas cultivares de *Panicum* nos últimos anos (a última cultivar de *Panicum* lançada foi a cv. Massai em 2001), comprometem ainda mais a alimentação dos ruminantes que obtém cerca de 90% dos nutrientes necessários diretamente por meio do pastoreio (EUCLIDES et al., 2010).

Para Valle et al. (2009) as poucas cultivares lançadas nos últimos anos se justificam pela carência generalizada de equipes de melhoristas de forrageiras nos trópicos, e uma grande ausência do melhoramento de forrageiras nas grades de cursos das universidades brasileiras, o que resulta em lentos progressos no desenvolvimento de novos cultivares, além do mundo tropical depender ainda de seleção de cultivares de alguns poucos gêneros, a partir da variabilidade existente na natureza, pois as informações básicas e as coleções de germoplasmas não estão disponíveis para a maioria das espécies tropicais.

Jank et al. (1994) relatam que determinadas características apresentadas por algumas espécies forrageiras (*Panicum*), como elevada exigência em nutrientes, e a estacionalidade da produção, tem feito com que estas espécies sejam substituídas por outras (*Uroclhoa*) menos exigentes em fertilidade, e que estas práticas aliadas ao manejo inadequado tem resultado na degradação dos pastos.

O capim-massai mais tolerante a menores níveis de calagem e adubação (EMBRAPA, 2001) se apresenta como uma alternativa para contrapor esta realidade, colaborando para que a produção animal a pasto seja viável, produtiva e sustentável.

Diante deste quadro a intensificação dos sistemas de produção pastoris é apontada como uma das alternativas de exploração sustentável, minimizando a pressão sobre a abertura de novas áreas para produção agropecuária. Esse modelo, entretanto, deverá ser pautado pelo uso eficiente dos recursos físicos, incluindo a

recuperação de áreas antropizadas e degradadas, baseando-se no aporte de conhecimento (BARCELLOS et al., 2008).

O capim-massai

A alimentação de ruminantes no Brasil é realizada prioritariamente através dos pastos, nas quais predominam as gramíneas. Dentre as gramíneas empregadas na pecuária brasileira, a espécie *Panicum maximum* Jacq. (Capim-Massai) tem ocupado lugar de destaque, especialmente em áreas com solos de boa fertilidade natural (MANARIM e MONTEIRO, 2003).

A espécie é originária da África tropical até a África do Sul, abrangendo altitudes desde o nível do mar até 1.800 m. No ano de 1982, a Embrapa Gado de Corte recebeu do ORSTOM (hoje IRD) uma coleção de *P. maximum*, composta de 426 acessos (JANK, 1995).

Dos 156 acessos de *P. maximum* avaliados na primeira fase na Embrapa Gado de Corte (CNPGC), 40% produziram mais e apresentaram melhor estacionalidade de produção que o cultivar Colonião. Dos 426 acessos, os 25 melhores passaram a ser avaliados em uma Rede de Ensaio Regionais. Foram selecionados os sete melhores, que foram avaliados sob pastejo, em pequenas parcelas, das quais foram liberados dois cultivares, Tanzânia e Mombaça (JANK et al., 1994). O acesso BRA-007102 também se destacou, sendo lançado comercialmente como cv. Massai em 2001.

O capim-massai apresenta alto potencial produtivo e posiciona-se como importante opção para a diversificação de pastagens no Cerrado. Esse capim é um híbrido espontâneo de *P. maximum* x *P. infestum*, sendo este um fator que, provavelmente, o leva a apresentar características distintas dentre as cultivares de *P. maximum*, algumas muito importantes, tais como: maior tolerância às limitações de fertilidade do solo, resistência à cigarrinha das pastagens, maior resistência à seca, porém apresenta menor valor alimentício, o qual é mais próximo daqueles observados em *U. decumbens* e *U. brizantha* (EMBRAPA, 2001).

A partir de então as suas características morfofisiológicas e em especial o valor nutricional do capim-massai vem sendo objeto de estudos científicos (BRÂNCIO et al., 2002; EUCLIDES et al., 2008; LOPES et al., 2013).

Na busca de elevar a qualidade deste capim, estudos tem demonstrado que o nitrogênio é um dos nutrientes fundamentais, (SOUZA et al., 2006; VOLPE et al., 2008a), com efeito positivo sobre as características morfológicas e algumas nutritivas do capim-massai, contudo, estes trabalhos não indicam através de um estudo mais aprofundado e amplo que envolva as características morfofisiológicas, um manejo mais adequado que possa diminuir a restrição principalmente sob o aspecto nutricional e anatômico deste capim.

Valor nutritivo, anatomia, morfologia e degradabilidade *in situ*

Os pastos tropicais apresentam elevado potencial de acúmulo de massa seca de forragem, porém baixo valor nutritivo, ou seja, baixo teor de proteína, alto teor de fibra e baixa digestibilidade, o que dificulta obter altos índices de desempenho animal (REIS et al., 2012).

O termo “valor nutritivo” é definido por Gerdes et al. (2000) como o somatório entre a composição química da forragem e a sua digestibilidade; desta forma o valor nutritivo das plantas forrageiras tem sido avaliado por meio da composição química da forragem e de sua digestibilidade, pela determinação das porcentagens de PB, FDN, FDA, LIG e da digestibilidade *in vitro* da matéria seca - DIVMS (CANO et al., 2004).

O valor nutritivo das plantas forrageiras é influenciado por diversos fatores, tais como: idade, altura de corte ou pastejo, características morfológicas, anatômicas, fatores climáticos e pela adubação (REGO et al., 2003).

Dias et al. (2008) observaram que plantas jovens, imaturas, normalmente possuem alta digestibilidade dos componentes nutritivos e o consumo de forragem é alto, caso haja quantidade disponível para o animal selecionar, já à medida que a planta amadurece, o valor nutritivo decresce, devido à diluição dos nutrientes e aumento nos componentes fibrosos (VALENTE et al., 2010).

Plantas forrageiras com maior altura estão diretamente associadas a um maior período de crescimento, o que normalmente resultam em uma maior produção de massa seca com menor valor nutricional. Cano et al. (2004) verificaram que o aumento na altura (idade) do dossel promoveu redução nas concentrações de PB, cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg) e na DIVMS, com elevação nas

concentrações de FDN e FDA para as frações lâmina foliar e colmo + bainha em pasto de capim-tanzânia.

Ainda Rego et al. (2003) concluíram que o aumento na altura de manejo do capim-tanzânia provocou redução na qualidade do pasto, diminuindo os teores de PB e aumentando os teores de FDA e FDN, tanto nas lâminas, quanto nos colmos. A DIVMS, todavia, manteve-se semelhante.

O valor nutricional em espécies forrageiras tropicais apresenta valores nutricionais variados entre suas diferentes partes (folha, colmo) e mesmo dentro de uma mesma estrutura. Os colmos por constituírem-se de tecidos de sustentação apresentam maiores teores de lignina, o que lhes conferem maior rigidez e normalmente menores teores nutricionais. Lâminas foliares localizadas na parte superior da planta apresentam maiores teores de lignina que aquelas com mesma idade na parte inferior. As maiores concentrações de lignina nas lâminas foliares da parte superior se devem a maior necessidade de rigidez para a sustentação, logo estas lâminas foliares tenderão a ter uma menor digestibilidade e um menor valor nutricional (BRÂNCIO et al., 2002).

Assim, o potencial de digestibilidade de uma forrageira pode ser relacionado com os diferentes tecidos que as constituem. Desse modo, quanto maiores quantidades de tecidos vasculares lignificados e esclerenquimáticos, menores serão as taxas de digestibilidade, pois as proporções destes tecidos estão relacionados à altura de corte e a idade da planta forrageira (VALENTE et al., 2011).

Durante o período de estiagem o maior acúmulo material senescente interfere negativamente na qualidade da forragem em gramíneas tropicais. A baixa qualidade da forragem pode ocorrer mesmo em condições climáticas favoráveis, quando os pastos forem mal manejados e com elevado potencial de crescimento. Nesta situação pode ocorrer acúmulo de material senescente, e o aumento nos teores de FDA e FDN, reduzindo os teores de PB e a DIVMS (REGO et al., 2003).

Desta forma, o conhecimento dos teores dos componentes nutricionais como teores de proteínas e fibras em diferentes épocas do ano e seus períodos de crescimento/descanso, é de grande relevância. A importância do teor de PB decorre da sua essencialidade direta para o organismo animal, enquanto a quantificação do teor de fibras (FDN, FDA) é importante, pois possui relação inversa com a ingestão voluntária de forragem e com o conteúdo em energia líquida da matéria alimentar (CHAMBELA NETO et al., 2008).

Segundo Mott (1970) o valor nutritivo de uma determinada forrageira está relacionado com sua composição química, especialmente os teores de PB e FDA, responsáveis pela digestibilidade da biomassa.

O valor nutritivo e a digestibilidade das espécies forrageiras é também alterado pelas suas características anatômicas. Entre as características anatômicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas, e a sua digestibilidade, destacam-se a proporção de tecidos e a espessura da parede celular. Tais características apresentam altas correlações com os teores de fibra (FDN, FDA), de LIG, de PB e com os coeficientes de DIVMS. Os tecidos de baixa digestão correlacionam-se negativamente com a PB e a DIVMS, enquanto aqueles rapidamente digeridos mostram correlações positivas com a PB e com a DIVMS e negativas com os teores de fibra e lignina (PACIULLO et al., 2002).

Paciullo et al. (2001) encontraram correlações positivas entre FDN, FDA, LIG e a espessura da parede celular, que por sua vez se correlacionou de forma negativa com os teores de PB e a DIVMS das folhas, em estudo com capim-gordura (*Melinis minutiflora*), Tifton 85 (*Cynodon sp.*) e *U. decumbens*. Neste trabalho os autores verificaram, também, que a proporção de mesófilo das folhas se correlacionou de forma positiva com o teor de PB e negativa com FDN, e que a proporção de esclerênquima correlacionou-se de forma positiva com os teores de FDN.

Estudos avaliando a digestibilidade dos tecidos em *Panicum* (LEMPP et al., 2000; PACIULLO et al., 2002; LEMPP et al., 2004), têm mostrado que as células do esclerênquima e xilema normalmente não são digeridas, as células da epiderme adaxial e abaxial e da bainha parenquimática dos feixes são parcialmente digeridas, porém, células do mesófilo e do floema têm alta digestibilidade. Estas características morfológicas e anatômicas das gramíneas forrageiras tropicais C₄, favoráveis ou prejudiciais ao valor nutritivo, comprovadamente determinam sua alta capacidade de adaptação e acúmulo de biomassa no ambiente tropical.

Wilson (1993) relata que a estrutura *girder* presente nas lâminas foliares das gramíneas tropicais, corresponde a um arranjo anatômico em que as células da epiderme são ligadas ao tecido vascular, tanto diretamente por meio das células espessadas do esclerênquima, como indiretamente por células espessadas da bainha dos feixes vasculares, e podem limitar o valor nutricional das forrageiras.

Lempp et al. (2000) sugerem que o menor valor nutritivo da cv. Massai possa ocorrer pela maior frequência de estrutura *Girder I*. Neste estudo os autores observaram que após 72 horas de digestão das lâminas foliares da cv. Massai, uma alta frequência de bainhas do feixe vascular intactas e fragmentos laminares ainda estruturados, sugerindo que, nas lâminas foliares deste capim, existe alguma restrição à digestão, o que pode limitar o consumo pelos animais.

A digestibilidade das espécies forrageiras também pode estar associada a fatores morfológicos da lâmina foliar. Batistoti et al. (2012) relataram que as diferenças de digestibilidade relacionadas a anatomia e aos teores de parede celular, têm sido associados aos caracteres morfológicos da lâmina foliar: largura, comprimento, área foliar e área foliar específica, indicando correlações bastante significativas entre elas, com associação positiva em lâminas foliares de cultivares de *P. maximum*, para largura das lâminas foliares com a área de mesofilo, enquanto a bainha parenquimática dos feixes se correlacionou negativamente com a área foliar e área foliar específica, bem como com a digestibilidade.

Ainda há de se considerar que características anatômicas, morfológicas e nutricionais podem interferir na taxa de degradabilidade das forrageiras. Dentre os vários métodos para se estimar o aproveitamento do alimento pelo animal, a técnica da degradabilidade *in situ* vem sendo empregada pela utilização da metodologia de Nocek (1988). O método *in situ* oferece condições ótimas de temperatura, pH, tamponamento, substratos, enzimas para uma melhor degradação dos alimentos e conseqüentemente maior confiabilidade nos parâmetros obtidos (ASSIS et al., 1999).

Barbero et al. (2009) relatam que dentre os vários métodos para estimar o aproveitamento do alimento pelo animal, a técnica da degradabilidade *in situ* é importante, principalmente, pelo fato de fornecer informações que permitem prever a quantidade e a relação de nutrientes disponíveis tanto para a população microbiana como para o animal. Além disso, existe a hipótese de uma estreita relação entre características da degradação do volumoso e respostas, tais como consumo, digestibilidade e ganho de peso dos animais que o consomem. O nitrogênio além de interferir na composição química e na digestibilidade do capim, também pode influenciar na degradabilidade.

A primeira limitação da degradabilidade *in situ* é a quantidade de nitrogênio disponível no rúmen, sendo a concentração ótima aquela que proporciona máxima produção de proteína microbiana por unidade de substrato fermentado ou

máxima taxa de fermentação. As concentrações de N-NH_3 devem ser superiores a 10 mg dl^{-1} para que haja aumento da digestão ruminal da matéria seca e superiores a 20 mg dl^{-1} para que ocorra aumento da ingestão de matéria seca (LENG, 1990). Mehrez et al. (1977) relatam que a concentração ótima de amônia líquida no rúmen pode ser definida como aquela que resulta na taxa máxima de fermentação no rúmen ou aquela que permita a máxima produção de proteína microbiana por unidade de substrato fermentado. Estes autores conduziram um estudo com ovelhas para avaliar a concentração de nitrogênio no rúmen e observaram que o mínimo de concentração de N-NH_3 necessários para o máximo desaparecimento do alimento situou-se no intervalo de $200 - 270 \text{ mg l}^{-1}$ de fluido no rúmen, sendo as melhores respostas estimadas em 235 mg l^{-1} .

Wilson (1997) relatou que os arranjos anatômicos presentes nos tecidos foliares das gramíneas tropicais podem afetar a degradação, interferindo no processo de consumo e digestão dos ruminantes. De acordo com Akin e Amos (1975) a associação física entre células vegetais e bacterianas do rúmen durante a degradação, aparentemente varia com os tipos de tecido de cada espécie.

Rodrigues et al. (2004) relatam em seu estudo que a susceptibilidade à degradação ruminal da porção fibrosa varia entre espécies e com a idade ou nível de maturação da forrageira. Segundo os autores à medida que se avança no desenvolvimento vegetal rumo ao estágio de maturação, ocorre drástica diminuição do teor proteico e aumento do teor de fibra, associado ao aumento no teor de lignina. A lignina forma uma barreira que impede a aderência microbiana e a hidrólise enzimática da celulose e hemicelulose, indisponibilizando os carboidratos estruturais potencialmente degradáveis, diminuindo a digestibilidade da fibra a qualidade e o aproveitamento da forragem.

As condições climáticas, principalmente a temperatura e umidade, apresentam grande influência sobre a degradabilidade dos componentes da matéria seca das plantas forrageiras. Os pastos tropicais mesmo bem manejados e em sistemas rotativo-irrigados, de um modo geral, apresentam variação ao longo do ano em sua produção e qualidade decorrente principalmente do período de estiagem e de baixas temperaturas, já que as mesmas são representadas pela combinação de características químicas bromatológicas, que afetam sua digestibilidade e a degradabilidade (CHAMBELA NETO et al., 2008).

Dentre as forrageiras, as gramíneas do gênero *Panicum* apresentam crescimento tipicamente estacional, concentrando sua produção no período da primavera até o início do outono (BARBERO et al., 2009). Em condições de pastejo, com forrageiras de baixa qualidade (acentuado pelo período de estiagem), verifica-se menor taxa de passagem de partículas do rúmen, o que acarreta na redução do consumo de matéria seca (VAN SOEST, 1994).

Mesmo sob condições ambientais favoráveis, variações no intervalo entre cortes interferem na degradabilidade das forrageiras tropicais. Com o crescimento das plantas forrageiras ocorre naturalmente à maturação, a concentração dos componentes potencialmente digestíveis, como os carboidratos solúveis, as proteínas e minerais, em geral, sofrem substancial redução e, paralelamente, ocorre aumento significativo dos constituintes fibrosos, o que resulta em declínio na degradabilidade, digestibilidade e no consumo do pasto (VALENTE et al., 2010).

A calagem por proporcionar condições favoráveis para a absorção dos nutrientes pela elevação do pH, da saturação por bases, disponibilizar cálcio e magnésio, reduzir o alumínio, e, a adubação podem favorecer a degradação da massa seca verde de gramíneas forrageiras. Aguiar et al. (1999) observaram que a adubação em capim-furachão (*Panicum repens*, L.) influenciou a degradação da massa seca verde. As taxas de degradação da massa seca decresceram, de 0,0402 para 0,0327 h⁻¹, respectivamente para o capim adubado e não adubado. Os autores sugerem que a adubação e menores períodos de crescimento, elevam a relação folha/haste, a composição dos componentes da parede celular, tornando os tecidos menos fibrosos, favorecendo as condições ao ataque microbiano e, conseqüentemente, aumentando a degradabilidade potencial.

Calagem

A acidez dos solos é um dos fatores que mais limitam a produtividade das espécies forrageiras (PRADO e BARION, 2009).

Quando há o equilíbrio entre a calagem e adubação no solo, a disponibilidade de nutrientes é maximizada, o que confere à planta forrageira condições de resistir às intempéries e ao pastejo, incrementando a produção e melhorando o valor nutritivo da massa seca (HERLING et al., 2001).

Pesquisas indicam que o nível de adubação a ser utilizado e a disponibilidade de nutrientes no solo devem ser considerados quando se avalia a viabilidade da calagem em pastos, pois o nível de fertilidade aliado à calagem pode ser determinante no potencial de resposta da forrageira. Assim, haveria mais probabilidade de resposta à calagem quando se adotam níveis de fertilidade do solo mais elevados, principalmente com adubação nitrogenada.

Costa et al. (2008) trabalhando com capim-marandu durante três anos, em Latossolo Vermelho Distrófico, com aplicações contínuas de N (0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹), parceladas em três épocas durante cada ano, na forma de uréia e sulfato de amônia, concluíram que houve decréscimos lineares no pH, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm do solo, a medida que as doses de N foram aumentadas, indiferente do produto utilizado, aumentando com isso a demanda por calagem.

Embora a calagem seja uma prática agrônômica recomendada e a primeira ação a ser implementada na implantação e produção de espécies forrageiras, divergência entre trabalhos e recomendações, sugerem a necessidade de estudos mais pormenorizados (OLIVEIRA et al., 2003).

Luz et al. (2002) trabalharam com calcários calcinado e dolomítico (testemunha, V40% e 60%) aplicados ao solo, não observaram acréscimos no acúmulo de massa seca do capim-tobiatã (*Panicum maximum* cv. Tobiatã), mesmo com V% inicial de 15% que pode ser considerado baixo.

Nascimento et al. (2002) estudando três doses de calcário (sem correção, 30% e 60% da saturação por bases) em capim-tanzânia, não verificaram efeito da calagem sobre o acúmulo de massa seca para o período avaliado em Latossolo Vermelho-Amarelo.

Cruz et al. (1994) trabalharam com diferentes espécies forrageiras (capim-aruaana, capim-marandu e andropogon), em Latossolo Vermelho-Escuro, sugerem elevar a saturação por bases do solo a 70% toda vez que atingir níveis de 50%.

Volpe et al. (2008b) verificaram produções médias de massa seca no capim-braquiária superiores a testemunha quando aplicados 1,5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico em Latossolo Vermelho-Distrófico.

Para o capim-massai é recomendado corrigir a acidez do solo para níveis de saturação por bases entre 40-45% (EMBRAPA, 2001). Em trabalho de campo sob regime de cortes, em Latossolo Vermelho-Distrófico típico de Cerrado, testando

quatro níveis de saturação por bases, quatro doses de fósforo e de N em capim-massai, foi verificado que a recomendação citada é apropriada para o acúmulo de massa seca na fase de estabelecimento desta gramínea (VOLPE et al., 2008a).

No entanto esta recomendação pode não ser adequada na fase de condução do capim-massai, principalmente em sistemas intensivos com elevadas doses de N. Neste caso possivelmente as necessidades por maiores doses de calcário que elevem a V acima de 45% se façam necessário.

É pouco comum encontrarmos na literatura trabalhos que relatem a elevação no valor nutricional de espécies forrageiras pelo emprego da calagem, no entanto, Herling et al. (2001) observaram que a DIVMS do capim-tobiatã foi elevado de 50,69% (testemunha) para 56,99% com a elevação da saturação por bases (V%) inicial do solo de 0 – 20 cm de 9% para 60%, pela aplicação de calcário dolomítico.

Oliveira et al. (2000) trabalhando com o capim-tanzânia em doses de 3 e 6 t ha⁻¹ de calcário dolomítico verificaram sob o aspecto bromatológico, que o valor nutricional da forragem foi elevada com a correção do solo; os maiores teores de proteína bruta foram observados nas plantas desenvolvidas nas áreas onde foram aplicadas 3 t ha⁻¹, elevando o teor de PB de 15,1% para 16,4% com 0 e 3 t ha⁻¹ de calcário respectivamente, e reduzindo FDN de 65,7 para 62,4% nas doses de 0 e 6 t ha⁻¹ de calcário, respectivamente.

Apesar da sua importância, estudos relacionando a calagem associada ou não a outros elementos como a fatores anatômicos, nutritivos e de degradabilidade principalmente em *Panicum*, são encontrados com pouca frequência na literatura.

Nesse sentido, as diferentes doses de calcário a serem aplicadas ao solo e seus efeitos no acúmulo de forragem, características morfofisiológicas, anatômicas, digestibilidade e de degradabilidade é um assunto ainda bastante controverso em pastos tropicais, necessitando de maiores investigações principalmente na fase de condução do capim-massai e quando a calagem for associada a elevadas doses de nitrogênio.

Nitrogênio

O uso de pastos como principal fonte de alimento para produção de ruminantes é altamente recomendável (BRÂNCIO et al., 2003), no entanto, o sucesso da atividade pecuária a pasto depende de um manejo adequado das espécies

fORAGEIRAS (SOUZA et al., 2010), onde destaca-se a necessidade de adubação, em especial a nitrogenada, a qual às gramíneas forrageiras respondem de forma intensa a elevadas doses de N (ALVIM et al., 1998).

O nitrogênio é componente essencial de aminoácidos, proteínas, ácidos nucléicos, hormônios e clorofila, dentre os compostos orgânicos essenciais à vida das plantas (JUNIOR e MONTEIRO, 2003), atuando também como principal responsável pelo aumento no acúmulo de forragem e na lotação dos pastos, principalmente em espécies com elevado potencial produtivo (SARMENTO et al., 2008).

Nos tecidos vegetais o N favorece o enriquecimento em compostos nitrogenados ricos em carbono que participam na síntese de novos compostos (TAIZ e ZEIGER, 2004), evitando que os carboidratos excedentes sejam estocados ou utilizados para outras atividades como, por exemplo, síntese de lignina (SANTOS, 2004).

Do ponto de vista anatômico, é bastante provável que o nitrogênio interfira no arranjo dos tecidos de lâminas foliares, tornando-os mais digestíveis (LEMPP et al., 2004).

Assim, o N é o principal constituinte das proteínas, participando na formação de compostos orgânicos, além de possuir participação ativa na estrutura vegetal. Portanto se não houver N suficiente no solo para atender a demanda da planta, seu crescimento será lento, com poucos perfilhos, e o teor de proteína e o acúmulo de forragem produzida pelas plantas tornam-se insuficientes para atender as exigências dos animais.

Cabe ressaltar que os resultados do nitrogênio em gramíneas forrageiras normalmente tem seu efeito reduzido na fase de estabelecimento do pasto (SARAIVA e CARVALHO, 1991; VOLPE et al., 2008a). Uma das razões para o menor efeito do nitrogênio na fase de estabelecimento possivelmente esteja no preparo do solo, que, pelo revolvimento e aeração, aumentam a disponibilidade deste elemento por meio de maior mineralização da matéria orgânica (FISHER et al., 1996).

Estes efeitos são menos sentidos na fase de manutenção dos pastos, e assim, os resultados a aplicação de N são mais ressaltados nas forrageiras, onde o suprimento de nutrientes em especial do N após o corte ou pastejo assume relevante

papel para a rápida recuperação das plantas sob desfolhações frequentes (LOPES et al., 2011).

O capim-massai, dentre os *Panicum* mais cultivados, é o que apresenta características de maior tolerância a níveis mais baixos de adubação e calagem, no entanto, trabalhos de campo demonstram que quando são realizadas adubações em níveis mais elevados principalmente com N, este capim responde positivamente, elevando o acúmulo de massa seca e o valor nutricional, possivelmente devido aos impactos positivos deste elemento nas características morfogênicas destas espécies (MARTUSCELLO et al., 2006).

Neste sentido, Lopes et al. (2011) avaliando componentes da biomassa do capim-massai submetido a cinco doses de nitrogênio (0; 150; 300; 450 e 600 mg N dm⁻³ de solo) obtiveram incrementos significativos (P<0,05) para as seguintes variáveis: altura do resíduo pós-corte, massa seca de forragem total residual, de forragem verde residual, de forragem morta residual, de colmo verde residual, relação lâmina foliar/colmo, densidade populacional de perfilhos, razão parte aérea/raiz e massa seca radicular em função das doses de adubo nitrogenado. As características avaliadas responderam até a dose de 600 mg de N dm⁻³ de solo.

Martuscello et al. (2006) avaliando as características morfogênicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada (0, 40, 80 e 120 mg dm³) constataram que o acúmulo de massa seca da parte aérea do capim-massai e a relação lâmina/colmo se elevaram linearmente com as doses de nitrogênio.

Lopes et al. (2013) estudando o fluxo de biomassa em capim-massai durante o estabelecimento e rebrotação com cinco doses de nitrogênio (0; 150; 300; 450 e 600 mg de N dm⁻³ de solo), constataram que a dose aplicada de 600 mg dm⁻³ de N proporcionou um incremento de 455% na taxa de acúmulo de forragem, em relação ao tratamento sem N.

Souza et al. (2006) avaliaram o desempenho produtivo de diferentes cultivares de *Panicum maximum* Jacq. (cvs. Massai, Atlas e Tobiata) submetidos a diferentes doses de nitrogênio (0, 80, 160 e 320 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹) verificaram que a adubação nitrogenada na cv Massai apresentou efeito quadrático positivo para produção de folhas. Neste estudo a cv Massai apresentou maior (P<0,05) perfilhamento (65,5 perfilhos pote⁻¹) na dose de 80 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ e maior produção de folhas (21,7 g pote⁻¹) na dose estimada de 192 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹.

Além dos fatores morfológicos, na literatura são encontrados trabalhos que relatam os efeitos positivos da adubação nitrogenada na composição química de *Panicum*, elevando o valor nutricional (PATÊS et al., 2008; SOUZA et al., 2010) e a digestibilidade (VOLPE et al., 2008a).

Esta elevação nos teores de PB e na digestibilidade segundo Brâncio et al. (2002) acontece em decorrência dos açúcares serem utilizados na síntese de aminoácidos e proteínas, com o aumento no suprimento de nitrogênio para as plantas, a concentração de açúcares é reduzida, com isso as proteínas são acumuladas no conteúdo celular e têm o efeito de diluição dos componentes da parede celular, aumentando a digestibilidade.

Devemos considerar que pastos com teores de PB inferiores a 7% são limitantes aos animais por atingirem o nível crítico para o atendimento das necessidades nutricionais dos ruminantes (MINSON e WILSON, 1994). Nestes casos, a ingestão de alimento passa a ser regulada pela capacidade ruminal do animal e não pelo valor nutritivo do pasto.

Assim os aumentos verificados em acúmulos de massa seca e no valor nutritivo das gramíneas decorrentes da adubação nitrogenada adequada, refletem em uma maior lotação (EUCLIDES et al., 2008) e maior ganho de peso por animal (CANTO et al., 2009), muito embora a dose a ser utilizada ainda seja passível de discussão.

Para Vilela et al. (2002) as doses recomendadas de nitrogênio para adubação de manutenção dos pastos variam de 40 a 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹, muito próximas ao recomendado por Eichler et al. (2008) que sugerem em seu estudo a utilização de doses de nitrogênio para pastos de *Panicum maximum* Jacq. de 50 a 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N.

Myers e Robbins (1991) estimaram o déficit anual de nitrogênio em pastos de *P. maximum* como de 100 kg ha⁻¹ ano⁻¹; contudo, dose de 50 kg ha⁻¹ foi praticada com resultados satisfatórios em pastos de dois cultivares de *Panicum* (Mombaça e Massai), em Latossolo de Cerrado, exploradas por vários anos (EUCLIDES et al., 2008).

Alvim et al. (1998) ao avaliarem os efeitos de quatro doses de nitrogênio (0, 250, 500 e 750 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e seis intervalos de cortes do capim *coast-cross* (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), constaram que o acúmulo de massa seca aumentou

com os intervalos de cortes e com as doses de nitrogênio até a dose estimada de 500 kg ha⁻¹ ano⁻¹, onde atingiu a produção de 30,8 t ha⁻¹ ano⁻¹.

Diante das variações nas doses de N em gramíneas forrageiras, Abreu e Monteiro (1999) relatam que o estudo da compreensão da ação do nitrogênio no solo e nas plantas pode auxiliar no manejo dos pastos, aumentando a eficiência desse insumo e a melhor recomendação para a adubação nitrogenada. Segundo estes autores, o comportamento do nitrogênio no solo é muito dinâmico devido aos processos de oxidação-redução, que modificam a forma predominante do nitrogênio, bem como as perdas e interações microbiológicas desse nutriente, fazendo com que a concentração de nitrogênio no solo não seja adequada para fins de predição da disponibilidade do mesmo para as forrageiras.

Nesse aspecto o estudo anatômico, morfológico e a diagnose foliar são ferramentas auxiliares para a determinação do crescimento e do estado nutricional das plantas como o nível crítico interno de N, tamanho da folha e da proporção dos seus tecidos, tornando possível relacionar uma concentração adequada para o máximo desempenho da planta.

Basso et al. (2009) em estudo com capim-milênio (*Panicum maximum* cv. IPR-86 Milênio) verificaram que o comprimento e a área foliar se elevaram linearmente em função das doses de N, enquanto a EPIada foi reduzida em 2,24% com a elevação da dose de N para 450 kg ha⁻¹ em relação a testemunha. Normalmente maiores áreas foliares e menores EPIada tem sido relacionados a maiores digestibilidades em espécies forrageiras.

Estudos indicam que a elevada proporção de fibras nos tecidos de espécies forrageiras normalmente apresentam resultados negativos quanto à digestibilidade e ao valor nutritivo. Este fato foi verificado por Buxton e Redfearn (1997) ao observarem que a disponibilidade de energia a partir de forragem é limitada pela concentração de fibra, por ser digerida de forma lenta e incompleta, enquanto que as células solúveis são quase completamente digeridas.

Lempp et al. (2000) observaram que barreiras físicas e estruturais podem limitar a digestibilidade da fibra em espécies forrageiras.

Para Paciullo et al. (2002) a baixa digestão de alguns tecidos advém, principalmente, do arranjo adensado de suas células e da elevada espessura das paredes celulares que, geralmente, apresentam-se lignificadas. No entanto a digestibilidade da forragem pode ser melhorada reduzindo a proporção de células

lignificadas pelo desenvolvimento de novas cultivares ou pelo manejo adotado, com destaque para aplicação de nitrogênio.

Sobral et al. (2011) relatam que apesar do nitrogênio apresentar-se eficiente para o crescimento das espécies forrageiras, não se conhece sua participação nas características anatômicas, no entanto, em outro estudo, Lempp et al. (2004) consideraram que a adubação com nitrogênio pode elevar o valor nutricional do capim-massai, desde que não ocorra espessamento expressivo da parede celular da bainha parenquimática.

Apesar da importância da anatomia sobre a qualidade das forrageiras, estudos avaliando a influência da estrutura anatômica sobre a qualidade de gramíneas forrageiras ainda são escassos, tendo em vista o potencial de desenvolvimento desta área. A necessidade de se estabelecer um banco de informações a respeito da anatomia das diferentes gramíneas forrageiras torna-se evidente para permitir avanços no conhecimento das relações entre os fatores anatômicos e a qualidade das gramíneas forrageiras (PACIULLO et al., 2002).

Assim tornam-se necessários trabalhos que permitam conhecer as características anatômicas, morfológicas e o valor nutricional das espécies forrageiras tropicais, para se obter o melhor desempenho animal pela elevação do valor nutricional.

O nitrogênio além de ser fundamental para a elevação das características morfofisiológicas das gramíneas forrageiras é igualmente importante na degradação ruminal.

O conhecimento da degradação ruminal da proteína desempenha papel fundamental nesse contexto, já que determina não apenas sua contribuição para atender às necessidades dos microrganismos como também à quantidade potencial de proteína que escapa da fermentação ruminal e, conseqüentemente, capaz de fornecer aminoácidos disponíveis para digestão a partir do abomaso. O metabolismo da proteína no rúmen é particularmente interessante em virtude de resultar de dois processos interativos: da degradação da proteína da dieta e da síntese de proteína microbiana, esta última realizada tanto à custa da proteína degradada como de fontes de nitrogênio não proteico (MOREIRA et al., 2003).

Desta forma, baixas concentrações de nitrogênio interferem negativamente na degradabilidade *in situ*. A limitação se dá pela quantidade de nitrogênio disponível no rúmen, sendo a concentração ótima aquela que proporciona máxima

produção de proteína microbiana por unidade de substrato fermentado ou máxima taxa de fermentação (MEHREZ et al., 1977; LENG, 1990).

Allison (1985) descreve os fatores que afetam o consumo pelos ruminantes como sendo a constituição da forragem (proteínas e constituintes, água, carboidratos), a proporção de folhas/hastes e por fim o volume disponível desta forragem.

Apesar das respostas positivas do N, devemos considerar que adubações inadequadas ou ausentes podem ocasionar desbalanços nutricionais. Para Souza et al. (2010) a maioria das forrageiras apresentam desbalanço nutricional, fator que limita o desempenho animal pelo baixo valor nutricional dos pastos.

Assim em áreas de Cerrado onde a fertilidade natural do solo é baixa, e a ausência de adubação é frequente, a produção e a qualidade dos pastos passam a ser limitada (VOLPE et al., 2008a; SOUZA et al., 2010).

Cabe ressaltar que em sistemas intensivos com elevadas doses de N, este elemento pode provocar a acidificação do solo pela redução do pH, diminuição da saturação por bases, inibindo o crescimento das espécies forrageiras pela presença de Al^{+3} e pela indisponibilidade da maioria dos nutrientes as plantas (FERREIRA e MACEDO, 2006). Nestes casos a combinação de calagem juntamente com a adubação nitrogenada se fazem ainda mais necessárias para neutralizar estes efeitos, e elevar a disponibilidade de Ca e Mg.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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**, Nova Odessa, v. 56, n. 2, p.137-146, 1999.

AGUIAR, R.S.; VÁSQUEZ, H.M.; SILVA, J.F.C. Degradabilidade *in situ* da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro do capim-furachão (*Panicum repens*, L.) submetido à adubação e em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 799-807, 1999.

AKIN, D.E.; AMOS, H.E. Rumen bacterial degradation of forage cell walls investigated by electron microscopy. **Applied Microbiology**, Washington, v. 29, n. 5, p. 692-701, 1975.

ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, J. A.; GOMIDE, C. A. M. Crescimento e desenvolvimento do dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 2164-2173, 2005.

ALLISON, C.D. Factors Affecting Forage Intake by Range Ruminants: A Review. **Journal of Range Management**, Tucson, v. 38, n. 4, p. 305-311, 1985.

ALMEIDA, R.G.; JUNIOR, D.N.; EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; REGAZZI, A.J.; BRÂNCIO, P.M.; FONSECA, D.M.; OLIVEIRA, M.P. Produção animal em pastos consorciados sob três taxas de lotação no Cerrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 852-857, 2002.

ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F.; BOTREL, M. A.; MARTINS, C.E. Resposta do coast-cross (*Cynodon dactylon* (L.) pers.) a diferentes doses de nitrogênio e intervalos de cortes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 833-840, 1998.

ASSIS, M.A.; SANTOS, G.T.; CECATO, U.; DAMASCENO, J.C.; PETTIT, H.V.; BETT, V.; GOMES, L.H.; DANIEL, M. Degradabilidade *in situ* de gramíneas do gênero *Cynodon* submetidas ou não a adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Animal Science**. Maringá, v. 21, n. 3, p. 657-663, 1999.

BARBERO, L.M.; CECATO, U.; ZEOULA, L.M.; DAMASCENO, J.C.; RODRIGUES, A.M.; GOMES, J.A.N. Degradabilidade *in situ* de estratos de capim-Mombaça adubado com diferentes fontes de fósforo, em pastejo. **Acta Scientiarum. Animal Science**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 1-6, 2009.

BARCELLOS, A. O.; RAMOS, A.K.B.; VILELA, L.; JUNIOR, G.B.M. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, suplemento, p. 51.67, 2008.

BASSO, K.C. Morfogênese e anatomia foliar de *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio submetido a doses crescentes de nitrogênio. **Tese apresentada a Universidade Estadual de Maringá-PR**, agosto de 2009.

BATISTOTI, C.; LEMPP, B.; JANK, L.; MORAIS, M.G.; CUBAS, A.C.; GOMES, R.A.; FERREIRA, M.V.B. Correlations among anatomical, morphological, chemical and agronomic characteristics of leaf blades in *Panicum maximum* genotypes. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 171, n. 2-4, p. 173– 180, 2012.

BRÂNCIO, P.A.; JUNIOR, D.N.; EUCLIDES, V.P.B.; REGAZZI, A.J.; ALMEIDA, R.G.; FONSECA, D.M.; BARBOSA, R.A. Avaliação de Três Cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob Pastejo: Composição química e digestibilidade da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1605-1613, 2002.

BRÂNCIO, P.A.; EUCLIDES, V.P.B.; JÚNIOR, D.N.; ALMEIDA, R.G.; MACEDO, M.C.M.; BARBOSA, R.A. 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**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 55-63, 2003.

BROSSARD, M.; BARCELLOS, A.O. CONVERSÃO DO CERRADO EM PASTAGENS CULTIVADAS E FUNCIONAMENTO DE LATOSSOLOS. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 153-168, 2005.

BUXTON, D.R.; REDFEARN, D.D. "Plant limitations to fiber digestion and utilization". **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 127, n. 5, p. 814S-818S, 1997.

CANO, C.C.P.; CECATO, U.; CANO, M.W.; SANTOS, G.T.; GALBEIRO, S.; MARTINS, E.N.; MIRA, R.T.; Valor nutritivo do napim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) pastejado em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1959-1968, 2004.

CANTO, M.W.; FILHO, A.B.; MORAES, A.; HOESCHL, A.R.; GASPARINO, E. Animal production in Tanzania grass swards fertilized with nitrogen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 7, p. 1176-1182, 2009.

CHAMBELA NETO, A.; FERNANDES, A.M.; DERESZ, F.; VIEIRA, R.A.M.; FONTES, C.A.A.; DEMINICIS, B.B.; BONAPARTE, T.P. Composição químico-bromatológica e digestibilidade de três gramíneas tropicais em Minas Gerais. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 57, n. 219, p. 358-360, 2008.

CORRÊA, L.A. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em latossolo vermelho amarelo álico. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 50, n. 1, p. 109-116, 1993.

COSTA, C.; MEIRELLES, R.L.P.; SILVA, J.J.; FACTORI, A.M. Evolução das pastagens cultivadas e do efetivo bovino no Brasil. **Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 15, n. 1, p. 8-17, 2008.

CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; LUCHETA, S. Efeito da calagem sobre a produção de matéria seca de três gramíneas forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8, p. 303-312, 1994.

CUNHA, O.F.R.; SANTOS, A.C.; ARAÚJO, L.C.; FERREIRA, E.M. Produtividade do *Panicum maximum* cv. Mombaça em função de diferentes níveis de nitrogênio. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia FZVA**, Uruguaiana, v.17, n.1, p. 136-145. 2010.

DIAS, F.J.; JOBIM, C.C.; BRANCO, A.F.; OLIVEIRA, C.A.L. Efeito de fontes de fósforo sobre a digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca, da matéria orgânica e nutrientes digestíveis totais do capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça). **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 211-220, 2008.

DIAS-FILHO, M.B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola Brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, suplemento, p. 243-252, 2011.

EICHLER, V.; SERAPHIN, S.E.; PORTES, T.A.; ROSA, B.; ARAÚJO, L.A.; SANTOS, G. Produção de massa seca, número de perfilhos e área foliar do capim-mombaça cultivado em diferentes níveis de nitrogênio e fósforo. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 9, n. 3, p. 617-626, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Capim-massai (*Panicum maximum* cv Massai): alternativa para diversificação de pastagens. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. 8p. (**Comunicado Técnico, 69**).

EUCLIDES, V.B.P.; MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.G.; JANK, L.; OLIVEIRA, M.P.. Avaliação dos capins mombaça e massai sob pastejo. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 18-26, 2008.

EUCLIDES, V.B.P.; VALLE, C.B.; MACEDO, M.C.M.; ALMEIDA, R.G.; MONTAGNER, D.B.; BARBOSA, R.A. Brazilian scientific progress in pasture research during the first decade of XXI century. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v. 39, suplemento, p. 151-168, 2010.

FERREIRA, B.; MACEDO, M.C.M. Avaliação da produção do capim-massai sob doses crescentes de calcário em solo arenoso. **Ensaio e Ciência**, v. 10, n. 1, p. 21-32, 2006.

FISHER, M. J.; RAO, I. M.; LASCANO, C. E. ; Grasslands in the well-watered tropical lowlands. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. (Ed.). The ecology and management of grazing systems. **Wallingford: CAB Internacional**, p. 393-425, 1996.

GERDES, L.; WERNER, J.C.; COLOZZA, M.T.; POSSENTI, R.A.; SCHAMMASS, E.A. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia nas estações do ano. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 955-963, 2000.

HERLING, V.R.; SOBRINHO, E.O.M.; LUZ, P.H.C.; SUDA, C.H.; BRAGA, G.J.;

LIMA, C.G. Efeitos de tipos e doses de calcário na produção e valor nutritivo da matéria seca do capim-Tobiatã (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tobiatã). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1243-1248, 2001.

JANK, L.; SAVIDAN, Y.H.; SOUZA, M.T.; COSTA, J.C.G. Avaliação do germoplasma de *Panicum maximum* introduzido na África. 1. Produção forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 433-440, 1994.

JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1995. p. 21-58.

JUNIOR, J.L.; MONTEIRO, F.A. Perfilhamento, Área Foliar e Sistema Radicular do Capim-Mombaça Submetido a Combinações de Doses de Nitrogênio e Potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1068-1075, 2003.

LEMPP, B.; EUCLIDES, V.P.B.; MORAIS, M.G.; VICTOR, D.M. Avaliação do resíduo da digestão de três cultivares de *Panicum maximum*. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000.

LEMPP, B.; KICHEL, A. G.; MIRANDA, C.H.B.; GOMES, R.; SILVA, E.B.A. Proporção e arranjo de tecidos em lâminas foliares de *Panicum maximum* cv Massai. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. **Anais...**, Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia/Embrapa Gado de Corte, [2004]. CD-ROM. FORR 072.

LENG, R.A. Factors affecting the utilization of "poor quality" forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 3, n. 1, p. 277-303, 1990.

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

LOPES, N.M.; CÂNDIDO, M.J.D.; POMPEU, R.C.F.F.; SILVA, R.G.; LOPES, J.W.B.; FERNANDES, F.R.B.; LACERDA, C.F.; BEZERRA, F.M.L. Fluxo de biomassa em capim-massai durante o estabelecimento e rebrotação com e sem adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 3, p. 363-371, 2013.

LUZ, P.H.C.; HERLING, V.R.; BRAGA, G.J.; VITTI, G.C.; LIMA, C.G. Efeitos de tipos, doses e incorporação de calcário sobre características agronômicas e fisiologias do capim-tobiatã (*Panicum maximum* Jacq.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 964-970, 2000.

LUZ, P.H.C.; HERLING, V.R.; BRAGA, G.J.; VITTI, G.C.; LIMA, C.G. Tipos e doses de calcário nas características agronômicas de *panicum maximum* jacq. Cv. Tobiatã em Função dos métodos de aplicação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 155-159, 2002.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 133-146, 2009.

MANARIM, C.A.; MONTEIRO, F.A. Nitrogênio na produção e diagnose foliar do capim-Mombaça. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 59, p. 115-123, 2003.

MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P.M.; CUNHA, D.N.F.V.; MOREIRA, L.M. Características morfogênicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 665-671, 2006.

MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. Rate of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **The British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 38, n. 3, p. 437- 443, 1977.

MINSON, D.J.; WILSON, J.R. Prediction of intake as an element of forage quality. *Forage Quality, Evaluation, and Utilization forage quality* (1994): 533-563.

MOREIRA, J.F.C.; RODRIGUEZ, N.M.; FERNANDES, P.C.C.; VELOSO, C.M.; SALIBA, E.O.S.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; BORGES, A.L.C.C. Concentrados proteicos para bovinos. Digestibilidade *in situ* da matéria seca e da proteína bruta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 55, n. 3, 2003.

MOTT, G. O. Evaluacion de la produccion de forajes. In: HUGHES, H. D.; HEATH, M. E.; METCALFE, D. S. (Eds.). **Forrajes: la ciencia de la agricultura basada em la producción de pastos**. México: CECSA, 1970. p. 131-41.

MYERS, R. J. K.; ROBBINS, G. B. Sustaining productive pastures in the tropics 5. Maintaining productive sown grass pastures. **Tropical Grasslands**, Cali, v. 25, p. 104-110, 1991.

NASCIMENTO, J. L.; ALMEIDA, R. A.; SILVA, R. S. M.; MAGUALHAES, L. A. F.; Níveis de calagem e fontes de fósforo na produção do capim tanzânia (*Panicum maximum Jacq. cv. Tanzânia*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 32, n. 1, p. 7-11, 2002.

NOCEK, J.E. *In situ* and others methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: A review. **Journal of Dairy Science**, Champaing, v. 71, n. 8, p. 2051-2059, 1988.

OLIVEIRA, I.P.; CASTRO, F.G.F.; CUSTÓDIO, D.P.; MOREIRA, F.P.; PAIXÃO, V.V.; SANTOS, R.S.M.; FARIA, C.D. Avaliação da calagem sobre os parâmetros quantitativos, qualitativos e nutricionais da forrageira tanzânia-11. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 30, n. 1, p. 71-75, 2000.

OLIVEIRA, P.P.A.; BOARETTO, A.E.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, W.S.; CORSI, M. Liming and fertilization to restore degraded *Brachiaria decumbens* pastures grown on an entisol. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 1, p. 125-131, 2003.

OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S.; CORSI, M. Fertilização com N e S na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em neossolo quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1121-29, 2005.

OLIVEIRA, P.P.A; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, W.S. Balanço do nitrogênio (¹⁵N) da uréia nos componentes de uma pastagem de capim-marandu sob recuperação em diferentes épocas de calagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1982-1989, 2007.

PACIULLO, D. S.C; GOMIDE, J. A.; QUEIRÓZ, D. S.; SILVA, E.A.M. Componentes anatômicos, composição química, e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de gramíneas forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 955-963, 2001.

PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, J.A.; SILVA, E.A.M. da; QUEIROZ, D.S.; GOMIDE, C.A.M. Degradação *in vitro* de tecidos da lâmina foliar e do colmo de gramíneas forrageiras tropicais, em função do estágio de desenvolvimento. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 900-907, 2002.

PATÊS, N.M.S.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; OLIVEIRA, A.C.; FONCÊCA, M.P.; VELOSO, C.M. Produção e valor nutritivo do capim-tanzânia fertilizado com nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 11, p. 1934-1939, 2008.

PERON, A.J.; EVANELISTA, A.R. Degradação de pastagens em regiões de Cerrado. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 655-661, 2004.

PRADO, R.M.; BARION, R.D. Efeitos da calagem na nutrição e produção de massa seca do capim-Tifton 85. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 218-224, 2009.

REIS, R. A.; RUGGIERI, A. C.; OLIVEIRA, A. A.; AZENHA, M. V.; CASAGRANDE, D. R. Suplementação como estratégia de produção de carne de qualidade em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 3, p.642-655, jul./set., 2012.

REGO, F.C.A.; CECATO, U.; DAMSCENO, J.C.; RIBAS, N.P.; SANTOS, G.T.; MOREIRA, F.B.; RODRIGUES, A.M. Valor nutritivo do capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq cv. Tanzânia-1) manejado em alturas de pastejo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 363-370, 2003.

RODRIGUES, AL.P.; SAMPAIO, I.B.M.; CARNEIRO, J.C.; TOMICH, T.R.; MARTINS, R.G.R. Degradabilidade *in situ* da matéria seca de forrageiras tropicais obtidas em diferentes épocas de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.56, n.5, p.658-664, 2004.

SALMAN, A.K.D.; BERCHIELLI, T.T.; SILVEIRA, R.N.; SOARES, W.V.B.; NOGUEIRA, J.R.; KRONKA, S.N. Degradabilidade *in situ* do capim *Panicum maximum* cv. Tanzânia incubado cortado ou na forma de extrusa. **Revista Brasileira**

de Zootecnia, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 2142-2149, 2000.

SANTOS, P. M. Aspectos fisiológicos e metabólicos da nutrição nitrogenada de plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: Fertilidade do solo para pastagens produtivas, 21, 2004, **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 2004, p. 139-154.

SARAIVA, O. F.; CARVALHO, M.M. Adubação nitrogenada e fosfatada para o estabelecimento de capim-elefante em latossolo vermelho-amarelo textura argilosa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 201-205, 1991.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L.R.A.; LUGÃO, S.M.B.; CRUZ, M.C.P.; CAMPOS, F.P.; FERREIRA, M.E.; OLIVEIRA, R.F. Sistema radicular do *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio adubado com nitrogênio e submetido à lotação rotacionada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 27-34, 2008.

SILVA, E.B.; JÚNIOR, L.G.F.; ANJOS, A.F.; MIZIARA, F. Análise da distribuição espaço-temporal das pastagens cultivadas no bioma Cerrado entre 1970 e 2006. **Revista IDEAS**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 174-209, 2013.

SILVEIRA, R.N.; BERCHIELLI, T.T.; CANESIN, R.C. MESSANA, J.D.; FERNANDES, J.R.; PIRES, A.V. Influência do nitrogênio degradável no rúmen sobre a degradabilidade *in situ*, os parâmetros ruminais e a eficiência de síntese microbiana em novilhos alimentados com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 570-579, 2009.

SILVEIRA, C.P.; MONTEIRO, F.A. Macronutrientes em folhas diagnósticas do capim-tanzânia adubado com nitrogênio e cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 736-745, 2010.

SOBRAL, D.M.P.L.; FRIES, D.D.; SILVA, M.W.R. Variações anatômicas em folhas de *Brachiaria decumbens* decorrentes de diferentes doses de nitrogênio. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n.13, p. 1060-1066, 2011.

SOUZA, C.G.; LIRA, M.A.; MELLO, A.C.L.; FERREIRA, R.L.C. Medidas produtivas de cultivares de *Panicum maximum* JACQ. submetidos a adubação nitrogenada. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 4, p. 339-344, 2006.

SOUZA, R.S.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; SILVA, F.F.; MAGALHÃES, A.F.; VELOSO, C.M. Composição química de capim-tanzânia adubado com nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 6, p. 1200-1205, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre, Artmed, 2004. 719 p.

VALENTE, B.S.M.; CÂNDIDO, M.J.D.; JUNIOR, J.A.A.C.; PEREIRA, E.S.; BOMFIM, M.A.D.; FEITOSA, J.V. Composição químico-bromatológica, digestibilidade e degradação *in situ* da dieta de ovinos em capim-tanzânia sob três frequências de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 113-120, 2010.

VALENTE, T.N.P.; LIMA, E.S.; HENRIQUE, L.T.; NETO, O.R.M.; GOMES, D.I.; SAMPAIO, C.B.; COSTA, V.A.C. Anatomia de plantas forrageiras e a disponibilidade de nutrientes para ruminantes: Revisão. **Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 18, n. 3, p. 347-358, 2011.

VALLE, C.B.; JANK, L.; RESENDE, R.M.S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 4, p. 460-472, 2009.

VAN SOEST, P.J. **The nutritional ecology of the ruminants**. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G. Calagem e adubação para pastagens. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2002, p. 367-384.

VOLPE, E. V.; MARCHETTI, M. E.; MACEDO, M. C.; LEMPP, B.. Acúmulo de forragem e características do solo e da planta no estabelecimento de capim-massai com diferentes níveis de saturação por bases, fósforo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 2, p. 228-237, 2008a.

VOLPE, E.; MARCHETTI, M.E.; MACEDO, M.C.M.; JUNIOR, E.J.R. Renovação de pastagem degradada com calagem, adubação e leguminosa consorciada em Neossolo Quartzarênico. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 30, n. 1, p. 131-138, 2008b.

WILSON, J.R. Organization of forage plant tissues. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D.; RALPH, J. (Eds). **Forage cell wall structure and digestibility**. Madson: ASA-CSSA-SSSA, 1993, p. 1-27.

WILSON, J. R. Structural and anatomical traits of forages influencing their nutritive value for ruminants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997, p. 411-429.

CAPÍTULO 1

ACÚMULO DE BIOMASSA E EFEITO DE DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E CALCÁRIO EM CARACTERÍSTICAS QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS DO CAPIM MASSAI (*Panicum maximum*) NA REGIÃO DE CERRADO

RESUMO

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisa e Capacitação da Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural (Cepaer/Agraer), em Campo Grande (MS) entre os anos de 2009 e 2011. O capim-massai foi implantado em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico da classe textural areno-argilosa. O objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos de diferentes doses de calcário (0, 2000, 4000 e 8000 kg ha⁻¹) e nitrogênio (0, 20, 40, 80 e 160 kg ha⁻¹) no acúmulo de forragem em atributos químicos do solo e macronutrientes em lâminas foliares do capim-massai. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em arranjo fatorial, com medidas repetidas no tempo. Utilizaram-se quatro repetições com as parcelas medindo 5m x 5m. Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância e regressão. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Para as análises de regressão, ajustaram-se as respostas em função das médias, adotando-se apenas os coeficientes significativos pelo teste “t” (P<0,10). As amostras de solo para determinação das características químicas foram coletadas no final do período das águas de 2009, 2010 e 2011, enquanto as lâminas foliares para determinação dos macronutrientes foram coletadas nos períodos representativos (águas e seca) nos anos 2009/2010 e 2010/2011. As doses de calcário e nitrogênio influenciaram o acúmulo de massa seca verde do capim-massai, o pH e a saturação por bases do solo. A máxima eficiência agrônômica foi obtida nas doses estimadas próximas a 580 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio e 5.795 kg ha⁻¹ de calcário que, no primeiro ano de avaliações, proporcionaram os maiores acúmulos de massa seca verde 15.260 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Ocorreu elevação na demanda por calcário do primeiro para o segundo ano, enquanto a dose econômica de nitrogênio deu-se nas menores doses em ambos os anos. O calcário elevou a saturação por bases e o pH, enquanto o nitrogênio reduziu as duas características avaliadas. O nitrogênio elevou os teores de nitrogênio, magnésio e cálcio (g kg⁻¹) nas lâminas foliares do capim-massai. Portanto, o capim-massai responde positivamente a doses de nitrogênio e calcário, com efeitos significativos no acúmulo de massa seca verde e nas características de solo avaliadas.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada, calagem, minerais, características de solo

ABSTRACT

The experiment was carried out at the Centro de Pesquisa e Capacitação da Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural (Cepaer/Agraer) in Campo Grande, between years 2009 and 2011. Massai grass was implanted in a soil classified as sandy-clayey dystrophic red latosol. The aim of this study was to investigate the effects of different doses of lime (0, 2000, 4000 and 8000 kg ha⁻¹) and nitrogen (0, 20, 40, 80 and 160 kg ha⁻¹) in forage accumulation in the soil's chemical properties, and in macronutrients in Massai grass leaf blades. The study made use of a randomized block factorial design with repeated measures in time. There were four replications in 5m x 5m plots. Data were submitted to analysis of variance and regression. Means were compared by the Scott-Knott test at 5% probability. For the regression analysis, the answers were adjusted according to the means, adopting only the significant coefficients by "t" test (P<0.10). The soil samples to determine the chemical characteristics were collected at the end of the wet seasons of 2009, 2010 and 2011, while the leaf blades, for the determination of macronutrients, were collected at representative periods (wet and dry) in years 2009/2010, and 2010/2011. The lime and nitrogen doses influenced the green dry matter accumulation of Massai grass, the soil's pH and base saturation. The maximum yield was obtained at estimated doses close to 580 kg ha⁻¹ year⁻¹ and 5.795 kg ha⁻¹ lime, which in the first year of evaluations resulted in the highest accumulation of dry green matter: 15.260 kg ha⁻¹ year⁻¹. There was an increase in demand for limestone from the first to the second year, while the economic level of nitrogen was given in smaller doses in both years. Liming increased the base saturation and pH, while nitrogen reduced both characteristics. Nitrogen increased N, Mg and Ca (g kg⁻¹) contents in Massai grass leaf blades. Therefore, Massai-grass responds positively to nitrogen and limestone, with significant effects on dry green matter accumulation and on soil characteristics.

Keywords: Nitrogen fertilization, liming, minerals, soil characteristics

INTRODUÇÃO

A alimentação de ruminantes no Brasil é realizada prioritariamente por meio dos pastos, nos quais predominam as gramíneas. Dentre as gramíneas empregadas na pecuária brasileira, as do gênero *Panicum* vêm ocupando lugar de destaque por seu elevado potencial de acúmulo de forragem. Porém, os cultivares de *Panicum* apresentam exigência elevada em nutrientes e manejo quando comparados aos de *Brachiaria* spp. (Syn: *Urochloa*), sendo indicados para sistemas intensivos de exploração e em pastejos intermitentes (MACEDO, 2009; VALLE et al., 2009).

As principais características do *P. maximum* cv. Massai são elevada precocidade, resistência à cigarrinha-das-pastagens, maior resistência à seca, requerendo níveis médios a altos de fertilidade do solo na implantação e sendo menos exigente em adubação de manutenção (EMBRAPA, 2001).

Apesar de sua moderada exigência em fertilidade do solo, doses adequadas de adubação e calagem fazem-se necessárias para que se obtenha maior acúmulo de biomassa com bom valor forrageiro.

A primeira ação para elevar o acúmulo de forragem dos pastos é a correção da acidez do solo pela prática da calagem (OLIVEIRA et al., 2003). Com a aplicação de calcário, normalmente se esperam algumas alterações nas características do solo, como a redução da acidez (alumínio tóxico), a elevação do pH, a saturação por bases, a concentração de cálcio e magnésio trocáveis, a capacidade de troca catiônica efetiva (CTC), além da aceleração da mineralização da matéria orgânica (MATINS et al., 2011). Como consequência da elevação do pH e da saturação por bases, ocorre o aumento da disponibilidade da maioria dos nutrientes contidos no solo (OLIVEIRA et al., 2000).

Dentre outros fatores, doses de nitrogênio aplicadas no solo podem interferir nos componentes da biomassa (LOPES et al., 2011) e na concentração de macronutrientes em lâminas foliares de gramíneas forrageiras (PRIMAVESI et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2009; SILVEIRA e MONTEIRO, 2010). Os teores de nitrogênio em lâminas foliares de gramíneas forrageiras podem variar não só pela dose de N, mas também pela idade de rebrotação (ABREU e MONTEIRO, 1999) e pela calagem combinada com doses de nitrogênio (VOLPE et al., 2008).

O objetivo deste estudo foi investigar os efeitos de diferentes doses de calcário e nitrogênio no acúmulo de massa seca verde em características químicas do solo e de macronutrientes em lâminas foliares do capim-massai.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisa e Capacitação da Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural (Cepaer/Agraer), em Campo Grande (MS), no período de julho de 2008 a novembro de 2011. O clima local é o tropical chuvoso de cerrado, com temperatura média de 23 °C (KÖPPEN, 1948) e déficit hídrico no período de outono-inverno. A ocorrência de geadas neste local é rara e a precipitação média anual é de aproximadamente 1.500 mm, geralmente 25% no período de maio a setembro e 75% no de outubro a abril. As precipitações ocorridas durante o período experimental foram dentro dos padrões normais (Figura 1).

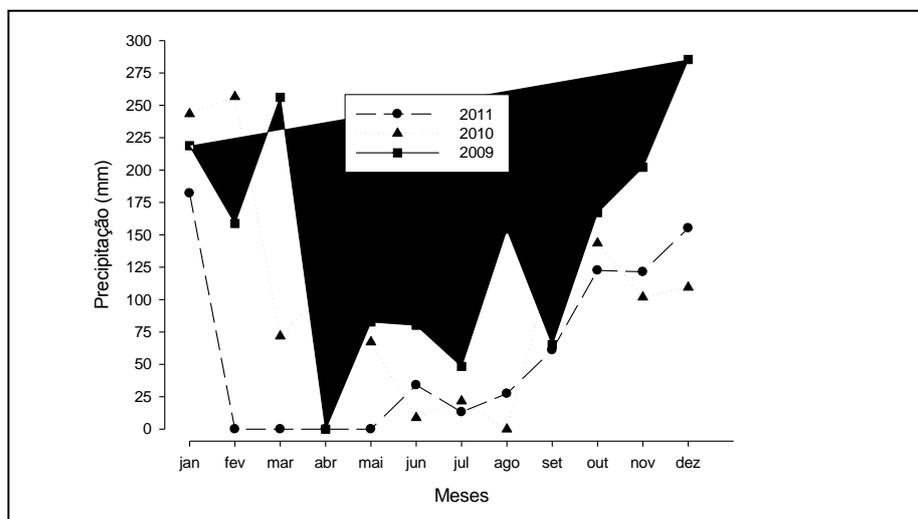


FIGURA 1 - Demonstrativo mensal das precipitações (mm) ocorridas nos anos de 2009, 2010 e 2011 em Campo Grande (MS).

Fonte: Agraer/Cemtec.

Estudou-se o efeito de quatro doses de calcário dolomítico com Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) de 100% (0, 2.000, 4.000 e 8.000 kg ha⁻¹) e de cinco doses de nitrogênio (0, 20, 40, 80 e 160 kg ha⁻¹) em *P. maximum* cv. Massai.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em arranjo fatorial, com medidas repetidas no tempo, com quatro repetições.

O solo experimental é caracterizado como Latossolo Vermelho Distrófico da classe textural areno-argilosa. Antes do preparo do solo, em janeiro de 2008, foram coletadas amostras para análise química e textural, conforme o *Manual de métodos de análise de solo* (Embrapa 1997), na profundidade de 0-20 cm (Quadro 1). O preparo do solo foi iniciado em 2008 utilizando subsolador e grade aradora.

QUADRO 1 - Análise química do solo experimental na profundidade de 0-20 cm no ano de 2008, Campo Grande (MS)

pH	MO	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	PM ₁	Al ⁺³	H+Al	S	T	V%
CaCl ₂	(%)	cmolc	dm ⁻³		mg dm ⁻³		cmolc	dm ⁻³		%
4,77	4,16	2,04	0,86	0,23	1,46	0,35	5,66	3,14	8,79	35,76

PM₁= Fósforo (mehlich¹)

Em uma área de 3.000 m², foram demarcadas 80 parcelas, medindo 5 m x 5 m cada. Os tratamentos foram então distribuídos em três blocos, com quatro repetições cada.

A calagem foi realizada pela distribuição a lanço e incorporação do calcário com enxada rotativa (0-20 cm) em dezembro de 2008. As doses de 8.000 kg ha⁻¹ de calcário foram divididas em duas aplicações de 4.000 kg ha⁻¹, com espaçamento de trinta dias cada. Aproximadamente vinte dias após a calagem, o solo de todas as parcelas foi adubado com 200 kg ha⁻¹ de K₂O, 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ utilizando-se 1.000 kg ha⁻¹ da fórmula 00-20-20 e 100 kg ha⁻¹ de S (enxofre) e com micronutrientes: 0,2; 4,0; 2,0 e 1,0 kg ha⁻¹ de molibdênio (molibdato de sódio), zinco e cobre (sulfatos) e boro (bórax), respectivamente. Os fertilizantes foram aplicados a lanço e incorporados com enxada rotativa (0-20 cm).

Em janeiro de 2009 foi realizada a semeadura do capim-massai em linhas espaçadas de 20 cm, em parcelas medindo 5 m x 5 m, utilizando-se 3 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis.

No final dos períodos chuvosos de maio de 2009, maio de 2010 e março de 2011 foram coletadas amostras do solo em todas as parcelas, na profundidade de 0-20 cm. Foram coletadas 12 subamostras por parcela que secaram por aproximadamente 15 dias em ambiente arejado e foram homogeneizadas individualmente. Foram retirados aproximadamente 300 g de cada subamostra, sendo

80 amostras por ano, totalizando, assim, 240 amostras de 300 g relativas aos anos de 2009, 2010 e 2011. Estas foram enviadas ao laboratório para a determinação de pH (CaCl_2), MO, Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , P, Al^{+3} , H+Al, SB, T, e V%, conforme o *Manual de métodos de análise de solo* (Embrapa 1997).

O corte de padronização ocorreu em novembro de 2009, e os cortes de avaliação foram realizados em 2009 (novembro e dezembro), 2010 (janeiro, março, abril, junho, outubro e dezembro) e 2011 (janeiro, fevereiro, março, maio e novembro), totalizando 13 cortes (3 na seca e 10 nas águas).

Para as avaliações de biomassa, a forrageira foi cortada com intervalo médio de 35 dias na estação chuvosa e de 110 e 180 dias na estação seca do primeiro (2010) e segundo anos (2011), respectivamente. O período de crescimento da forragem no período das águas foi de 28 dias entre os cortes. Após cada corte de avaliação foram introduzidos bovinos na área experimental para efetuar a uniformização da forragem por meio do pastejo, com duração aproximada de 7 dias no período chuvoso e 15 dias no período seco. Os animais eram retirados da área quando o capim apresentava altura próxima a 15 cm do solo.

O nitrogênio foi aplicado em cobertura após cada corte de avaliação da gramínea apenas no período das águas, utilizando-se a ureia como fonte, de acordo com as quantidades predeterminadas. Como foram realizados cinco cortes em cada ano no período das águas, no final de cada ano foram totalizados 0, 100, 200, 400 e 800 $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ de nitrogênio aplicados ao solo. O K_2O (cloreto de potássio) e o P_2O_5 (superfosfato triplo) foram aplicados juntamente com o N nas quantidades necessárias para repor esses nutrientes retirados pela forragem produzida. Para determinação das quantidades necessárias de potássio e fósforo após cada corte, foram realizadas médias do acúmulo de massa seca de forragem em cada corte em função das doses de N, em que se considerou a extração de 2,0% de K e 0,15% de P em cada kg ha^{-1} de forragem produzida (SOUZA e LOBATO, 2004).

Para o corte da forragem a 15 cm do solo, utilizou-se roçadeira costal motorizada, em área útil de 4,0 m^2 em cada parcela. Após a pesagem no campo, retiraram-se duas subamostras de 10% a 15% do total. Uma subamostra foi utilizada para a estimativa da massa seca, sendo pré-seca em estufa de circulação forçada de ar a 65-70°C por 72 horas. Na outra subamostra efetuou-se a separação dos componentes morfológicos da forrageira: lâminas foliares (LF), colmo e bainha (CB) e material senescente (MM). Posteriormente foram processados para a estimativa do

teor de massa seca de cada componente. Em seguida, estimou-se o acúmulo de massa seca verde (MSV) compreendendo as lâminas, colmos e bainhas verdes.

Para determinação de N, cálcio e magnésio nas lâminas foliares coletou-se, um dia antes de se efetuar os cortes, em janeiro de 2010 e 2011 (período representativo das águas) e junho e novembro de 2010 e 2011 (período representativo da seca), material compondo duas amostras, analisadas separadamente nos períodos da seca, e duas no período das águas de 2010 e 2011. Foram colhidas aproximadamente 100 lâminas foliares em cada parcela (MONTEIRO, 2005), que após a pré-secagem (a 55°C) até peso constante, foram moídas e submetidas à análise de macronutrientes (P, Ca, Mg S, K), conforme Sarruge e Haag (1974), exceto o N, que foi determinado por meio da espectrometria de refletância no infravermelho proximal (NIRS) de acordo com os procedimentos de Marten et al. (1985).

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância e, quando significativos (1% a 5%), foram realizadas análises de regressão utilizando-se o programa estatístico Saeg (RIBEIRO JÚNIOR, 2001). Para as análises de regressão ajustaram-se as respostas em função das médias, adotando-se apenas os coeficientes significativos pelo teste t ($P < 0,10$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação entre as doses de calcário e nitrogênio em nenhuma das variáveis analisadas.

O efeito do nitrogênio e calcário sobre o acúmulo de massa seca verde (MSV) (kg ha^{-1}) do capim-massai foi significativo no período das águas: novembro de 2009 a abril de 2010 (Figura 2).

Doses acumuladas estimadas de $607 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de nitrogênio e 3.855 kg ha^{-1} de calcário promoveram maior acúmulo de MSV ($11.077 \text{ kg ha}^{-1}$) para o período das águas.

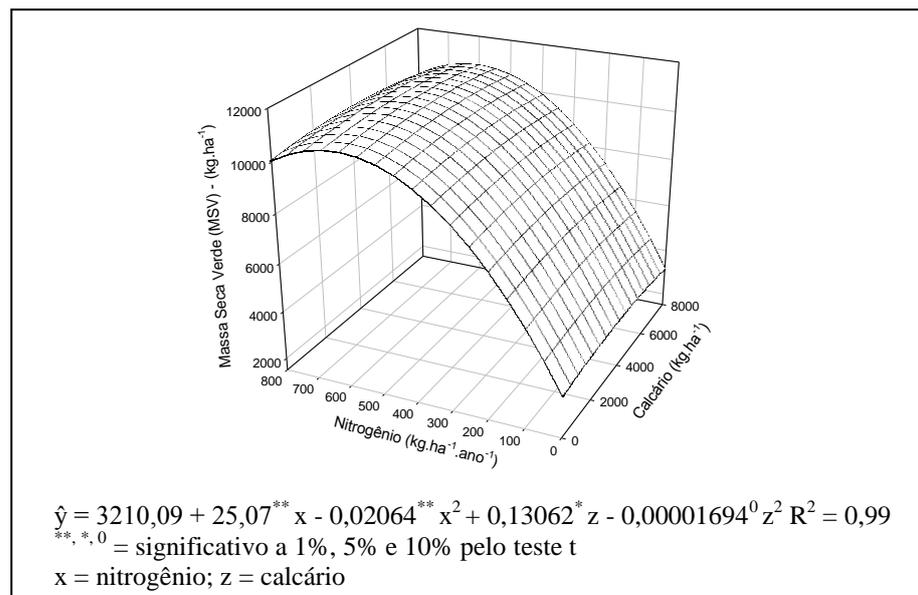


FIGURA 2 - Acúmulo de massa seca verde – MSV (kg ha^{-1}) de capim-massai em função de doses de nitrogênio ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) e calcário (kg ha^{-1}) no período das águas nos anos 2009/2010 – Campo Grande (MS).

No primeiro ano, no período de novembro de 2009 a outubro de 2010, ocorreu efeito no acúmulo de MSV (kg ha^{-1}) de capim-massai, em época de seca e de águas, somente para o nível de nitrogênio ($P < 0,01$) (Figura 3).

Doses de $587 \text{ kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ de nitrogênio proporcionaram o maior acúmulo de MSV ($15.263 \text{ kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) neste período. A dose de nitrogênio estimada para maximizar o acúmulo de MSV no período total do primeiro ano de experimento foi inferior à estimada quando avaliado somente o período das águas deste mesmo ano. Esta diminuição está dentro do esperado, uma vez que no período da seca não foi aplicado nitrogênio ao solo.

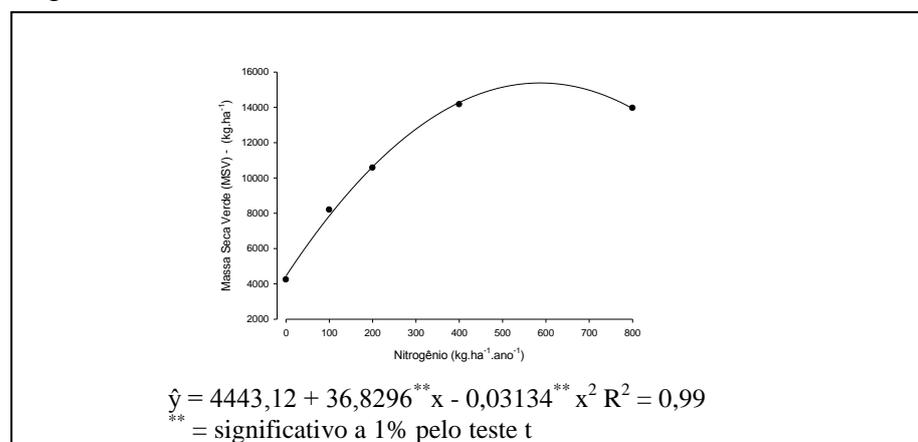


FIGURA 3 - Acúmulo de massa seca verde – MSV ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) de capim-massai em função de doses de nitrogênio ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) no primeiro ano (2009/2010) – Campo Grande (MS).

No segundo ano de avaliações (dezembro de 2010 a novembro de 2011), o acúmulo de MSV ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) de capim-massai respondeu positivamente às doses de nitrogênio ($P < 0,01$) e às de calcário ($P < 0,10$) (Figura 4).

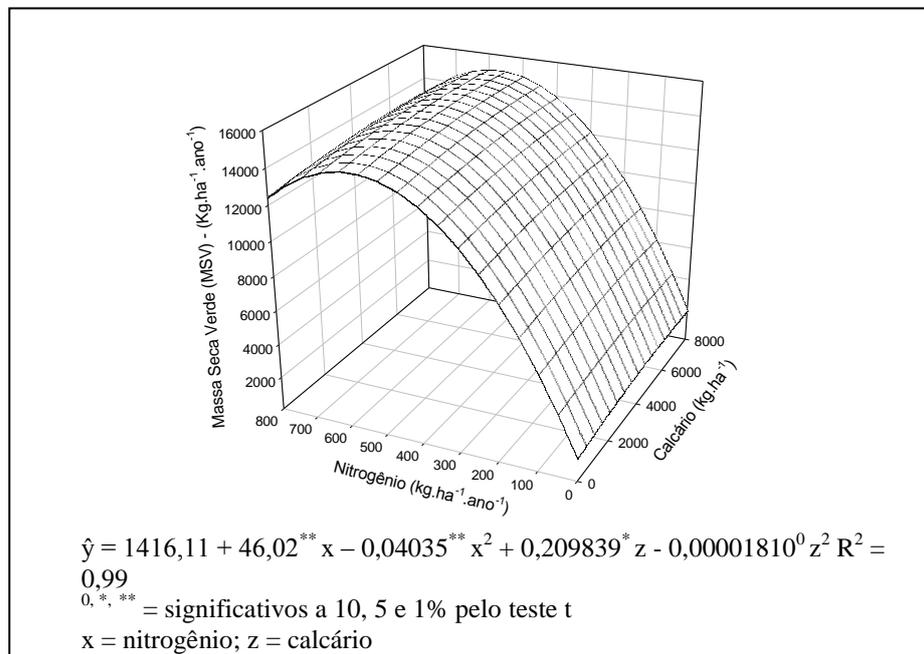


FIGURA 4 - Acúmulo de massa seca verde – MSV ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) de capim-massai em função de doses de nitrogênio ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e calcário (kg ha^{-1}) no segundo ano (2010/2011) – Campo Grande (MS).

Doses estimadas de $570 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de nitrogênio e 5.796 kg ha^{-1} de calcário proporcionaram os maiores acúmulos de MSV: $15.147 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ neste período.

As doses de nitrogênio ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) estimadas para maximizar o acúmulo de MSV nos dois períodos experimentais (2009-2010 e 2010-2011) foram muito próximas (587 e $570 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, respectivamente), assim como o acúmulo de MSV, que apresentou uma pequena variação do primeiro para o segundo ano (15.263 e $15.147 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente); no entanto, a necessidade de calagem foi elevada em 1.941 kg ha^{-1} de calcário no mesmo intervalo de tempo (2009/2010 até 2010/2011).

A calagem eleva a disponibilidade de cálcio e magnésio e propicia maior intensificação da nitrificação do nitrogênio aplicado ao solo e, ao mesmo tempo, diminui seus efeitos na redução do pH e na V% (COSTA et al., 2008; PRADO e BARION, 2009; SILVA e VALE, 2000).

Assim, uma das prováveis causas do aumento estimado da dose de calcário (kg ha^{-1}) e da diminuição da dose de nitrogênio ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) pode estar relacionada à acidificação do solo, ocorrida ao longo do período experimental pelas sucessivas aplicações de N, o que demandaria maiores doses de calcário para manter a mesma produção de forragem e reduzir a acidificação do solo, neutralizando o H^+ e o Al^{+3} .

A presença dos animais na área, embora por um curto período de tempo, também deve ser considerada, pois pode ter interferido por meio da deposição das fezes e da urina no aumento da ciclagem de N, diminuindo a demanda da gramínea por nitrogênio fornecida pela adubação no segundo período. Igualmente, o sistema radicular do capim-massai talvez estivesse mais desenvolvido no segundo ano, aumentando a área de absorção e a eficiência.

Assim, podemos considerar que em sistemas intensivos com elevadas doses de N, na fase de condução, as demandas por calcário talvez sejam maiores do que as atualmente recomendadas para o capim-massai para manter elevado acúmulo de massa seca verde.

Embora a máxima eficiência agronômica para as doses de nitrogênio e o acúmulo de MSV tenha sido atingida nas doses de $587 \text{ kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (2010) e $570 \text{ kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (2011), a relação entre as doses de nitrogênio ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) e o acúmulo de MSV ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) produzido (Quadro 2) indicam que a dose de máxima eficiência agronômica estaria acima da econômica, uma vez que as maiores eficiências de conversão ocorreram nas menores doses de nitrogênio (100 e $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$).

QUADRO 2 - Relação entre doses de N ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) aplicadas e o percentual de MSV convertida em 2010 e 2011 em capim-massai

Doses de N ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$)	MSV (%). $\text{ano}^{-1}/\text{kg de}$ N ($\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) - 2010	MSV (%). $\text{ano}^{-1}/\text{kg de}$ N ($\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) - 2011
100	39,11	37,29
200	31,29	37,01
400	24,53	29,72
800	12,04	13,47

Doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) próximas às aqui estudadas também proporcionaram máxima eficiência agronômica com maiores acúmulos de MSV de

ferragem em trabalhos conduzidos por Kichel et al. (2004) com capim-massai e Cunha et al. (2010) com capim-mombaça, ambos conduzidos em casa de vegetação.

Outros trabalhos com gramíneas do gênero *Panicum* também demonstram respostas ao efeito de nitrogênio no acúmulo de MSV (CANTO et al., 2013; LAVRES JR. et al., 2004; MAGALHÃES et al., 2011; SOUZA, C. G. et al., 2006) e calcário (BETINI et al., 2000).

De acordo com Marschener (1995), o nitrogênio faz parte da estrutura de diversos compostos essenciais ao crescimento de plantas, estimulando o desenvolvimento de folhas, colmos e raízes, e sua deficiência pode reduzir tanto a divisão quanto a expansão celular. Já a calagem tem efeito, principalmente, na elevação do pH, cálcio e Mg, na saturação por bases, na nutrição de folhas (principalmente cálcio e Mg), resultando, em algumas situações, no aumento de acúmulo de massa seca verde na parte aérea (PRADO e BARION, 2009).

A Embrapa (2001) recomenda a saturação por base para o capim-massai na fase de implantação próxima a 40%.

Volpe et al. (2008), trabalhando com capim-massai na fase de estabelecimento, obtiveram maiores acúmulos de massa seca com V% de 39.

Considerando a saturação por bases recomendada para o capim-massai (40%) na fase de implantação, neste estudo, para atingi-la seriam necessários apenas 300 kg ha⁻¹ (método de saturação por bases). No entanto, o maior acúmulo de biomassa ocorreu com 3.855 kg ha⁻¹ de calcário neste período. Possivelmente a maior quantidade de calcário estimada neste estudo esteja relacionada com os efeitos da ureia (H⁺) na acidificação do solo, fato também observado por Costa et al. (2008) com o capim-marandu. Infere-se que, na fase de implantação do capim-massai, as demandas por estes nutrientes (Ca e Mg) possam ser menores, o que possivelmente não ocorra durante a fase de manutenção em condições favoráveis de temperatura e umidade com elevadas doses de N.

No entanto, a prática agrônômica isolada da calagem pode não refletir em aumentos significativos no acúmulo de massa seca em *Panicum*, considerando que as respostas à calagem podem variar em função das condições específicas do local onde cada estudo foi conduzido (LUZ et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2000) e estariam limitadas pela ausência, principalmente, de N.

Apesar de as respostas da calagem nem sempre serem significativas para o acúmulo de MSV (HERLING et al., 2001; LUZ et al., 2002; NASCIMENTO et al.,

2002; SOUZA, R. M. et al., 2006), recomenda-se V% entre 40% e 45% para espécies forrageiras exigentes em calagem (VILELA et al., 2004), pois é no mínimo de bom senso agrônômico que, antes de se fazer qualquer tipo de adubação, se faça a calagem, observando-se a recomendação mais adequada para cada espécie forrageira.

As respostas obtidas para V% no solo para os anos 2009, 2010 e 2011 em função de doses de nitrogênio e calcário em capim-massai estão representadas nas Figuras 5, 6 e 7.

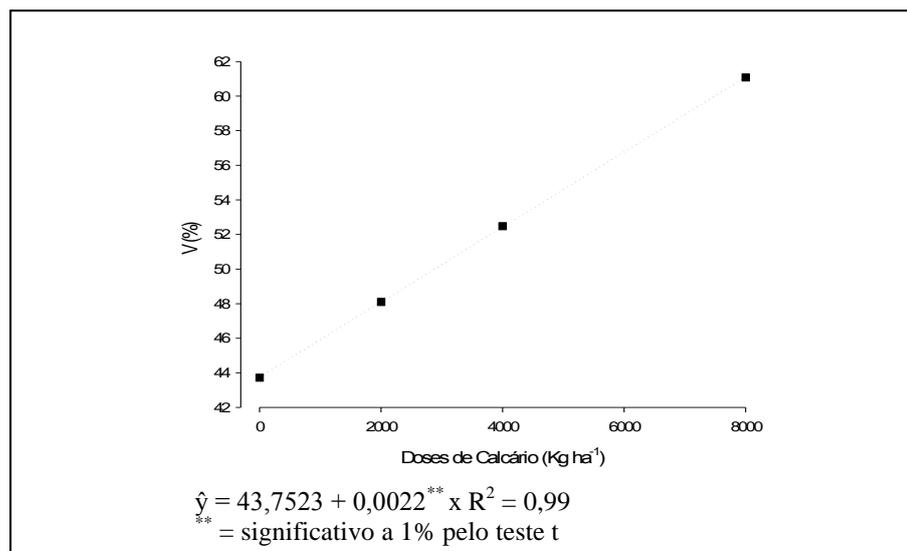


FIGURA 5 - Saturação por bases (V%) no solo (2009) em função de doses de calcário (kg ha⁻¹) em capim-massai – Campo Grande (MS).

A V% não foi alterada pelas doses de nitrogênio em 2009, apenas pelo calcário (P<0,01) (Figura 5). Estimou-se uma V% de 61,35% na maior dose de calcário, ou 8.000 kg ha⁻¹. Neste período ainda não tinham sido realizadas aplicações de nitrogênio (ureia) em cobertura, assim este elemento, N, não alterou a saturação por bases.

Desta forma, verificou-se efeito do nitrogênio na V% (P<0,01) apenas nos anos 2010 e 2011 (Figuras 6 e 7), possivelmente pelas sucessivas e elevadas doses de nitrogênio aplicadas durante o estudo. Em 2010, a V% foi influenciada linearmente tanto pelo nitrogênio (P<0,01) como pelo calcário (P<0,01).

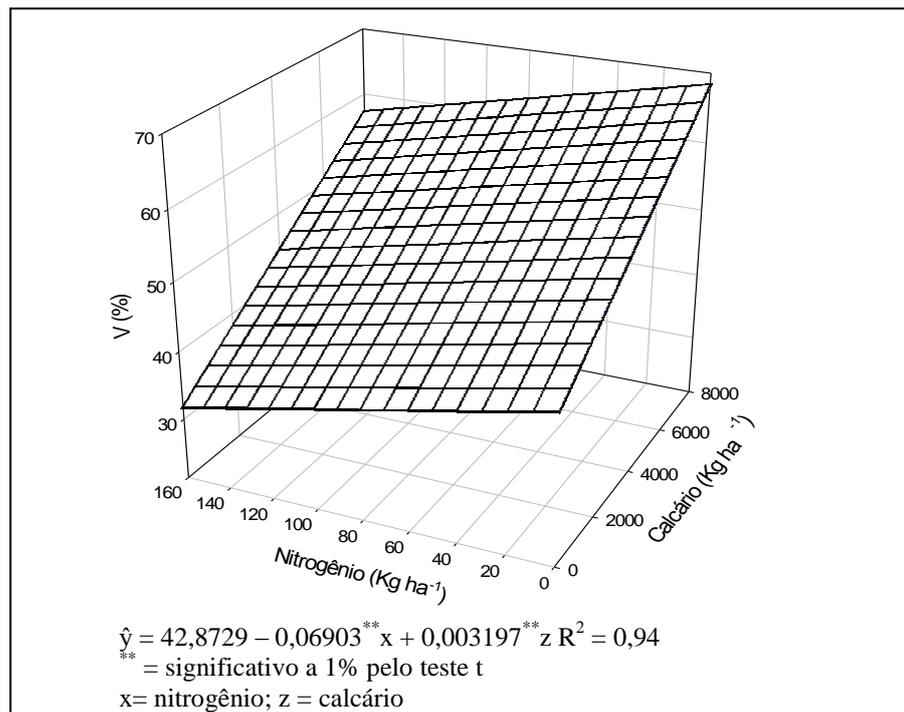


FIGURA 6 - Saturação por bases (V%) no solo (2010) em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) e calcário (kg ha^{-1}) em capim-massai – Campo Grande (MS).

Estimou-se uma V% de 57,40 na maior dose aplicada de nitrogênio (160 kg ha^{-1}) e de calcário (8.000 kg ha^{-1}).

Em 2010, observou-se uma relação direta entre nitrogênio e V%; à medida que se elevaram as doses de N, a saturação por bases diminuiu linearmente. Por outro lado, as doses de calcário elevaram a V% linearmente (Figura 6).

Em 2011, as doses de nitrogênio ($P < 0,10$) também diminuíram a V%, enquanto o calcário ($P < 0,01$) elevou a saturação por bases (Figura 7), assim como ocorreu no ano anterior.

Efeitos semelhantes do calcário e do nitrogênio na saturação por bases foram observados por Primavesi et al. (2004) em estudo realizado com capim-braquiária.

Na literatura são encontrados estudos que indicam a utilização de saturação por bases mais elevadas (V% acima de 50%) em gramíneas forrageiras na presença e na ausência de adubação nitrogenada (CRUZ et al., 1994; PRADO e BARION, 2009). Isto sugere que, em sistemas intensivos de produção, na fase de manutenção do capim-massai, com utilização de aplicações de N em doses elevadas,

sem que haja aplicação anual de calcário em cobertura, as recomendações de calagem para *Panicum*, em especial para o capim-massai, devam ficar acima da atual recomendação (V% 40-45) na fase de implantação (Embrapa, 2001).

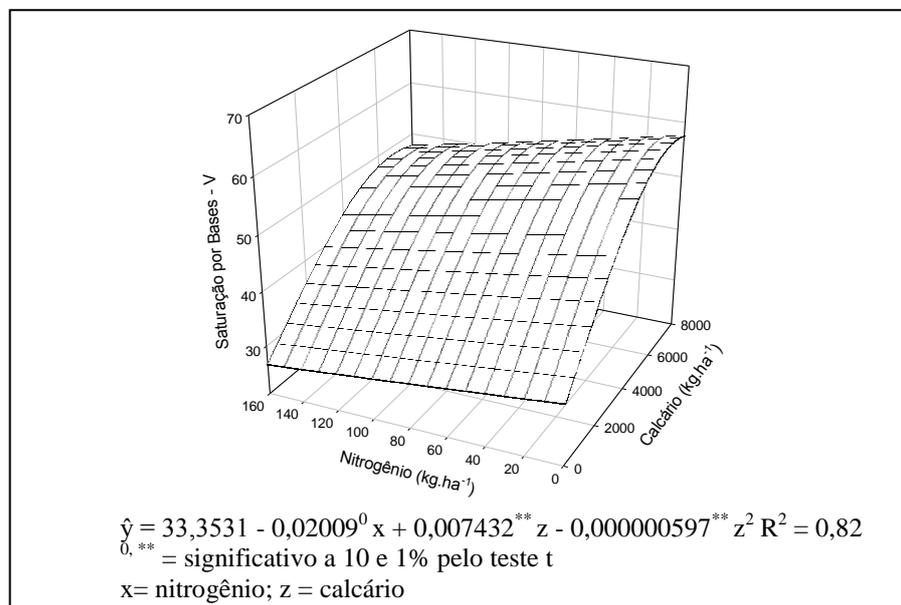


FIGURA 7 - Saturação por bases (V%) no solo (2011) em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) e calcário (kg ha^{-1}) em capim-massai – Campo Grande (MS).

Estimou-se, em 2011, para a maior dose de nitrogênio (160 kg ha^{-1}) e calcário ($6.224,45 \text{ kg ha}^{-1}$), uma saturação por bases de 53,26%.

Apesar de as aplicações de calcário elevarem inicialmente a V%, houve tendência a decréscimo ao longo dos anos de estudo, em 2009, 2010 e 2011, com médias de V% de 51%, 49% e 45%, respectivamente.

Pode-se observar que nos dois anos experimentais, nas doses de nitrogênio acumuladas, em que se obteve a maior quantidade de MSV, a saturação por bases estimada para estas doses ficou acima de 50%.

Assim, na fase de condução do capim-massai, com sucessivas e elevadas aplicações de nitrogênio após cada desfolhação, a elevação da V% acima de 50% é aparentemente necessária.

Comportamento semelhante à saturação por bases foi observado para o pH do solo (CaCl_2) em função das doses de nitrogênio e calcário nos três anos de estudo (Figuras 8, 9 e 10). O pH elevou-se à medida que foram aumentadas as doses

de calcário, e diminuiu com as doses de nitrogênio, exceto em 2009, quando o pH não foi influenciado pelo nitrogênio.

O pH do solo em 2011 apresentou grau de significância para nitrogênio ($P < 0,05$) e para calcário ($P < 0,01$), mais bem representado pela equação quadrática (Figura 10). Resultados semelhantes foram observados por Volpe et al. (2008), com respostas positivas à calagem ($0,10 > P < 0,20$), elevando o pH de forma quadrática à medida que se elevou a saturação por bases ($V\% = 20, 40, 60$ e 80) pela aplicação de calcário.

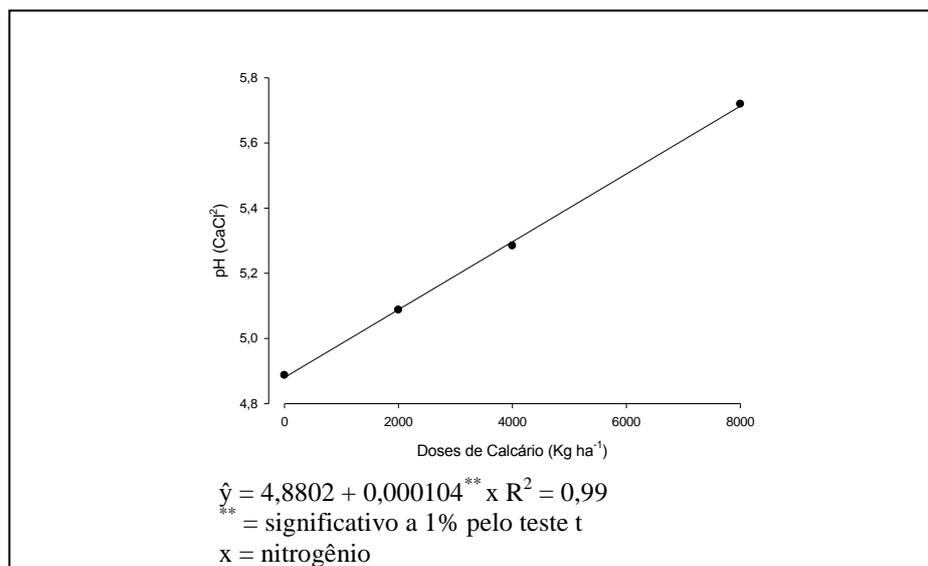


FIGURA 8 - pH (CaCl_2) no solo (2009) em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) e calcário (kg ha^{-1}) em capim-massai – Campo Grande (MS).

A elevação do pH à medida que se eleva a saturação por bases normalmente é esperada, porém, esta elevação talvez ocorra em menor proporção quando são aplicadas doses elevadas de nitrogênio.

Os efeitos positivos da calagem na elevação do pH foram verificados por Cruz et al. (1994) e Ferreira e Macedo (2006) em experimentos conduzidos respectivamente em Latossolo Vermelho-Escuro (textura média) e em Neossolo Quartzarênico (12% de argila), onde observaram que o pH do solo (CaCl_2) elevou-se à medida que foram aumentadas as doses de calcário na camada de 0-20 cm, com variação de 4,05 na testemunha a 4,90 na maior dose 4.000 kg ha^{-1} . Em ambos os estudos, estes autores observaram que o acúmulo de massa de cultivares de *Panicum* e *Urochloa* aumentou à medida que o pH do solo e a saturação por bases se elevaram.

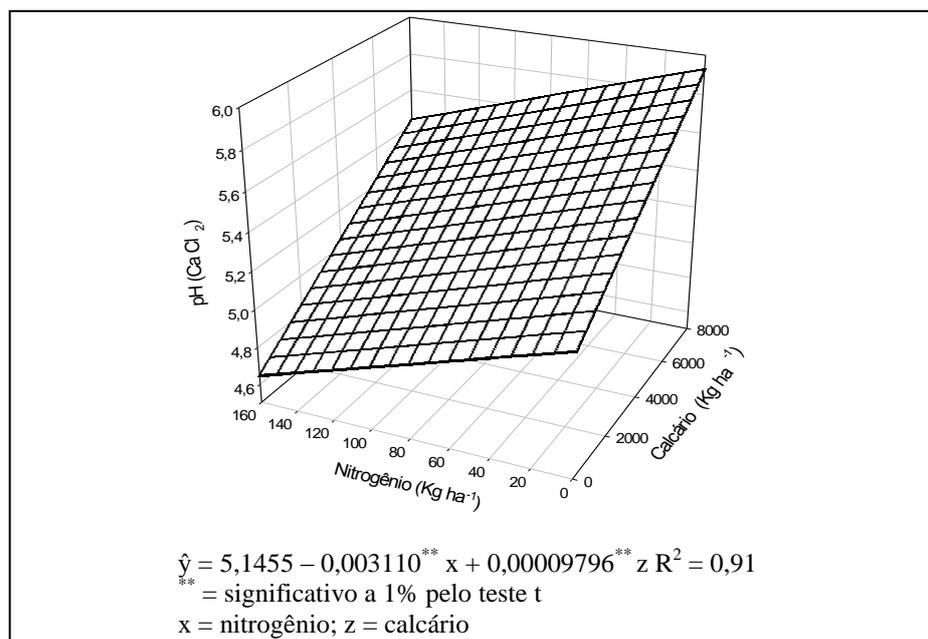


FIGURA 9 - pH (CaCl_2) no solo (2010) em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) e calcário (kg ha^{-1}) em capim-massai – Campo Grande (MS).

De um modo geral, verifica-se que o aumento no acúmulo de massa seca, é consequência de um conjunto de fatores, dentre os quais a calagem tem papel importante, pela elevação do pH e da saturação por bases e pela redução do alumínio tóxico no solo, o que favorece o desenvolvimento das espécies forrageiras.

Assim, na fase de condução, doses mais elevadas e frequentes de nitrogênio, principalmente tendo a ureia como fonte, demandarão ainda maiores doses de calcário, possivelmente em quantidades variando entre 3.500 a 5.000 kg ha^{-1} para manter ou elevar os níveis de saturação por bases acima de 50% e o pH (CaCl_2) próximo a 5,5 e assim proporcionar maiores percentuais de acúmulos de massa seca para o capim-massai.

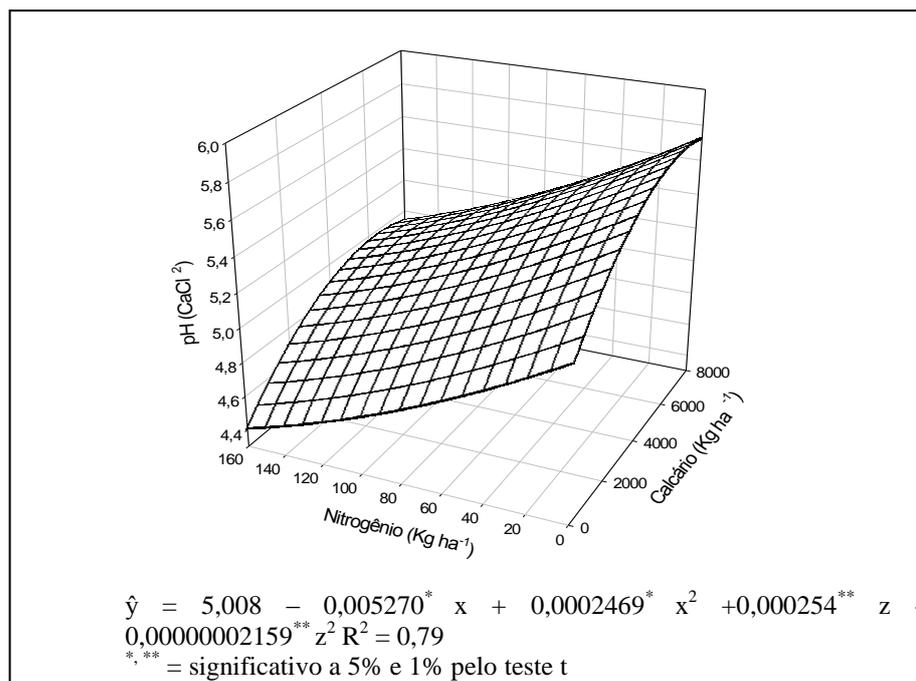


FIGURA 10 - pH (CaCl₂) no solo (2011) em função de doses de nitrogênio (kg ha⁻¹) e calcário (kg ha⁻¹) em capim-massai – Campo Grande (MS).

Os teores de cálcio e magnésio no solo nos dois anos (2009 e 2010) de estudos foram elevados de forma linear ($P < 0,01$) à medida que as doses de calcário aplicadas ao solo foram aumentadas (Figuras 11 e 12). Os teores de cálcio e magnésio observados nestes dois períodos ficaram acima do nível crítico estabelecido por Sousa e Lobato (2004) ($< 1,5 \text{ cmol}_c \text{ dcm}^{-3}$ para o Ca e $< 0,5 \text{ cmol}_c \text{ dcm}^{-3}$ para o Mg), mesmo na ausência de calcário, indicando que os teores de calcário presentes inicialmente no solo, antes da implantação do experimento, já estavam acima do nível crítico.

No último ano de avaliação (2011), as diferentes doses de calcário aplicadas no solo alteraram-se significativamente, porém de forma quadrática, os teores de cálcio e magnésio (Figuras 11 e 13), que se apresentaram inferiores aos demais anos (2009 e 2010), com teores médios de cálcio, $2,65 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $2,56 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $2,17 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, e magnésio, $1,37 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $1,31 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $1,03 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para os anos de 2009, 2010 e 2011, respectivamente.

Os menores teores médios de cálcio e magnésio no solo observados em 2011 possivelmente tenham ocorrido em função de o calcário ter atingido o máximo percentual de reação, somado ao efeito acidificante do nitrogênio (ureia) e da lixiviação, fazendo com que as concentrações destes elementos (Ca e Mg), em 2011,

apresentassem curvas com respostas quadráticas em relação às curvas lineares dos anos 2009 e 2010.

Comportamento semelhante aos efeitos da calagem no solo foi observado por Ferreira e Macedo (2006) trabalhando com diferentes doses de calcário em capim-massai. Estes autores relataram concentrações de cálcio e magnésio variando respectivamente da menor dose (testemunha) à maior dose de calcário (4.000 kg ha^{-1}) de $0,14 - 0,80 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $0,11 - 0,49 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, inferiores aos teores aqui apresentados (Figuras 11 e 12), possivelmente pelas menores doses utilizadas por estes autores e pelo fato de o estudo ter sido conduzido em Neossolo Quartzarênico.

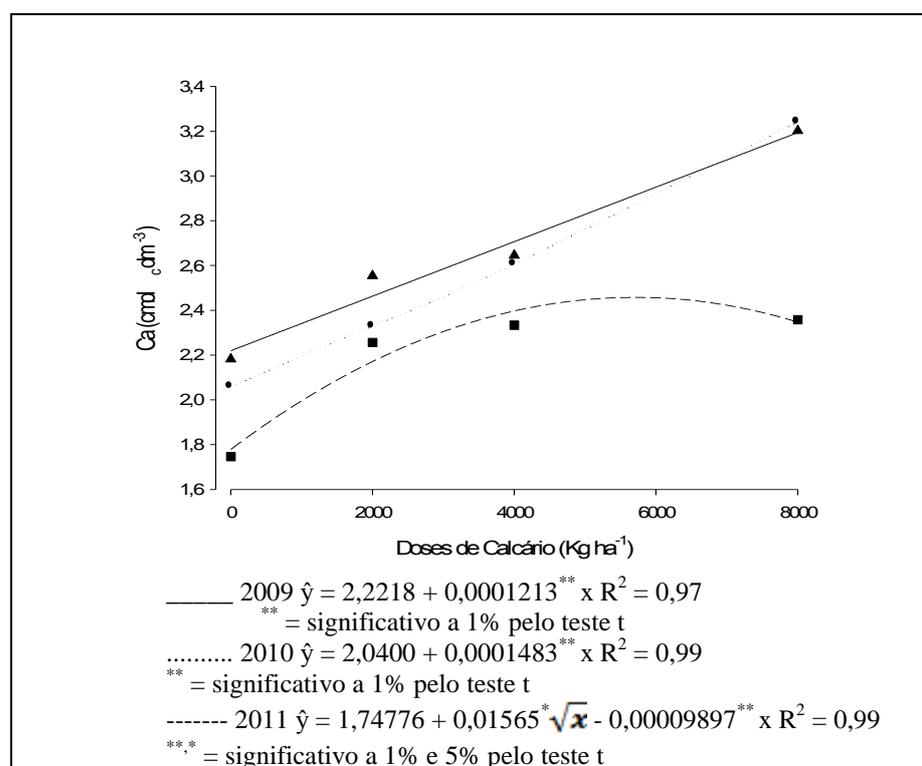


FIGURA 11 - Cálcio ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no solo (2009, 2010 e 2011) em função de doses de calcário (kg ha^{-1}) em capim-massai – Campo Grande (MS).

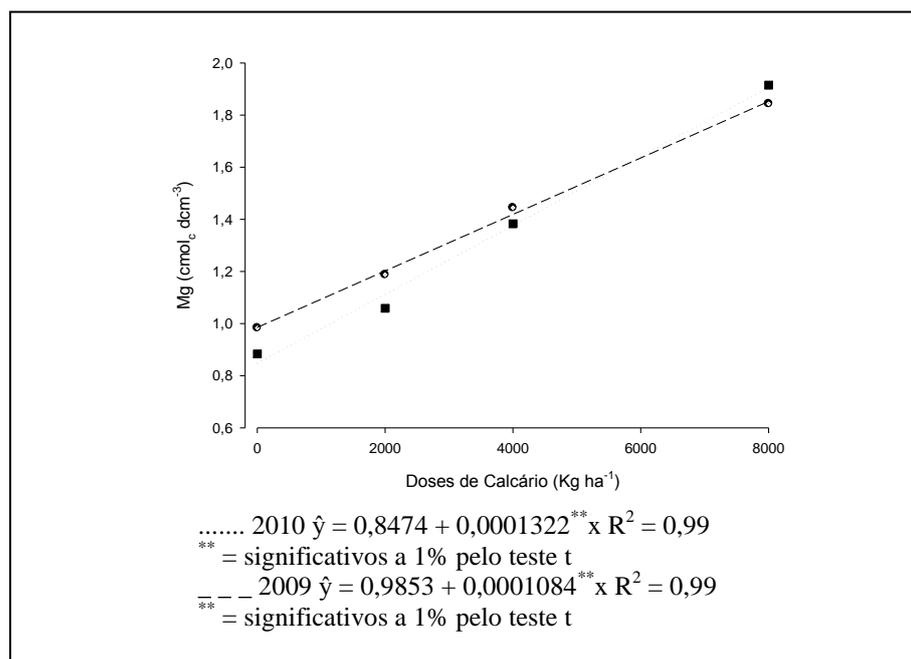


FIGURA 12 – Mg ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo (2009 e 2010) em função de doses de calcário (kg ha^{-1}) em capim-massai – Campo Grande (MS).

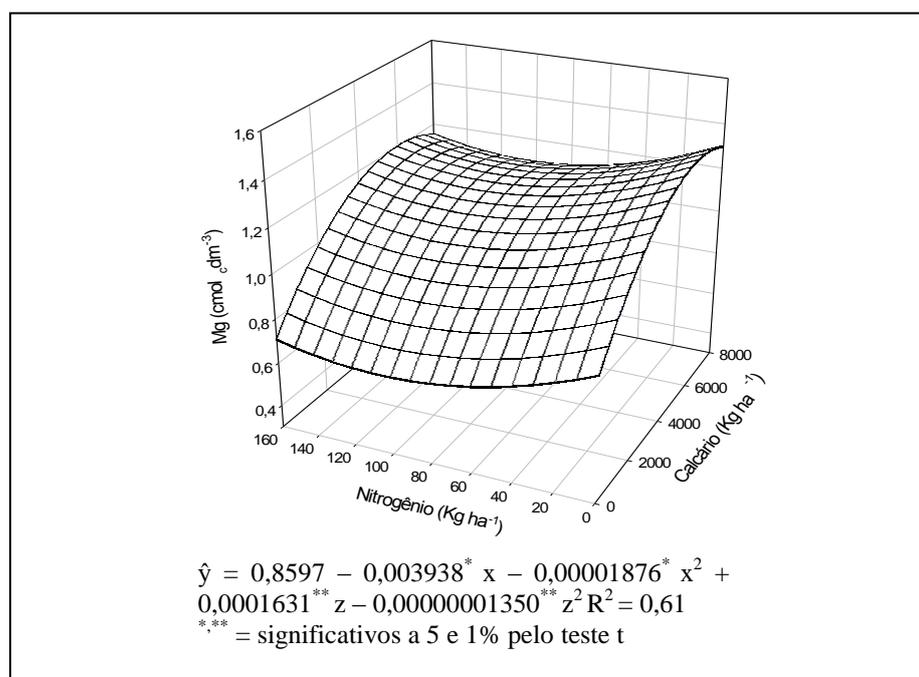


FIGURA 13 – Mg ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo (2011) em função de doses de calcário (kg ha^{-1}) e nitrogênio em capim-massai – Campo Grande (MS).

Embora a saturação de alumínio se elevasse ao longo dos anos 2009, 2010 e 2011 (2,66; 2,66; e 8,79), respectivamente, ela não foi limitante para o acúmulo de MSV. Segundo Sousa e Lobato (2004), somente a saturação de alumínio no solo acima de 40% passa a ser limitante para o desenvolvimento de espécies forrageiras.

Os teores de nitrogênio nas lâminas foliares do capim-massai não foram alterados pelas doses de calcário ($P>0,05$). No entanto, estes teores elevaram-se conforme as doses de nitrogênio foram aumentadas. Os dados obtidos em 2010 ajustaram-se melhor à forma linear ($P<0,01$) para lâminas foliares no período representativo das águas e à quadrática no período representativo da seca ($P<0,01$) (Figura 14).

A menor concentração de nitrogênio observado nas lâminas foliares no período da seca possivelmente tenha ocorrido pela menor transpiração do capim e pelo menor fluxo de massa decorrentes da menor presença de água.

As maiores concentrações de nitrogênio nas lâminas foliares foram estimadas em 26 g kg^{-1} na dose de 160 kg ha^{-1} de nitrogênio e 24 g kg^{-1} na dose de 128 kg ha^{-1} para os períodos das águas e seca, respectivamente.

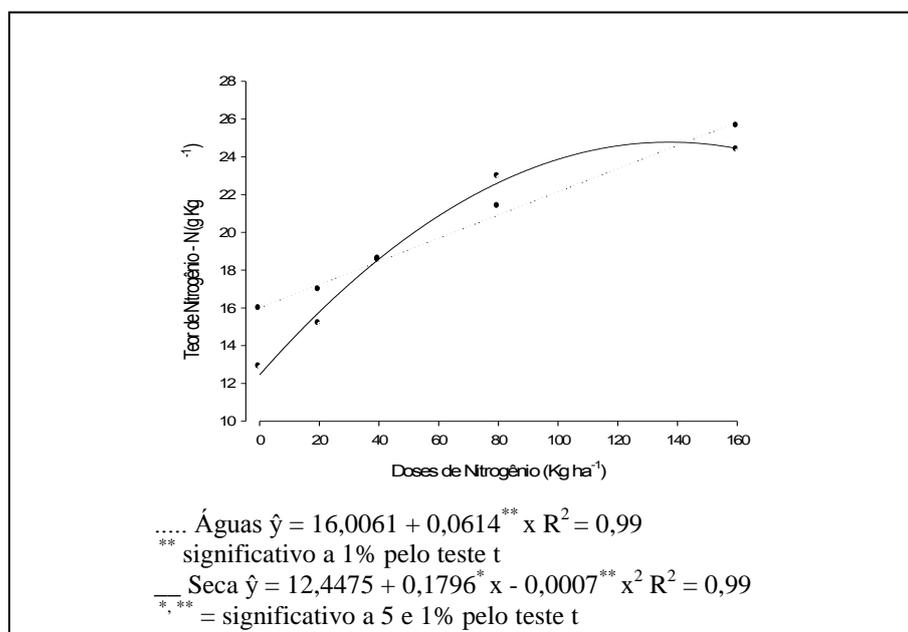


FIGURA 14 - Teores de nitrogênio (g kg^{-1}) em folhas de capim-massai no período das águas e seca (janeiro/2010 – junho/2010) do primeiro ano em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande (MS).

Comportamento semelhante foi verificado em 2011, quando se observou uma elevação nos teores de nitrogênio nas lâminas foliares à medida que as doses de nitrogênio foram elevadas, com melhor representação gráfica para os dados obtidos pela equação linear ($P < 0,01$), em ambos os períodos avaliados (Figura 15).

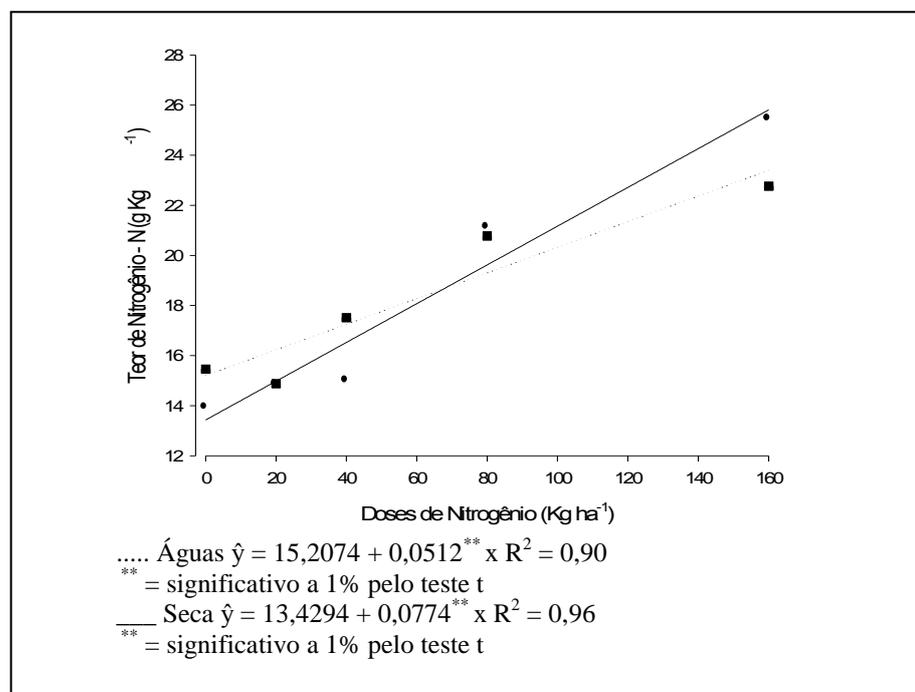


FIGURA 15 - Teores de nitrogênio ($g\ kg^{-1}$) em folhas de capim-massai no período das águas e seca (janeiro/2011– novembro/2011) do segundo ano em função de doses de nitrogênio ($kg\ ha^{-1}$) – Campo Grande (MS).

As maiores concentrações de nitrogênio nas lâminas foliares foram de $23\ g\ kg^{-1}$ e $26\ g\ kg^{-1}$ na dose estimada de $160\ kg\ ha^{-1}$ para ambos os períodos representativos – águas e seca, respectivamente – em 2011.

O maior teor de nitrogênio nas lâminas foliares observado no período representativo da seca em relação às águas possivelmente tenha ocorrido em função de a coleta das amostras terem sido realizadas em novembro de 2011, momento em que as primeiras chuvas pós-estiagem já tinham ocorrido (Figura 1), aumentando a absorção deste elemento.

Na literatura são encontrados estudos que atestam os aumentos nos teores de nitrogênio em lâminas foliares de gramíneas forrageiras à medida que as doses de nitrogênio são elevadas (PRIMAVESI et al., 2005; LAVRES JR. e MONTEIRO, 2006).

Em estudos com *Panicum*, Manarim e Monteiro (2003) e avaliaram o efeito da aplicação de nitrogênio (0; 14; 42; 126; 210; 294; 378 e 462 mg L⁻¹) na concentração deste elemento em lâminas foliares de capim-mombaça em casa de vegetação no período das águas, e constaram que o nível crítico de nitrogênio nas lâminas foliares ocorre entre 16 e 16,5 g kg⁻¹.

Abreu e Monteiro (1999) verificaram nível crítico para capim-tanzânia de 21,4 g kg⁻¹, e Volpe et al. (2008) relataram menores teores de nitrogênio nas lâminas foliares de capim-massai de 20,4 g kg⁻¹.

Ao se comparar o menor nível crítico de nitrogênio verificado em lâminas foliares do capim-mombaça (16 e 16,5 g kg⁻¹) por Manarim e Monteiro (2003), com as estimativas realizadas pelas equações de regressão no presente estudo para o capim-massai, verifica-se que, no primeiro ano de avaliação, apenas o tratamento testemunha apresentou teores de nitrogênio em lâminas foliares do capim-massai próximo ao nível crítico no período representativo das águas (16 g kg⁻¹), não havendo, assim, deficiência de nitrogênio; as demais doses de nitrogênio apresentaram-se acima deste valor para este período. Possivelmente, esta concentração de nitrogênio deva-se à maior mineralização da matéria orgânica do solo na fase de implantação (primeiro ano), ocorrida em virtude das operações mecânicas durante a calagem em condições favoráveis de umidade e temperatura, disponibilizando, assim, maiores quantidades de nitrogênio às plantas, fato este que não ocorreu no período representativo da seca, fazendo com que as menores doses de nitrogênio (0 e 20 kg ha⁻¹) apresentassem teores de nitrogênio abaixo do nível crítico (12,9 e 15,1 g kg⁻¹) para o desenvolvimento do capim.

Em 2011, as doses de nitrogênio de 0, 20 e 40 kg ha⁻¹ apresentaram concentrações de nitrogênio, estimadas nas lâminas foliares do capim-massai, abaixo do nível crítico no período da seca, com 14,0 g kg⁻¹, 15,0 g kg⁻¹ e 15 g kg⁻¹, respectivamente; no período das águas, apenas as doses de nitrogênio (0, 20 kg ha⁻¹) apresentaram concentrações de nitrogênio nas lâminas foliares abaixo do nível crítico, com 15,0 g kg⁻¹ e 15,5 g kg⁻¹, respectivamente.

Verifica-se que além do fator dose de nitrogênio aplicado, possivelmente o fator clima tenha interferido nos teores de nitrogênio nas lâminas foliares, sendo favorecida a absorção em condições favoráveis de temperatura e umidade ocorridas no período das águas, para os dois anos de avaliações (Figuras 14 e 15).

Cabe aqui relatar que os teores de P (1,66 e 1,83 g kg⁻¹) e K (21,08 e 19,95 g kg⁻¹) médios observados, respectivamente, nas lâminas foliares do capim-massai para o período das águas e secas de 2010 e 2011, não foram limitantes para o desenvolvimento do capim, de acordo com Monteiro (2005).

Embora os teores de cálcio e magnésio tenham se elevado no solo pela aplicação do calcário, os teores destes elementos nas lâminas foliares em 2010 e 2011 (águas e seca) e magnésio em 2011 (águas) não foram alterados pelas doses de calcário (P>0,05). O calcário alterou apenas o magnésio em 2011 (P<0,05) no período da seca. Neste período, o magnésio também foi alterado positivamente pelas doses de nitrogênio (Figura 17).

Normalmente, espera-se que doses elevadas de calcário alterem as concentrações de cálcio e magnésio nos tecidos foliares das espécies forrageiras (SOUZA, C. G. et al., 2006; VOLPE et al., 2008), no entanto, este fato não foi observado. Possivelmente, os teores iniciais de cálcio (2,04 cmol_c dm⁻³) e magnésio (0,86 cmol_c dm⁻³) no solo tenham suprido a demanda do capim-massai, mantendo estes teores acima do nível crítico sugerido por Monteiro (2005) de 4,0 g kg⁻¹ para o cálcio e 1,5 a 4,2 g kg⁻¹ para o magnésio. Após a calagem, estes teores elevaram-se ainda mais.

O nitrogênio aplicado elevou os teores de magnésio nas lâminas foliares do capim-massai, no primeiro ano (2010), nos períodos representativos de seca e águas (Figura 16), e em 2011, no período representativo da seca (Figura 17). Os teores de magnésio elevaram-se linearmente à medida que se acrescentou nitrogênio.

Os teores de cálcio responderam positiva e linearmente às doses de nitrogênio aplicadas ao solo (P<0,01) apenas no último ano de avaliações (2011), no período da seca (Figura 18).

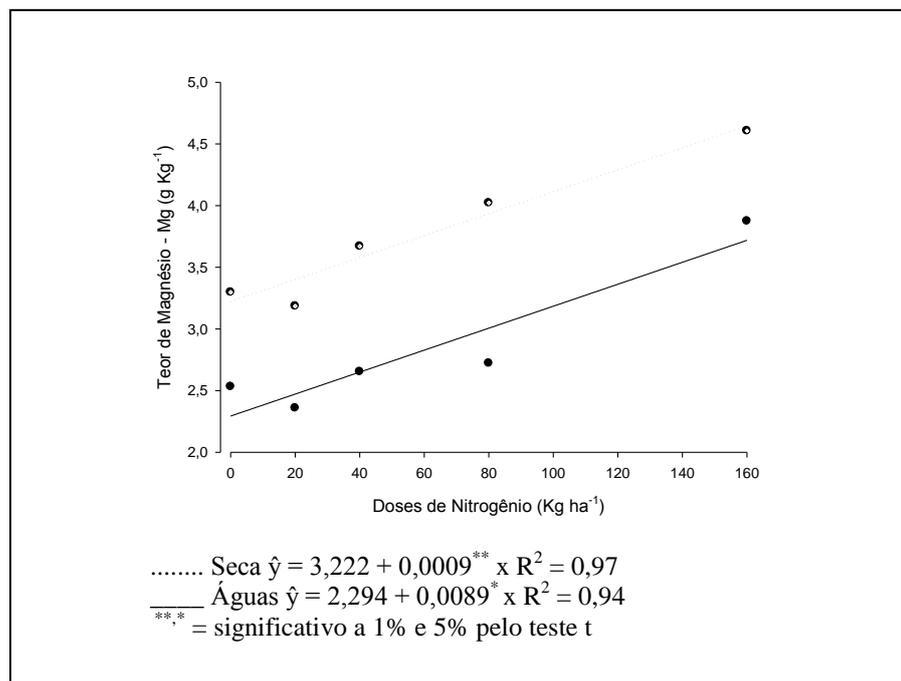


FIGURA 16 - Teores de magnésio (g kg^{-1}) em folhas de capim-massai no período das águas e seca (janeiro/2010 – junho/2010) do primeiro ano em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande (MS).

Estudos indicando a elevação nos teores de nitrogênio, cálcio e magnésio em lâminas foliares de forrageiras decorrentes da adubação nitrogenada foram descritos por Primavesi et al. (2004), Costa et al. (2008), Oliveira et al. (2009) e Prado et al. (2011).

Possivelmente, a maior elevação nos teores de magnésio em relação ao cálcio nas lâminas foliares do capim-massai também possa ser explicada por alguns fatores ocorridos, como o aumento no sistema radicular e o início do período das chuvas, uma vez que os cortes representativos do período da seca (junho/2010 e novembro/2011) ocorreram no final do período das secas, início das chuvas.

Ainda podemos considerar que o fato de o nitrogênio ter aumentado as concentrações de magnésio nas lâminas foliares do capim-massai talvez seja decorrente da elevação da atividade fotossintética e, conseqüentemente, da maior presença de clorofila (Mg) – visto que o magnésio está mais relacionado à clorofila do que o cálcio – e da competição existente entre estes dois elementos.

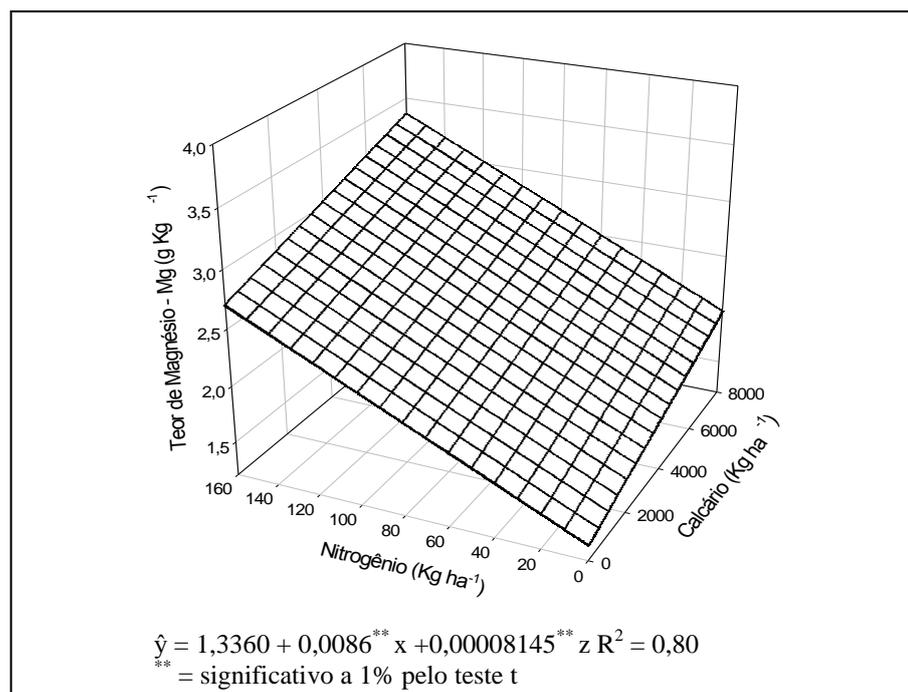


FIGURA 17 - Teores de magnésio (g kg^{-1}) em folhas de capim-massai no período da seca (novembro/2011) do segundo ano em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande (MS).

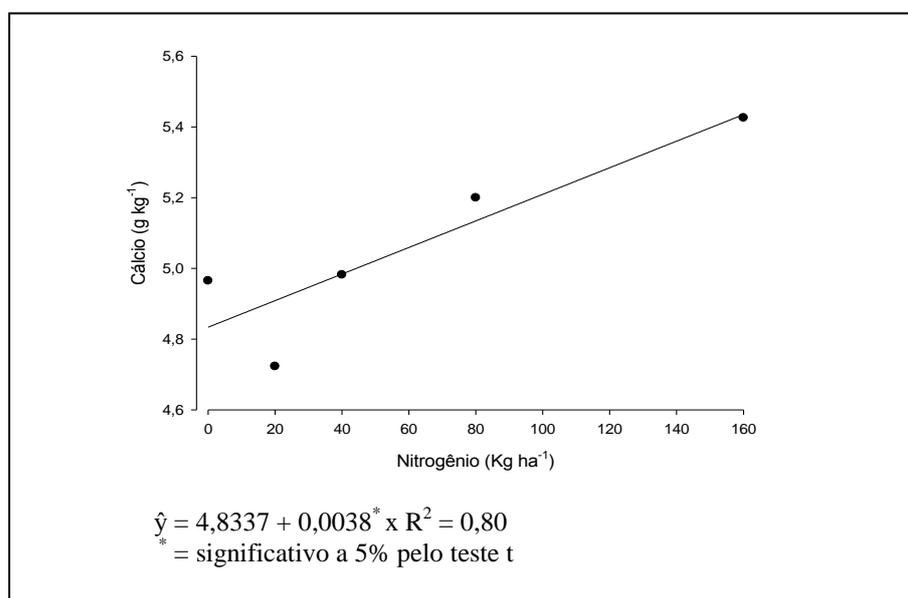


FIGURA 18 - Teores de cálcio (g kg^{-1}) em folhas de capim-massai no período da seca (novembro/2011) do segundo ano em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande (MS).

Alguns autores relataram em seus trabalhos que a elevação de um desses elementos (Ca ou Mg) aumenta a competição entre eles, reduzindo a absorção do que estiver em menor disponibilidade (OLIVEIRA et al., 2000; BATISTA e MONTEIRO, 2010; SILVEIRA e MONTEIRO, 2010), o que pode ter acontecido neste estudo. Segundo Guimarães Júnior et al. (2013) a inter-relação entre cálcio e magnésio na nutrição vegetal está relacionada às suas propriedades químicas próximas, como o raio iônico, valência, grau de hidratação e mobilidade, fazendo com que haja competição pelos sítios de adsorção no solo e na absorção pelas raízes.

De um modo geral, podemos afirmar que as doses de calcário e nitrogênio elevaram o acúmulo de MSV do capim-massai. O calcário elevou o pH, a V% e as concentrações de cálcio e magnésio no solo. No entanto, nas lâminas foliares da forrageira, os teores de cálcio, magnésio e nitrogênio foram mais influenciados pelas doses de nitrogênio do que pelos efeitos da calagem.

CONCLUSÕES

Doses crescentes de nitrogênio e calcário elevam significativamente o acúmulo de MSV do capim-massai em solos do cerrado de MS.

A demanda por calcário foi elevada em 2.000 kg ha⁻¹ do primeiro ano (2010) para o segundo (2011), passando de 3.800 kg ha⁻¹ para 5.800 kg ha⁻¹, enquanto as doses de nitrogênio foram pouco alteradas para obter o máximo acúmulo de MSV estimado (15.300 kg ha⁻¹ ano⁻¹), com doses médias de 580 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio.

A máxima eficiência agronômica para acúmulo de MSV ocorreu na dose próxima a 580 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de nitrogênio, enquanto a dose econômica deu-se nas menores doses de nitrogênio (100 e 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹).

Enquanto o calcário aplicado ao solo eleva o pH, a saturação por bases e a concentração de cálcio e magnésio, o nitrogênio tem efeito contrário para pH e saturação por bases.

Os teores de nitrogênio, cálcio e magnésio em lâminas foliares do capim-massai foram mais influenciados pelas doses de nitrogênio do que pelas doses de calcário aplicadas ao solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, J. B. R.; MONTEIRO, F. A. Produção e nutrição do capim-marandu em função da adubação nitrogenada e estádios de crescimento. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 56, n. 2, p. 137-146, 1999.

BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Variações nos teores de potássio, cálcio e magnésio em capim-marandu adubado com doses de nitrogênio e de enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 151-161, 2010.

BETINI, E. M.; SENGIK, E.; CECATO, U.; SCAPIM, C. A.; SAMBATTI, J. A. Identificação de deficiências minerais por meio da diagnose por subtração em solo do noroeste do Paraná cultivado com capim-mombaça. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 22, n. 4, p. 1083-1087, 2000.

CANTO, M. W.; HOESCHL, A. R.; FILHO, A. B.; MORAES, A.; GASPARINO, E. Características do pasto e eficiência agrônômica de nitrogênio em capim-tanzânia sob pastejo contínuo, adubado com doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 4, p. 682-688, 2013.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P.; RODRIGUES, C.; SEVERINO, E. C. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu. Alterações nas características químicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1591-1599, 2008.

CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; LUCHETTA, S. Efeito da calagem sobre a produção de matéria seca de três gramíneas forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8, p. 1303-1312, 1994.

CUNHA, O. F. R.; SANTOS, A. C.; ARAÚJO, L. C.; FERREIRA, E. M. Produtividade do *Panicum maximum* (mombaça) em função de diferentes níveis de nitrogênio. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia - FZVA**, Uruguaiana, v. 17, n. 1, p. 136-145, 2010.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. (Documento, 1).

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA. **Capim Massai (*Panicum maximum* cv Massai)**: alternativa para diversificação de pastagens. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. (Comunicado Técnico, 69).

FERREIRA, R. B.; MACEDO, M. C. M. Avaliação da produção do capim-massai sob doses crescentes de calcário em solo arenoso. **Ensaio e Ciência**, Valinhos, v. 10, n. 1, p. 21-32, 2006.

GUIMARÃES JÚNIOR, M. P. A.; SANTOS, A. C.; ARAÚJO, A. S.; OLIVEIRA, L. B. T.; RODRIGUES, M. O. D.; MARTINS, A. D. Relação Ca:Mg do corretivo da

acidez do solo e as características agronômicas de plantas forrageiras. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 14, n. 3, p. 460-471, 2013.

HERLING, V. R.; SOBRINHO, E. O. M.; LUZ, P. H. C.; SUDA, C. H.; BRAGA, G. J.; LIMA, C. G. Efeitos de tipos e doses de calcário na produção e valor nutritivo da matéria seca do capim-tobiatã (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tobiatã). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1243-1248, 2001.

KICHEL, A. G.; MIRANDA, C. H. B.; LEMPP, B. Acúmulo de matéria seca e nitrogênio e perfilhamento de *Panicum maximum* cv. Massai em função de doses crescentes de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Disponível em: <<http://www.sbz.org.br/reuniaoanual/anais/>>. Acesso em: 17 de out. 2012.

KOPPEN, W. **Climatologia**. México: Fondo Cultura Económica, 1948.

LAVRES JR., J.; FERRAGINE, M. D. C.; GERDES, L.; RAPOSO, R. W. C.; COSTA, M. N. X.; MONTEIRO, F. A. Yield components and morphogenesis of aruana grass in response to nitrogen supply. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 6, p. 632-639, 2004.

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

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

LUZ, P. H. C.; HERLING, V. R.; BRAGA, G. J.; VITTI, G. C.; LIMA, C. G. Efeitos de tipos, doses e incorporação de calcário sobre características agronômicas e fisiologias do capim-tobiatã (*Panicum maximum* Jacq.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 964-970, 2000.

LUZ, P. H. C.; HERLING, V. R.; BRAGA, G. J.; VITTI, G. C.; LIMA, C. G. Tipos e doses de calcário nas características agronômicas de *Panicum maximum* Jacq. cv. tobiatã em função dos métodos de aplicação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 155-159, 2002.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 133-146, 2009.

MAGALHÃES, M. A.; MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; OLIVEIRA, I. M.; FREITAS, F. P.; GUIMARÃES, D. J.; OLIVEIRA, F. R. A.; JUNIOR, J. I. R. Influência da irrigação, da densidade de plantio e da adubação nitrogenada nas características morfogênicas, estruturais e de produção do capim-tanzânia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 11, p. 2308-2317, 2011.

MANARIM, C. A.; MONTEIRO, F. A. Nitrogênio na produção e diagnose foliar do capim-mombaça. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 59, p. 115-123, 2003.

MARSCHENER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995.

MARTEN, G. C.; SHENK, J. S.; BARTON II, F. E. **Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS), analysis quality**. Washington: USDA, 1985. (Agriculture Handbook, 643).

MATINS, C. E.; MIGUEL, P. S. B.; ROCHA, W. S. D.; SOBRINHO, F. S.; GOMES, F. T.; OLIVEIRA, A. V. Seleção de genótipos de *Brachiaria ruziziensis* quanto à tolerância ao alumínio em solução nutritiva: I: Resposta a diferentes concentrações de alumínio e valores de pH em solução nutritiva. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 34, n. 1, p. 154-162, 2011.

MONTEIRO, F. A. Amostragem de solo e de planta para fins de análises químicas: método de interpretação de resultados. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS: TEORIA E PRÁTICA DA PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTAGENS, 22., 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2005. p. 151-180.

NASCIMENTO, J. L.; ALMEIDA, R. A.; SILVA, R. S. M.; MAGUALHÃES, L. A. F. Níveis de calagem e fontes de fósforo na produção do capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 32, n. 1, p. 7-11, 2002.

OLIVEIRA, P. P. A.; BOARETTO, A. E.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S.; CORSI, M. Liming and fertilization to restore degraded *Brachiaria decumbens* pastures grown on an entisol. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 1, p. 125-131, 2003.

OLIVEIRA, P. S. R.; CASTAGNARA, D. D.; JUNIOR, A. C. G.; MESQUITA, E. E.; NERES, M. A. Teores de macrominerais em *Panicum maximum* cvs. Massai e Mombaça. **Synergismus Scyentífica**, Pato Branco, v. 4, n. 1, 2009.

OLIVEIRA, I. P.; CASTRO, F. G. F.; CUSTÓDIO, D. P.; MOREIRA, F. P.; PAIXÃO, V. V.; SANTOS, R. S. M.; FARIA, C. D. Avaliação da calagem sobre os parâmetros quantitativos, qualitativos e nutricionais da forrageira Tanzânia-1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 30, n. 1, p. 71-75, 2000.

PRADO, R. M.; BARION, R. D. Efeitos da calagem na nutrição e produção de massa seca do capim-tifton 85. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 218-224, 2009.

PRADO, R. M.; HOJO, R. H.; AVALHÃES, C. C.; VALLE, D. W.; PIMENTEL, U. V. Desempenho do capim-tanzânia cultivado em solução nutritiva com a omissão de macronutrientes. **Scientia Agraria Paranaensis**, Cascavel, v. 10, n. 1, p 58-68, 2011.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; CORRÊA, L. A.; ARMELIN, M. J.; FREITAS, A. R. **Calagem em pastagem de *Brachiaria decumbens* recuperada com adubação nitrogenada em cobertura.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. (Circular Técnica n. 37).

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. G. Absorção de cátions e ânions pelo capim-coastcross adubado com uréia e nitrato de amônio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 3, p. 247-253, 2005.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no Saeg.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas.** Piracicaba: Esalq, 1974.

SILVA, C. A.; VALE, F. R. Disponibilidade de nitrato em solos brasileiros sob efeito da calagem e de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2461-2471, 2000.

SILVEIRA, C. P.; MONTEIRO, F. A. Macronutrientes em folhas diagnósticas do capim-tanzânia adubado com nitrogênio e cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 736-745, 2010.

SOUSA, D. M.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.

SOUZA, C. G.; LIRA, M. A.; MELLO, A. C. L.; FERREIRA, R. L. C. Medidas produtivas de cultivares de *Panicum maximum* JACQ. submetidos a adubação nitrogenada. **Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 4, p. 339-344, 2006.

SOUZA, R. M.; PINTO, J. C.; EVANGELISTA, A. R.; NETO, A. E. F.; MORAI, A. R.; FILHO, C. C. C. C. Formas de aplicação de calcário nas características agrônômicas do capim-tanzânia. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 746-751, 2006.

VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 4, p. 460-472, 2009.

VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G.; MACEDO, M. C. M. Calagem e adubação para pastagem. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação.** 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 367-382.

VOLPE, E.; MARCHETTI, M. E.; MACEDO, M. C. M.; LEMPP, B. Acúmulo de forragem e características do solo e da planta no estabelecimento de capim-massai com diferentes níveis de saturação por bases, fósforo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 2, p. 228-237, 2008.

CAPÍTULO 2

CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DO CAPIM MASSAI (*Panicum maximum*) SUBMETIDO A DIFERENTES DOSES DE CALCÁRIO E NITROGÊNIO, NA REGIÃO DO CERRADO

RESUMO

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisa e Capacitação da Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural (Cepaer/Agraer), em Campo Grande (MS) entre os anos de 2009 e 2011. O capim-massai foi implantado em solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico da classe textural areno-argilosa. O objetivo deste trabalho foi estudar o valor nutritivo, digestibilidade, degradabilidade e características anatômicas de lâminas foliares do capim-massai submetido a diferentes doses de calcário e nitrogênio. Foram avaliadas quatro doses de calcário dolomítico com PRNT 100% (0, 2.000, 4.000 e 8.000 kg ha⁻¹) e cinco doses de nitrogênio (0, 20, 40, 80 e 160 kg ha⁻¹). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em arranjo fatorial, com medidas repetidas no tempo. Utilizaram-se quatro repetições com as parcelas medindo 5 m x 5 m. Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância e regressão. As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Para as análises de regressão, ajustaram-se as respostas em função das médias, adotando-se apenas os coeficientes significativos pelo teste t (P<0,10). As coletas de lâminas foliares para determinação do valor nutritivo e de digestibilidade foram realizadas nos períodos representativos (águas e seca) nos anos de 2009/2010 e 2010/2011. As lâminas foliares utilizadas para a determinação da degradabilidade *in situ* foram coletadas no período das águas de 2010/2011, enquanto que, para a determinação dos parâmetros anatômicos, as coletas foram realizadas nos períodos representativos (águas e secas) de 2010 e 2011. O nitrogênio elevou os teores de proteína bruta e da digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, reduzindo a fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina nas lâminas foliares do capim-massai. Apenas no primeiro ano, no período das águas, observou-se efeito do calcário na digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica. O nitrogênio ainda aumentou a velocidade da degradabilidade *in situ*, largura, comprimento e área total das folhas do capim-massai, enquanto a epiderme adaxial foi reduzida à medida em que foram aumentadas as doses deste elemento. O capim-massai responde positivamente a doses de nitrogênio, sendo recomendado em sistemas intensivos por proporcionar aumentos qualitativos nos parâmetros avaliados.

Palavras-chave: anatomia, degradabilidade, valor nutricional

ABSTRACT

This research was carried out at the Centro de Pesquisa e Capacitação da Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural (Cepaer/Agraer), in Campo Grande, MS, from September 2009 to November 2011. Massai grass was implanted in a soil classified as sandy-clayey dystrophic red latosol. The aim of this study was to investigate the nutritional value, digestibility, degradability, and anatomical characteristics of Massai Grass leaf blades subjected to different doses of lime and nitrogen. Four doses of limestone with PRNT 100% (0, 2000, 4000 and 8000 kg ha⁻¹), and five doses of nitrogen (0, 20, 40, 80 and 160 kg ha⁻¹) were assessed. The study made use of a randomized block factorial design with repeated measures in time. There were four replications in 5m x 5m plots. Data were submitted to analysis of variance and regression. For the regression analysis, the answers were adjusted according to the means, adopting only the significant coefficients by "t" test (P<0.10). Leaf blades were collected at representative periods (wet and dry) in years 2009/2010 and 2010/2011 to determine their nutritional values and digestibility. Leaf blades used to determine *in situ* degradability were collected during the wet period of 2010/2011, whereas those used to determine anatomical parameters were collected in the representative periods (wet and dry) of 2010/2011. Nitrogen increased the levels of crude protein and *in vitro* digestibility of organic matter, reducing the fiber in neutral detergent, in acid detergent fiber and lignin in Massai Grass leaf blades. The effect of limestone in *in vitro* digestibility of organic matter was observed only on the first year, during the wet period. Nitrogen increased N, Mg and Ca (g kg⁻¹) contents in Massai grass leaf blades, while the adaxial epidermis was reduced as soon as the dose of this element increased. Massai Grass responds positively to different doses of nitrogen, its use being recommended in intensive systems, which may quantitatively improve the parameters herein assessed.

Keywords: anatomy, degradability, nutritional value.

INTRODUÇÃO

O capim-massai, híbrido espontâneo de *Panicum maximum* x *Panicum infestum*, lançado em 2001 pela Empresa Brasileira de Agropecuária (Embrapa), apesar de suportar uma elevada carga animal (EUCLIDES et al., 2008), possui um elevado acúmulo de produção de folhas com alta relação folha/colmo (BRÂNCIO et al., 2003), e apresentar maior tolerância às limitações de fertilidade do solo, resistência à cigarrinha das pastagens e maior resistência à seca, possui menor valor alimentício, que é mais próximo daquele observado em *Urochloa brizantha* (EMBRAPA, 2001).

O valor nutritivo em plantas forrageiras pode ser influenciado, dentre outros fatores, pela morfologia (REGO et al., 2003; CANO et al., 2004), anatomia (BATISTOTI et al., 2012) e, ainda, segundo Gerdes et al. (2000), Mott (1970) e Wilson et al. (1991), pela composição química da forragem e sua digestibilidade. Desta forma, o valor nutritivo das plantas forrageiras normalmente tem sido avaliado por meio da composição química da forragem e de sua digestibilidade (CANO et al., 2004).

Dentre os nutrientes necessários ao bom crescimento das forragens, o nitrogênio é um dos que mais influenciam o valor nutricional das gramíneas forrageiras (VAN SOEST, 1994). Os efeitos positivos da adubação nitrogenada, com elevação no valor nutricional de forragens, foram estudados em capim-tanzânia por Patês et al. (2008) e Souza et al. (2006) em capim-massai, capim-atlas e capim-tobiatã. Os resultados obtidos demonstraram elevação do teor de proteína bruta e redução da fibra em detergente neutro.

A adubação também interfere na taxa de degradabilidade das forrageiras (AGUIAR et al., 1999), em especial o nitrogênio. A quantidade de nitrogênio disponível no rúmen pode limitar a taxa de degradabilidade das forragens e sua ingestão (LENG, 1990). Outros fatores podem influenciar a degradabilidade, como a proporção de tecido da planta forrageira (AKIN e AMOS, 1975) e sua constituição (GRABBER, 2005; KRAUSE et al., 2003).

Embora o nitrogênio seja eficiente para o crescimento das plantas forrageiras, pouco se conhece sobre sua participação nas características anatômicas (estruturas celulares) e na degradabilidade do capim-massai.

Assim, espera-se que a combinação entre diferentes doses de calcário e nitrogênio elevem a degradabilidade e o valor nutricional do capim-massai pelo aumento nos percentuais de estruturas celulares com maior digestibilidade, como as do mesófilo e do floema (PACIULLO, 2002), desde que não ocorra maior espessamento da parede celular (LEMPP, 2007).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido no Centro de Pesquisa e Capacitação da Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural (Cepaer/Agraer), em Campo Grande (MS), de julho de 2009 a novembro de 2011.

O clima, a precipitação, a descrição do solo, sua análise química e textural, o processo de preparo do solo, plantio, aplicação dos tratamentos e manejo das parcelas experimentais foram descritos no Capítulo 1.

Foram utilizadas aproximadamente 100 lâminas foliares para as estimativas da composição química e da digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (Divmo). A coleta ocorreu um dia antes de efetuarem-se os cortes de avaliação da forragem em dois períodos distintos (águas e seca) de 2010 (janeiro e junho) e de 2011 (janeiro e novembro). Após a pré-secagem a 55 °C, até peso constante, as lâminas foram moídas e encaminhadas para análise no laboratório do Centro de Pesquisa de Gado de Corte da Embrapa (CNPGC). Para as estimativas dos teores de proteína bruta (PB), Divmo, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG – P) utilizou-se o sistema de espectroscopia de refletância no infravermelho proximal (NIRS), de acordo com os procedimentos de Marten et al. (1985). Os dados de refletância das amostras, na faixa de comprimento de onda de 1.100 a 2.500 mm foram armazenados em espectrômetro (modelo NR5000: NIRS Systems, Inc., USA) acoplado a um microcomputador. Os valores para as variáveis analisadas foram obtidos por equações de calibração, para cada variável, desenvolvidas a partir de análises de aproximadamente 20% do capim por métodos via úmida, conforme descrito por Euclides e Medeiros (2003).

Para avaliações anatômicas, foram coletadas um dia antes dos respectivos cortes da forragem, em janeiro de 2011 (águas) e novembro de 2011 (seca), aproximadamente 10 lâminas foliares (LF) por parcela em cada período, aleatoriamente, correspondentes à penúltima lâmina completamente expandida. Em

cinco LF de cada parcela foram verificados o comprimento, a largura e a área foliar. O comprimento e a largura foram obtidos pela utilização de uma régua e a área foliar com o auxílio do medidor de área Licor 3100.

Nas outras cinco LF foram amostrados fragmentos de aproximadamente 1,0 cm e acondicionados em solução formalina-aceto-álcool. O processamento das amostras para a anatomia quantitativa constituiu-se da série alcoólica progressiva (DANKIN e HUSSEY, 1985), inclusão em Paraplast, seccionados transversalmente a 10 μm , desparafinizados, efetuando-se a coloração quádrupla triarca dos tecidos (Hagquist, 1974) e a montagem de lâminas permanentes. A medida da área dos tecidos foi realizada com auxílio do microscópio óptico comum e *software* de análise de imagens modelo Axion Vision, versão 3,1. Na secção transversal das lâminas, foram medidas as áreas das epidermes adaxial (EPlada) e abaxial (EPlaba) da bainha parenquimática dos feixes vasculares (BPF), do esclerênquima (ESC), do tecido vascular (TV) e a área total (AT). O mesófilo (MES) foi calculado pela diferença entre a área total da secção transversal e as áreas dos demais tecidos.

Em janeiro de 2011, amostrou-se aproximadamente 0,5 kg de lâminas foliares de cada parcela que foram acondicionadas em *freezer* para posterior avaliação da degradabilidade *in situ*. Em fevereiro de 2012, as lâminas foliares foram pré-secas em estufa a 55 °C até peso constante e, posteriormente, moídas em peneira a 2,0 mm. O ensaio de degradabilidade foi realizado em março de 2012 na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Campo Grande (MS).

Para a estimativa da degradabilidade ruminal *in situ* das lâminas, foi utilizada a técnica do saco de náilon, segundo Mehrez et al. (1977), obedecendo às recomendações propostas por Nocek (1988). Os sacos foram confeccionados em náilon, com dimensões internas de 13,0 cm x 8,0 cm, e porosidade média de 60 μm . Utilizaram-se 4,0 g de amostras moídas por saco de náilon, compondo uma amostra com 104 cm² de área útil por saco.

As avaliações da degradabilidade da massa seca foram realizadas nos tempos 0, 12, 24, 48 e 72 horas. Para os tempos 0, 12 e 24 horas foram confeccionados três sacos, sendo um por tempo; para 48 horas foram dois sacos e, para 72 horas, três sacos. Após serem amarrados com borrachas a um anel de ferro, os sacos de náilon foram fixados a uma corrente com a utilização de lacres de plástico, juntamente com um peso, e depositados na porção ventral do rúmen de cada

animal; estes sacos permaneceram presos à tampa da cânula por meio de um fio de náilon.

Utilizaram-se quatro novilhos da raça Holandesa fistulados no rúmen, com peso aproximado de 550 kg, que permaneceram em um piquete onde foi fornecido diariamente silagem de milho e suplementados com ração concentrada. Os animais foram conduzidos ao mangueiro para a introdução e retirada dos saquinhos, nos tempos previstos (12, 24, 48 e 72 horas), retornando ao piquete em seguida.

Transcorridos os tempos de incubação, os saquinhos foram retirados e colocados em balde com água e gelo por 30 minutos, lavados em máquina tipo tanquinho juntamente com os referentes ao tempo zero, com água corrente, até que esta ficasse limpa. Em seguida foram levados para estufa de ventilação forçada a 55 °C até atingirem peso constante, para posterior pesagem e tabulação dos dados obtidos.

O peso da forragem para a estimativa da fração solúvel foi obtido pela diferença inicial do peso do saquinho mais a forragem moída (4,0 g) (pré-pesagem), subtraído do peso da forragem dos saquinhos emergidos no tanquinho, lavados e posteriormente secos em estufa até peso constante (tempo 0).

O peso da forragem para a estimativa da fração degradada nos demais tempos avaliados foi obtido pela diferença inicial do peso do saquinho mais a forragem moída (4,0 g) (pré-pesagem), nos tempos pré-definidos (12, 24, 48 e 72 horas), subtraído do peso da forragem dos saquinhos que foram incubados nos animais e, posteriormente, lavados no tanquinho e secos em estufa até peso constante.

O estudo da degradabilidade *in situ* em cada dose de calcário e de nitrogênio ajustou-se a um modelo logístico do tipo: $D = S + A * (1 - e^{(-k*T)})$, onde:

D = porcentagem degradada (%);

“e” = base do logaritmo natural;

T = o tempo de degradação (h);

S = parâmetro da equação que quantifica a fração solúvel (%);

A = parâmetro da equação que quantifica a fração insolúvel degradável (%) e

K = parâmetro da equação que indica a velocidade relativa de degradação.

A degradabilidade máxima potencial foi estimada somando-se os valores de S e de A para cada tratamento. As equações de degradação foram ajustadas utilizando-se o programa estatístico PROC NLIN do SAS v. 9.2 (SAS Institute Inc.).

As características estimadas e a degradabilidade máxima potencial para cada dose de adubação foram então comparadas considerando-se um delineamento de blocos inteiramente casualizado, em arranjo fatorial, com quatro níveis de calcário x cinco níveis de nitrogênio. Como a interação entre os tratamentos não foi significativa para nenhum parâmetro, ela foi retirada da análise, bem como os efeitos quadráticos de nível de calcário e de nitrogênio. Utilizou-se o programa estatístico PROC GLM do SAS v. 9.2 (SAS Institute Inc.) para a comparação dos parâmetros e da degradabilidade máxima potencial.

Para as médias das características químicas da forragem, Divmo, morfológicas e percentual de tecidos foram realizadas análises de variância e regressão utilizando-se o programa estatístico Saeg (Ribeiro Júnior, 2001).

Para as análises de regressão ajustaram-se as respostas em função das médias, adotando-se apenas os coeficientes significativos pelo teste t ($P < 0,10$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa entre as doses de calcário e nitrogênio nos anos de 2010 e 2011 para nenhuma das características avaliadas. Os graus de significância, as fontes de variação para as características da PB, Divmo, FDN, FDA e lignina nos anos 2010 e 2011 em ambos os períodos representativos (seca – águas) estão representados no Quadro 3.

QUADRO 3 - Significância das fontes de variação em algumas características de *Panicum maximum* cv. Massai submetido a cinco doses de nitrogênio e quatro doses de calcário em 2010 e 2011 (seca; águas)

Características	Fontes de variação e período							
	Nitrogênio				Calcário			
	2010		2011		2010		2011	
	Seca	Águas	Seca	Águas	Seca	Águas	Seca	Águas
PB	**	**	**	**	NS	NS	NS	NS

Divmo	**	**	**	**	NS	**	NS	NS
FDN	**	**	**	**	NS	NS	NS	NS
FDA	**	**	**	**	NS	NS	NS	NS
LIG (P)	**	**	**	**	NS	NS	NS	NS

** , altamente significativo ($P < 0,01$); NS, não significativo ($P > 0,05$)

Os teores de PB nas lâminas foliares não foram alterados ($P > 0,05$) em função das diferentes doses de calcário utilizadas no período representativo das águas e seca nos anos 2010 e 2011. No entanto, os teores de PB foram elevados ($P < 0,01$) à medida que foram aumentadas as doses de nitrogênio em ambos os períodos avaliados (seca e águas), nos dois anos, respectivamente (Figuras 19 e 20).

No período da seca de 2010, o nitrogênio elevou ($P < 0,01$) os teores estimados de PB, com percentuais de 14,7% na dose de 128,7 kg ha⁻¹ de nitrogênio, sendo mais bem representados pela equação quadrática (Figura 19), enquanto, no período das águas, os maiores teores de PB foram de 16,1% na dose de 160 kg ha⁻¹ de nitrogênio, representados pela equação linear (Figura 19).

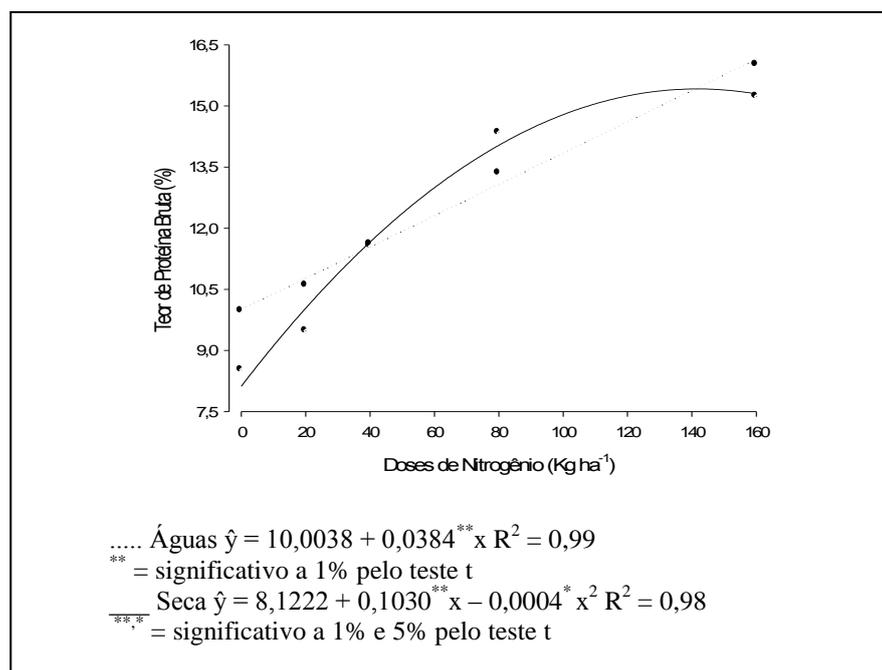


FIGURA 19 - Teores de Proteína Bruta (%) nas folhas de capim-massai no período das águas e seca (janeiro/2010 e junho/2010) em função de doses de nitrogênio (kg ha⁻¹) – Campo Grande (MS).

No segundo ano de avaliações (2011), no período da seca, os maiores teores de PB foram estimados em 16,2% na maior dose de nitrogênio aplicada (160 kg ha⁻¹), sendo mais bem representados pela equação linear, enquanto no período das águas, os máximos teores de PB foram estimados em 14,8% na dose estimada de 166,5 kg ha⁻¹ de nitrogênio, sendo mais bem representados pela equação quadrática (Figura 20).

A elevação nos teores de PB observados nas lâminas foliares do capim-massai deve-se ao efeito direto no aumento das doses de nitrogênio, e não ao efeito da calagem. A saturação por bases inicial do solo, de 35,8%, parece ter sido suficiente para que ocorresse a nitrificação e a elevação da disponibilidade de nitrogênio no solo para o capim-massai, fazendo com que os teores de PB não fossem alterados pelas doses de calcário aplicadas, apenas pelas doses de nitrogênio.

O valor nutricional das forrageiras está relacionado com sua composição química, especialmente com os teores de PB e FDN, responsáveis pela digestibilidade da biomassa (MOTT, 1970) que, por sua vez, normalmente, são influenciados pelas doses de nitrogênio.

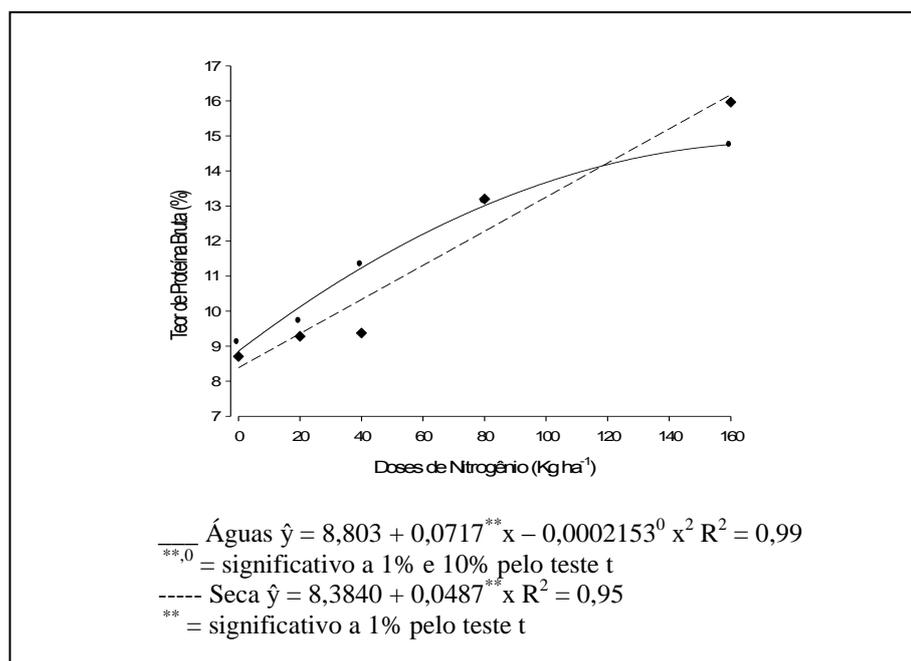


FIGURA 20 - Teores de Proteína Bruta (%) nas folhas de capim-massai no período das águas e seca (janeiro/2011 e novembro/2011), em função de doses de nitrogênio (kg ha⁻¹) – Campo Grande (MS).

Brâncio et al. (2002) e Souza et al. (2010) relataram, em seus estudos, que a adubação nitrogenada influencia positivamente o valor nutritivo da forragem. Os componentes nitrogenados são acumulados no conteúdo celular e têm o efeito de diluição dos componentes da parede celular, aumentando o teor de proteína e a digestibilidade (VAN SOEST, 1994).

Embora o capim-massai apresente menor valor nutritivo, mais próximo daqueles observados em *U. decumbens* e *U. brizantha* (EMBRAPA, 2001), foi possível observar neste estudo que os teores de PB elevaram-se nos dois anos de avaliação (2010 e 2011), em ambos os períodos (seca e águas), em função das doses de nitrogênio, melhorando, assim, o valor nutritivo na fase de condução do capim-massai. Resultados obtidos com estudos que comprovam o efeito positivo do nitrogênio na elevação dos teores de PB em lâminas foliares de capim-massai são encontrados na literatura (BRÂNCIO et al., 2002; VOLPE et al., 2008; EUCLIDES et al., 2008).

O maior efeito observado do nitrogênio ($P < 0,01$) sobre a Divmo, em lâminas foliares do capim-massai, para o período da seca de 2010, foi estimado em 74,2% na dose de $121,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio, sendo mais bem representado pela equação quadrática (Figura 21).

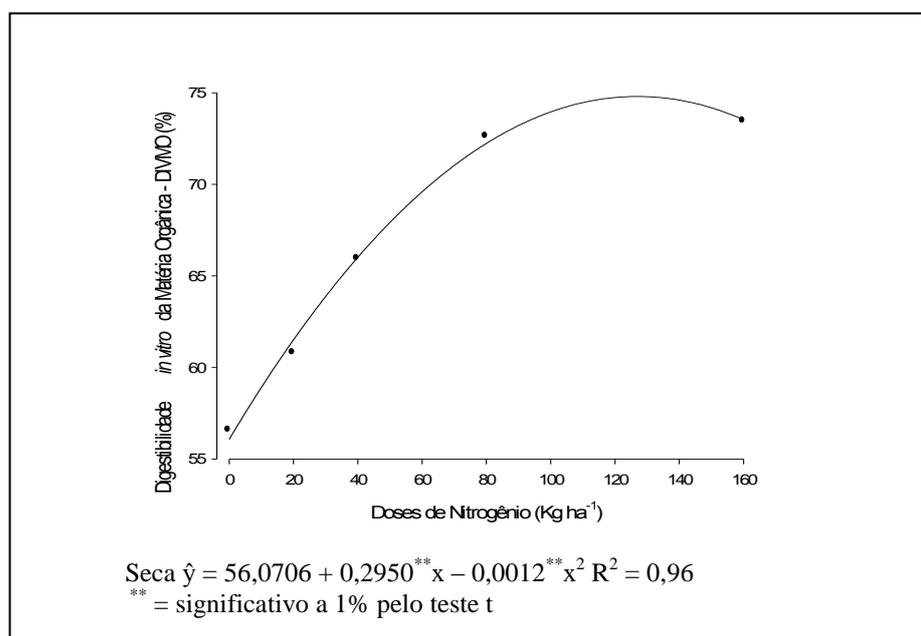


FIGURA 21 - Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (Divmo - %) das folhas de capim-massai no primeiro ano, seca (2010) em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) e calcário (kg ha^{-1}) – Campo Grande (MS).

Não foram observados efeitos significativos ($P < 0,05$) para as diferentes doses de calcário aplicadas no período da seca de 2010 e no ano de 2011, em ambos os períodos (seca e águas), para Divmo. Houve tendência a redução da Divmo pelo efeito do calcário ($P < 0,01$) e elevação ($P < 0,01$) pelo efeito do nitrogênio, no período das águas de 2009/2010 (Figura 22). Estimou-se na maior dose nitrogênio (160 kg ha^{-1}) e na ausência de calcário uma Divmo máxima de 64,2%, sendo mais bem representada pela equação linear.

Estudos com *Panicum* demonstram a elevação da Divmo em função da aplicação de calcário ao solo (HERLING et al., 2001; VOLPE et al., 2008). No entanto, os resultados obtidos neste estudo, além de não indicarem elevação da Divmo pelas doses de calcário, apresentaram tendência a redução no período das águas de 2009/2010. Este fato talvez possa ser explicado pela condição inicial do solo, que apresentava $V = 35,8\%$, o que pode ter sido suficiente para manter a Divmo em percentuais elevados apenas em função das doses de nitrogênio.

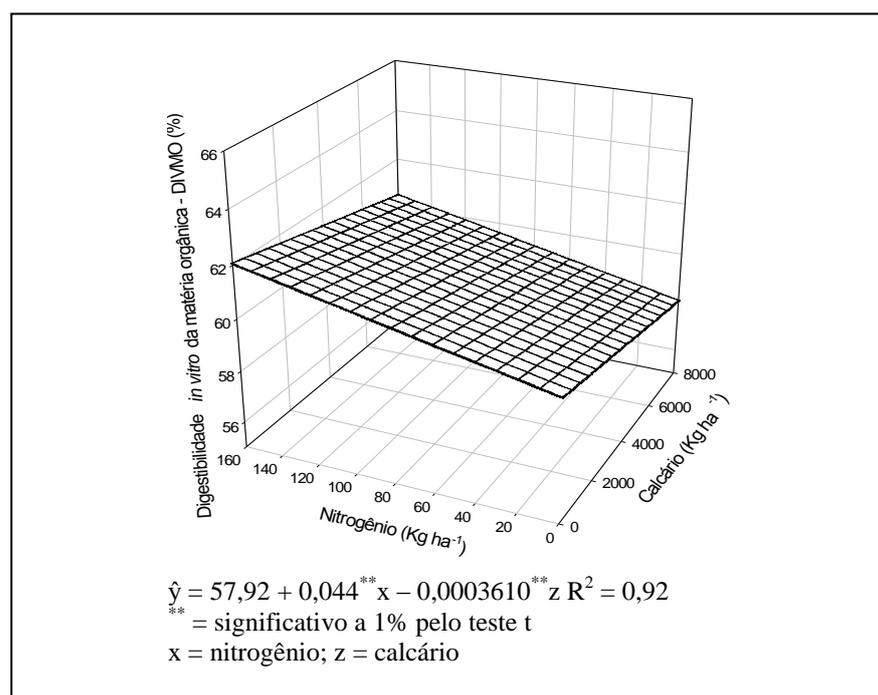


FIGURA 22 - Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (Divmo - %) das folhas de capim-massai no primeiro ano, águas (2009/2010), em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) e calcário (kg ha^{-1}) – Campo Grande (MS).

Doses crescentes de nitrogênio elevaram linearmente a Divmo para 71,0 e 65,3%, em ambos os períodos avaliados (seca e águas), respectivamente, na dose de 160 kg ha⁻¹ de nitrogênio no segundo ano de avaliações (2011) (Figura 23).

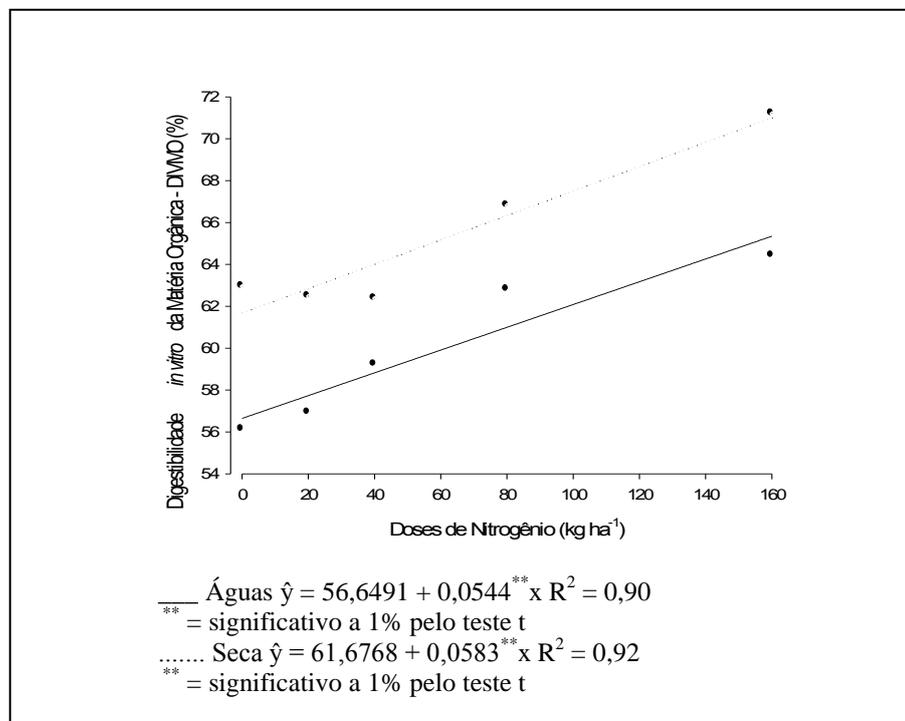


FIGURA 23 - Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (Divmo) das folhas de capim-massai, águas (2010/2011) e seca (2011), em função de doses de nitrogênio (kg ha⁻¹) – Campo Grande (MS).

Volpe et al. (2008) verificaram Divmo de 66% na maior dose de nitrogênio (300 kg ha⁻¹) e de saturação por bases (V=80%) em capim-massai. Outros estudos conduzidos com capim-massai também relataram efeitos positivos do nitrogênio elevando a Divmo (BRÂNCIO et al., 2002 ; EUCLIDES et al., 2008 e VARGAS JUNIOR et al., 2013), porém com menores percentuais do que estes aqui observados. Isto se deve, possivelmente, às condições em que foram conduzidos os trabalhos e, em especial, às menores doses de nitrogênio utilizadas em comparação a este estudo.

Deve-se considerar ainda que os aumentos na Divmo podem estar relacionados aos menores teores de FDN (Figuras 24 e 25) observados à medida que se elevaram as doses de nitrogênio. Segundo Mott (1970), a digestibilidade de espécies forrageiras está relacionada, entre outros fatores, aos teores de FDN.

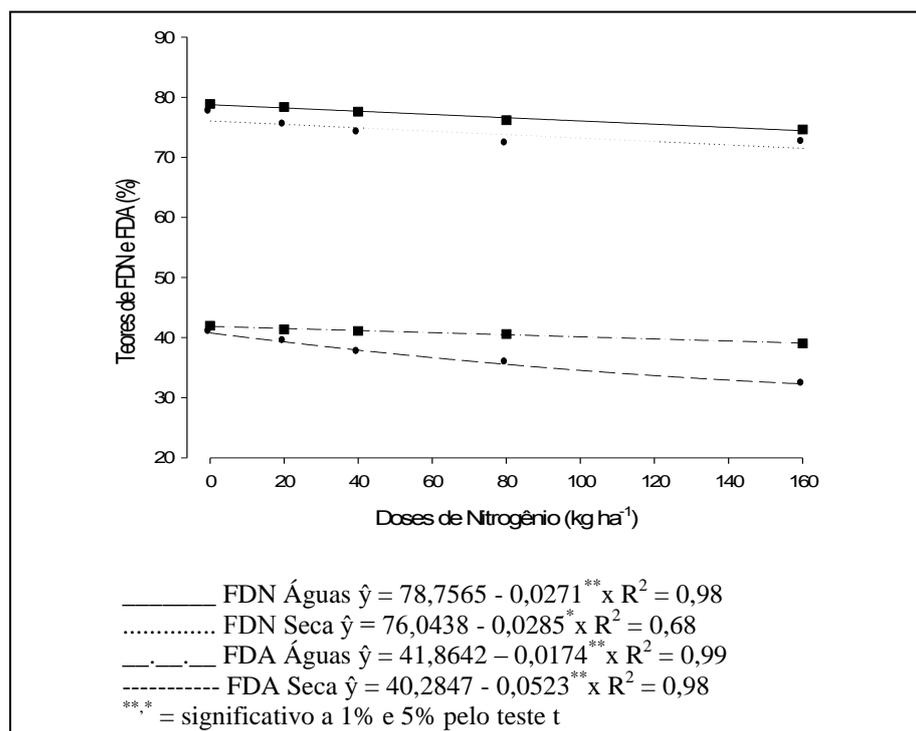


FIGURA 24 - Teores de Fibra em Detergente Neutro (%) e Fibra em Detergente Ácido nas folhas de capim-massai no período das águas e seca (janeiro/2010 e junho/2010); em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande (MS).

Os teores de FDN, FDA e lignina não foram alterados ($P > 0,05$) em função das doses de calcário utilizadas no período representativo das águas (janeiro) e seca (novembro), nos anos 2010 e 2011. No entanto, os teores de FDN, FDA e LIG reduziram-se conforme a elevação das doses de nitrogênio ($P < 0,01$), em ambos os períodos (seca e águas), nos dois anos avaliados (2010 e 2011) (Figuras 24, 25 e 26).

A aplicação de nitrogênio em gramíneas normalmente reduz os teores de FDN e FDA. Estudos conduzidos por Costa et al. (2009), Oliveira et al. (2010), Castagnara et al. (2011) e Quaresma et al. (2011) indicam reduções nos teores de FDN e FDA à medida em que foram elevadas as doses de nitrogênio.

Em outro estudo, conduzido por Brâncio et al. (2002), estes autores verificaram teores de FDA e lignina em lâminas foliares do capim-massai de (44,8% – 47,8%) e (8,3% e 9,8%) no período da seca (junho) e no período das águas (março), respectivamente, e teores de FDN acima de 75%, com aplicação de 50 kg

ha⁻¹ de nitrogênio. Os valores estão acima dos encontrados neste estudo para ambas as características (Figuras 24, 25 e 26) e, possivelmente, justifiquem-se pelas menores doses de nitrogênio utilizadas por estes autores.

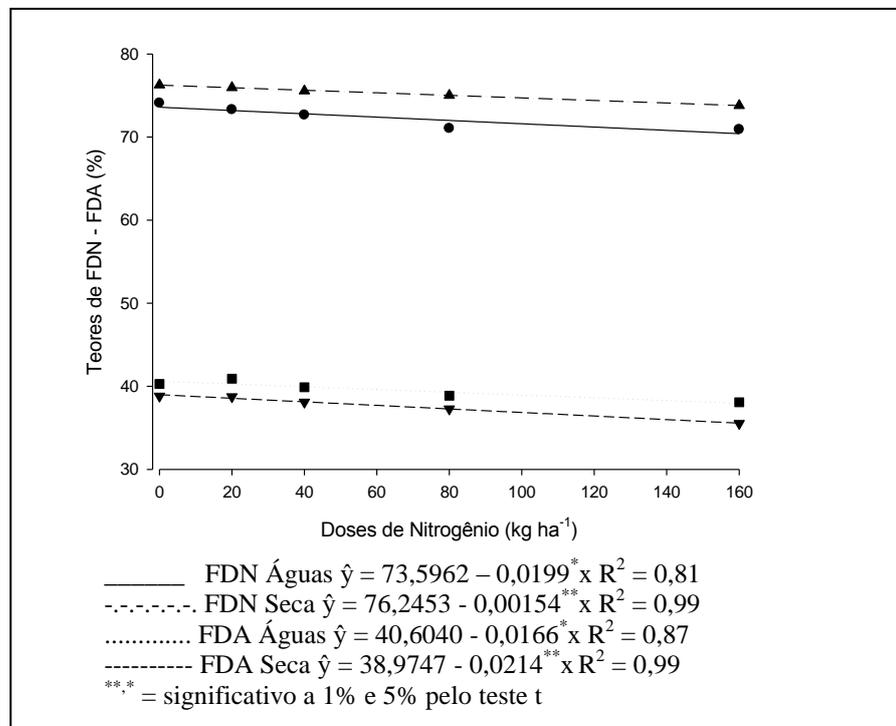


FIGURA 25 - Teores de Fibra em Detergente Neutro (%) e Fibra em Detergente Ácido nas folhas de capim-massai no período das águas e seca (janeiro/2011 e novembro/2011) em função de doses de nitrogênio (kg ha⁻¹) – Campo Grande (MS).

É provável que a redução nos teores de FDN, FDA e Lignina nas lâminas foliares do capim-massai tenham colaborado na elevação da Divmo, uma vez que estas características, em especial a lignina, têm sido relatadas como o principal componente químico que limita a digestibilidade em espécies forrageiras (AKIN e CHESSON, 1989; WILSON et al., 1991).

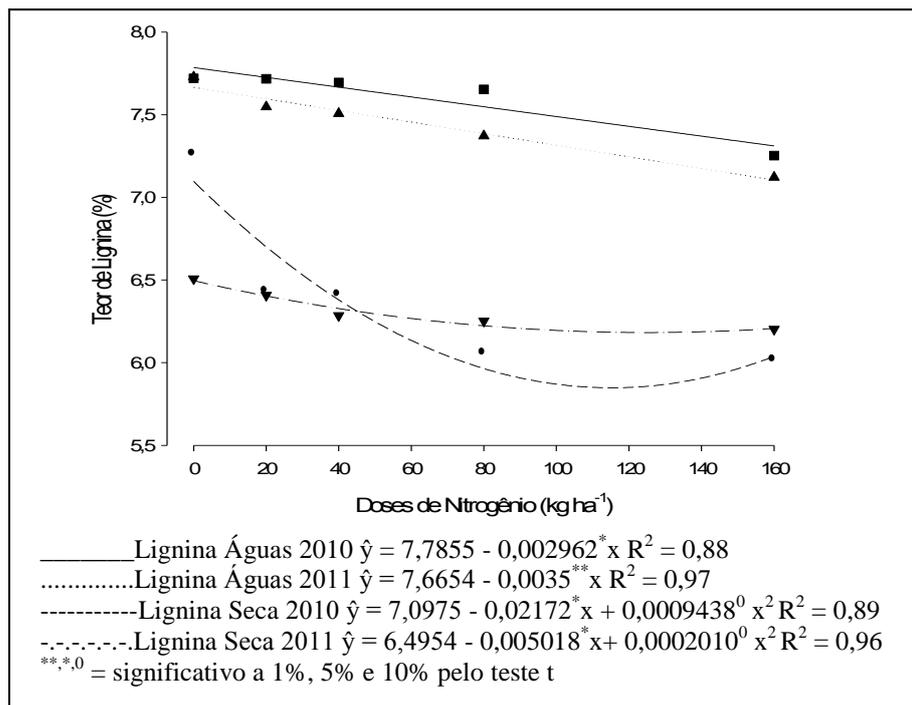


FIGURA 26 - Teores de Lignina (%) nas folhas de capim-massai no período das águas (janeiro/2010 e 2011) e seca (junho/2010 e novembro/2011), em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande (MS).

A degradabilidade *in situ* não foi alterada pela calagem. As análises de degradabilidade *in situ* indicaram que a calagem não interferiu significativamente ($P > 0,05$) na fração solúvel (S), fração insolúvel degradável (A), velocidade relativa de degradação (K) e na degradação potencial (DP) das folhas do capim-massai (Quadro 4). As doses de nitrogênio interferiram ($P < 0,01$) apenas na velocidade relativa de degradação (K). A maior velocidade de degradação foi obtida na maior dose (160 kg ha^{-1}) de nitrogênio (Quadro 5, Figura 27).

Os percentuais de degradabilidade *in vitro* e *in situ* podem variar entre as espécies forrageiras, entre partes da mesma planta, estágio de maturidade, composição e teor de lignina (JUNG e VOGEL, 1992; RODRIGUES et al., 2004; SILVA e JÚNIOR, 2007), o que pode explicar em parte a variação obtida em diferentes estudos científicos.

QUADRO 4 - Efeito de diferentes doses de calcário (kg ha^{-1}) sobre os parâmetros de degradação *in situ* de lâminas foliares de capim-massai – Campo Grande (MS)

Parâmetros	Doses de Calcário (kg ha^{-1})				CV (%)	Valor P, efeito linear para doses de Calcário ($P < 0,05$)
	0	2000	4000	8000		
S	17,1	15,8	16,6	17,2	7,82	0,505
A	72,5	73,5	78,4	74,2	5,62	0,426
K	$2,96 \cdot 10^{-2}$	$3,02 \cdot 10^{-2}$	$2,60 \cdot 10^{-2}$	$2,64 \cdot 10^{-2}$	12,70	0,087
DP	89,6	89,2	95,0	91,4	4,73	0,332

S = parâmetro que quantifica a fração solúvel (%);

A = parâmetro que quantifica a fração insolúvel degradável (%);

K = parâmetro que indica a velocidade relativa de degradação (%/h);

DP = parâmetro que indica a degradação potencial (%).

QUADRO 5 - Efeito de diferentes doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) sobre os parâmetros de degradação *in situ* de lâminas foliares de capim-massai – Campo Grande (MS)

Parâmetros	Doses de Nitrogênio (kg ha^{-1})					CV (%)	Valor P, efeito linear para doses de Nitrogênio ($P < 0,05$)
	0	20	40	80	160		
S	16,2	17,1	16,9	15,8	17,3	7,82	0,553
A	77,8	72,1	76,0	76,0	71,3	5,62	0,132
K	$0,24 \cdot 10^{-1}$	$0,29 \cdot 10^{-1}$	$0,26 \cdot 10^{-1}$	$0,28 \cdot 10^{-1}$	$0,33 \cdot 10^{-1}$	12,70	0,006
DP	94	89,2	92,9	91,8	88,6	4,73	0,193

S = parâmetro que quantifica a fração solúvel (%);

A = parâmetro que quantifica a fração insolúvel degradável (%);

K = parâmetro que indica a velocidade relativa de degradação (%/h);

DP = parâmetro que indica a degradação potencial (%).

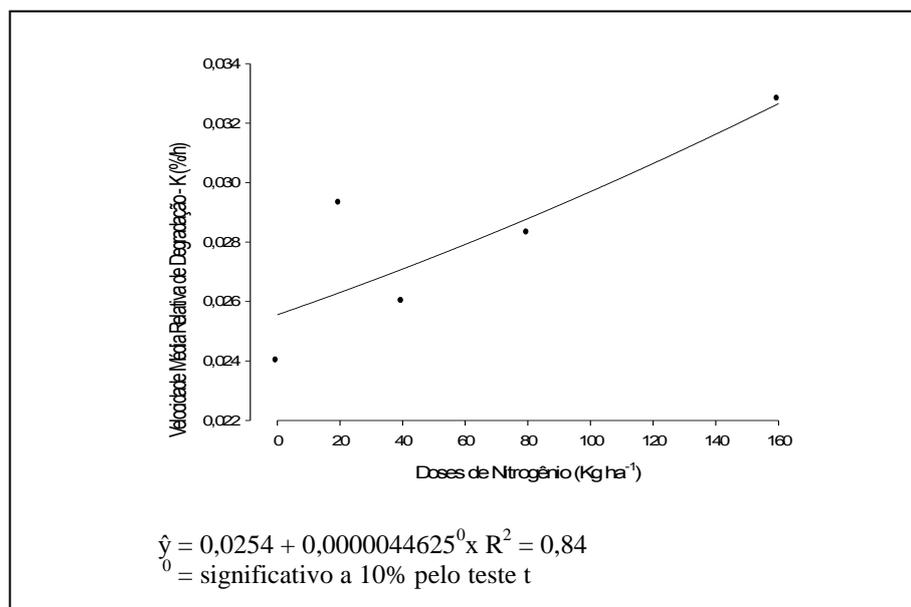


FIGURA 27 - Velocidade média relativa de degradação (K) de lâminas foliares de capim-massai sob diferentes doses de nitrogênio (kg ha^{-1}).

A DP obtida nesse estudo para ambas as fontes de variação foi superior a 89,2%, estando mais próxima à DP observada por Assis et al. (1999) em estudos conduzidos com *Cynodon* spp. (média de 83,4%), na presença e na ausência de nitrogênio. Também Rodrigues et al. (2004) verificaram percentuais de DP mais elevados aos aqui apresentados (94,2%), em *Panicum maximum* (3616 CPAC), porém com um maior período de incubação (42 dias). Na literatura, normalmente, observam-se DPs inferiores às aqui demonstradas para diferentes capins (SALMAN et al., 2000; ITAVO et al., 2002; PRADO et al., 2004 e OLIVEIRA et al., 2013).

Os intervalos de crescimento do capim, de 28 dias, pode ser um dos fatores que colaboraram na elevação da DP observadas neste estudo. É sabido que plantas manejadas com menores intervalos entre corte, portanto coletadas mais jovens, apresentam maiores percentuais de digestibilidade e degradabilidade (OLIVEIRA et al., 2004; RODRIGUES et al., 2004).

Apesar de elevadas (FDN, FDA e Lignina), estas características podem também ter interferido positivamente nas taxas de DP e na velocidade de degradação em função das doses crescentes de nitrogênio aplicadas ao capim-massai. As sensíveis reduções observadas nestes teores (FDN, FDA e Lignina), com a elevação nas doses de nitrogênio, podem ter colaborado positivamente, uma vez que os parâmetros de degradação e a taxa de passagem ruminal baseiam-se na FDN da forrageira (MADSEN et al., 1997).

De um modo geral, sugere-se que a elevação na velocidade relativa de degradação em função das doses de nitrogênio poderá interferir no aumento do consumo deste capim pelos animais.

Para as análises morfológicas não foram verificadas alterações significativas ($P < 0,05$) para comprimento, largura e área foliar em função das diferentes doses de calcário aplicadas em ambos os períodos avaliados (seca / águas). No entanto, largura, área foliar e comprimento foram elevados pelas doses de nitrogênio ($P < 0,01$) no período das águas (2010/2011).

A maior largura (0,84 cm), a área foliar ($122,6 \text{ cm}^2$) e o comprimento (56,5 cm) nas lâminas foliares, estimados para o capim-massai no período das águas, foram obtidos nas doses de 152 kg ha^{-1} , 121 kg ha^{-1} e 116 kg ha^{-1} de nitrogênio, respectivamente (Figuras 28, 29 e 30).

Assim como no período das águas, o comprimento e a área foliar no período da seca (2011) foram elevados ($P < 0,01$) pelo nitrogênio aplicado no capim-massai.

Doses de nitrogênio estimadas em 120 kg ha^{-1} e 133 kg ha^{-1} , respectivamente, proporcionaram as maiores respostas, elevando a área foliar para 104 cm^2 e o comprimento da lâmina foliar para 59 cm (Figuras 29 e 30). A largura das lâminas foliares do capim-massai no período da seca (2011) não foi alterada pelas doses de nitrogênio ($P > 0,05$).

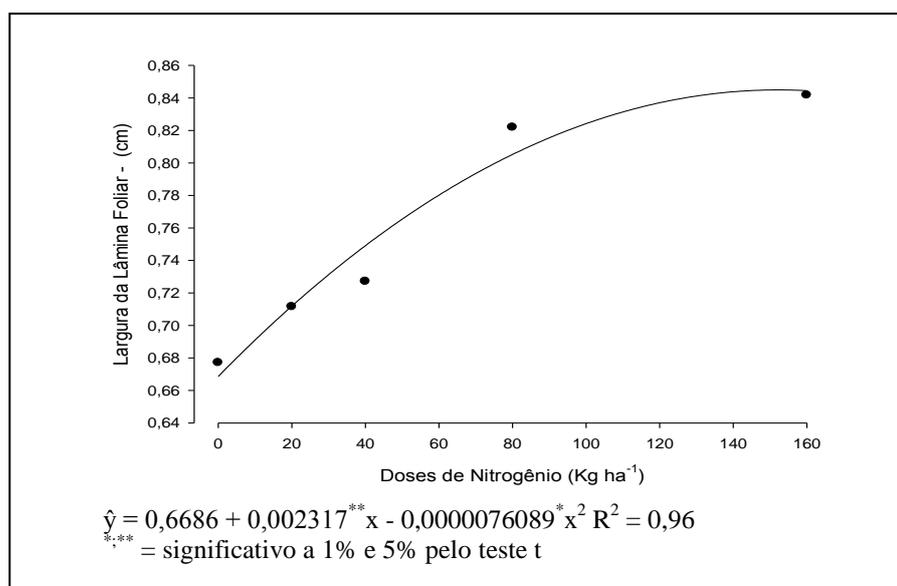


FIGURA 28 - Largura das folhas (cm) de capim-massai no período das águas (janeiro, 2011) em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande (MS).

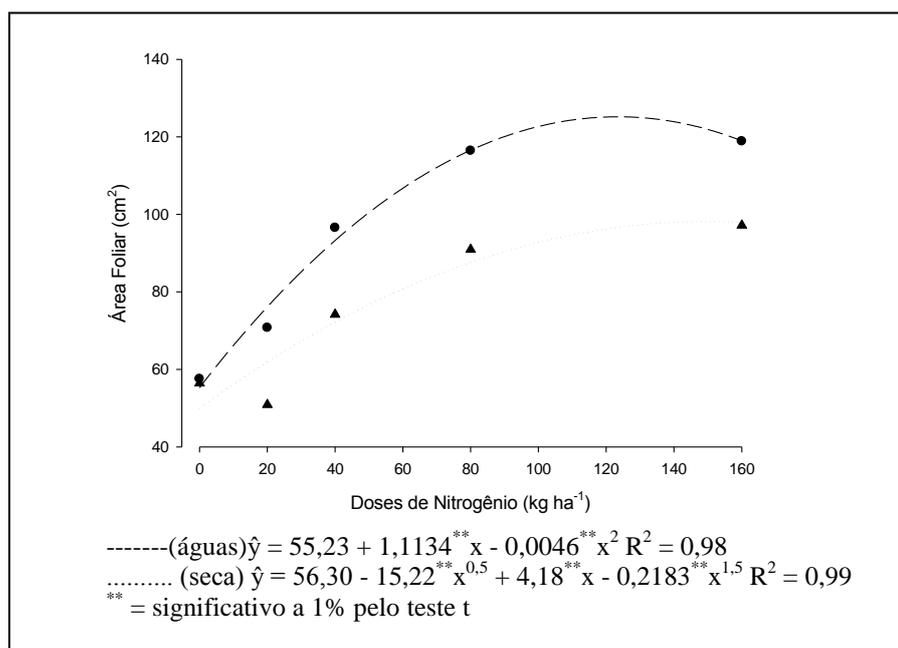


FIGURA 29 - Área foliar (cm^2) de capim-massai no período das águas (janeiro, 2011) e da seca (novembro, 2011), em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande (MS).

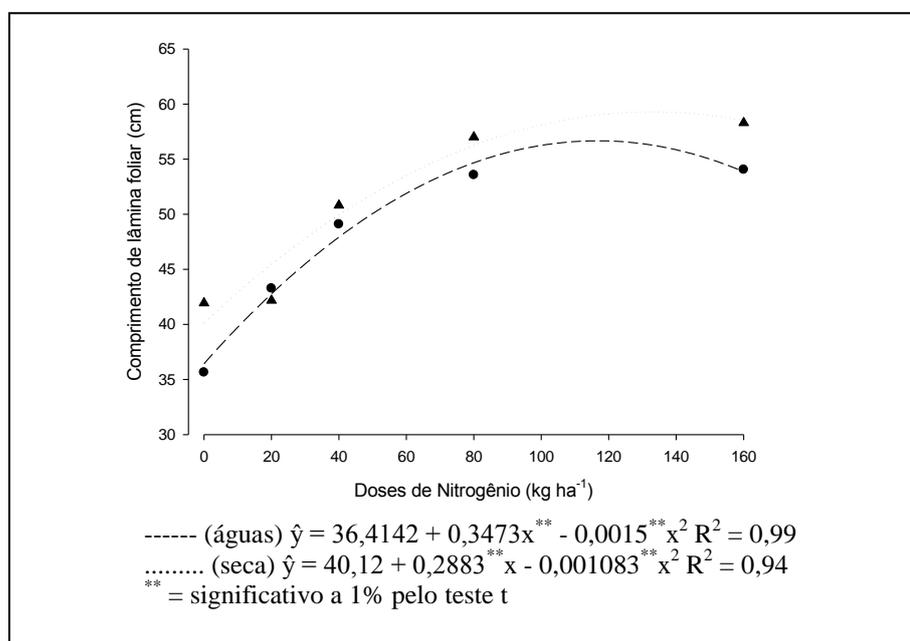


FIGURA 30 - Comprimento das folhas (cm) de capim-massai no período das águas (janeiro 2011) e da seca (novembro 2011), em função de doses de nitrogênio (kg ha^{-1}) – Campo Grande (MS).

Possivelmente, o déficit hídrico no período da seca tenha influenciado negativamente a resposta do nitrogênio para a área foliar, quando comparado ao período das águas.

Os valores próximos observados para comprimento das lâminas foliares nos períodos de seca e de águas possivelmente sejam explicados pelo início das chuvas no momento da coleta das lâminas foliares no período representativo da seca, fazendo com que a maior disponibilidade de água, embora por um curto período, associado à aplicação de nitrogênio, tenha influenciado no rápido crescimento, aumentando o comprimento das lâminas foliares neste período.

Fatores como radiação solar, temperatura e umidade afetam o desenvolvimento da planta, sendo que o déficit hídrico influencia negativamente na expansão da área foliar. Este efeito varia, principalmente, em função de sua intensidade e da duração do déficit (TAIZ e ZAIGER, 2004).

As medidas médias obtidas para área foliar, comprimento e largura das lâminas foliares do capim-massai, estão próximas às obtidas por Gomes et al. (2011), que observaram para o capim-massai uma área foliar de 138,1 cm² e 109,3 cm², e comprimento de 54,6 cm e 31,2 cm para primeiro e segundo cortes, respectivamente, com largura média de 0,84 cm.

Os efeitos do nitrogênio sobre comprimento, largura e área foliar em gramíneas forrageiras são encontrados em trabalhos conduzidos por Premazzi et al. (2011), que avaliaram a influência de doses (0, 80, 160 e 240 mg kg⁻¹ de nitrogênio no solo) após o corte, e constataram que o nitrogênio aumentou de forma quadrática o comprimento e a área da lâmina foliar do capim-bermuda tifton 85 (*Cynodon* spp).

Outros autores também relatam o efeito do nitrogênio com elevação destas características em espécies forrageiras no comprimento (GARCEZ NETO et al., 2002; MESQUITA e NERES, 2008 e POMPEU et al., 2010) e na área foliar (MARTUSCELLO et al., 2006; SILVEIRA e MONTEIRO, 2007).

De um modo geral, a adubação nitrogenada favorece a taxa de crescimento das espécies forrageiras por meio da rápida restauração do índice de área foliar, da divisão celular e do incremento da taxa de assimilação líquida, que também é indiretamente favorecida pela adubação (PACIULLO et al., 1998), resultando em aumentos no acúmulo de massa seca das forrageiras.

Características como largura, comprimento e área foliar, além de interferirem na velocidade de rebrota e no acúmulo de massa seca, podem

correlacionar-se com outras características em gramíneas forrageiras, como FDN, FDA, LIG, PB, Divmo e taxas de crescimento, o que justifica a importância de estudar estas características.

Espécies forrageiras com maior largura e área foliar normalmente estão associadas a maiores taxas fotossintéticas e de crescimento.

Batistoti et al. (2012) observaram que lâminas foliares com menor comprimento e maior largura correlacionaram-se positivamente com menores teores de FDN, FDA, LIG e maiores teores de PB e Divmo.

Segundo Wilson et al. (1989), a digestibilidade de lâminas foliares tem sido associada positivamente a maiores áreas foliares, e, negativamente, ao comprimento (MASAOKA et al., 1991).

Neste sentido, o aumento na área foliar do capim-massai pelas doses de nitrogênio possivelmente tenha contribuído para elevar a Divmo e o teor de PB, reduzindo os teores de FDN, FDA e LIG, enquanto o aumento no comprimento possa ter efeito contrário, contribuindo negativamente nestas características.

A anatomia das gramíneas forrageiras vem sendo estudada desde a década de 1970 (AKIN e AMOS, 1975; WILKINS, 1972) e está relacionada à morfologia e à composição química de lâminas foliares, que podem influenciar o consumo e a digestibilidade, interferindo, assim, na qualidade da forragem (BATISTOTI et al., 2012; PACIULLO et al., 2001; PACIULLO, 2002).

Embora o nitrogênio seja o elemento que possui influência direta na estrutura anatômica das lâminas foliares, servindo como constituintes de alguns componentes da célula vegetal (TAIZ e ZEIGER, 2004), as características estudadas – epiderme adaxial (EPIada) e abaxial (EPIaba), bainha parenquimática dos feixes (BPF), esclerênquima (ESC), tecido vascular (TV), mesófilo (MES) e a área total (AT) – não foram alteradas pelas diferentes doses de nitrogênio e calcário ($P > 0,05$) no período das águas. Dentre as características estudadas, apenas a epiderme EPIada respondeu ($P < 0,05$) às diferentes doses de nitrogênio (Quadro 6).

Doses de nitrogênio próximas a 122 kg ha^{-1} apresentaram as melhores respostas, reduzindo a EPIada (Figura 31).

Considerando que a EPIada foi alterada ($P < 0,05$) pelas doses de nitrogênio apenas no período da seca, não sendo alterada no período das águas, é prudente considerar que esta redução também possa estar relacionada com a umidade

do ambiente, visto que as células buliformes controlam a perda de água com a redução da umidade do ar.

Assim, a redução da EPIada, à medida que foram aumentadas as doses de nitrogênio, possivelmente contribua para elevar a digestibilidade e o valor nutricional deste capim, embora este comportamento tenha sido observado apenas no período de estiagem.

QUADRO 6 - Significância das fontes de variação em algumas características de *Panicum maximum* cv. Massai submetido a cinco doses de nitrogênio e quatro doses de calcário em 2011 (seca - águas)

Características	Fontes de variação e período							
	Nitrogênio (N) – Calcário (Cal.)							
	2011							
	Seca				Águas			
	Média (μm)	CV	Sig. N	Sig. Cal.	Média (μm)	CV	Sig. N	Sig. Cal.
EPIada	7.476	11,9	*	NS	8.540	10,4	NS	NS
EPIaba	4.165	9,5	NS	NS	4.637	11,9	NS	NS
BPF	11.830	10,7	NS	NS	12.906	11,7	NS	NS
ESC	1.312	17,4	NS	NS	1.244	15,9	NS	NS
TV	1.770	17,3	NS	NS	2020	18,0	NS	NS
MES	8.561	13,6	NS	NS	10.118	13,7	NS	NS
AT	35.115	9,6	NS	NS	39.483	10,3	NS	NS

* - significativo ($P < 0,05$); NS - não significativo ($P > 0,05$)

Sig. N = significância de nitrogênio; Sig. Cal = significância de calcário

CV = coeficiente de variação

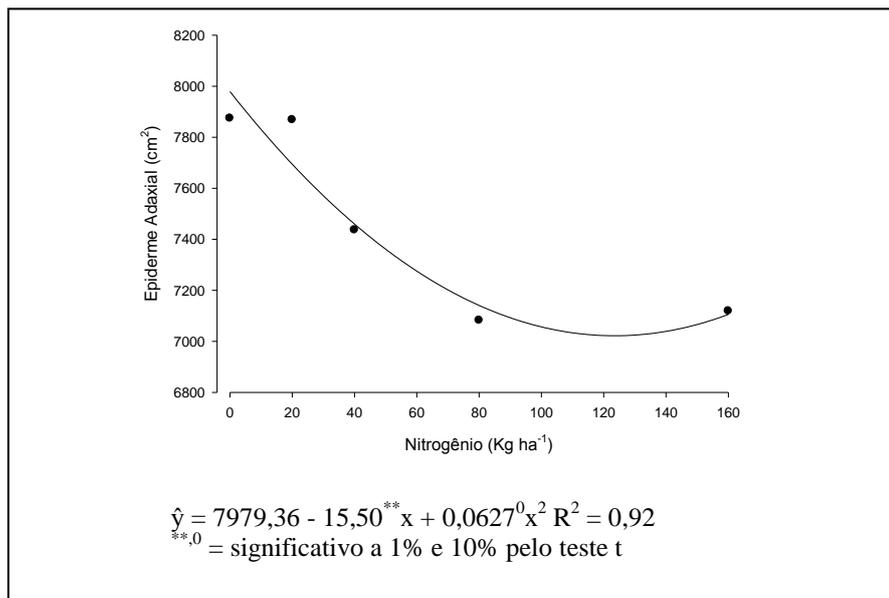


FIGURA 31 - Epiderme adaxial (cm²) de capim-massai no período da seca (dezembro, 2011) em função de doses de nitrogênio (kg ha⁻¹) – Campo Grande (MS).

Segundo Lempp (2007) e Valente et al. (2011), nas lâminas foliares de gramíneas, as células que apresentam alta digestibilidade são as do MES e FLO, as da EPIaba e EPIada, eBPF, são parcialmente digeridas. Já as do ESC e xilema (XIL) são indigestíveis.

Esta variação na digestibilidade e no valor nutricional das diferentes células nas espécies forrageiras também foi observada por Akin (1989), que descreve a EPIada como de digestão parcial.

Neste sentido, Paciullo (2002), em seu estudo, relata que dentre as características anatômicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas, destacam-se a proporção de tecidos e a espessura da parede celular. Os tecidos de baixa digestão correlacionam-se negativamente com a PB e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e positivamente com os teores de fibra e de lignina, enquanto aqueles rapidamente digeridos mostram correlações positivas com a PB e com a DIVMS, e negativas com os teores de fibra e lignina. Assim, além de paredes celulares espessas serem relacionadas a maiores teores de fibra e lignina, segundo este autor, existe, ainda, a possibilidade das bactérias terem dificuldade no acesso a este tecido para iniciar o processo de digestão. Nesse caso, a digestão poderá ser limitada, não

somente pela elevada espessura da parede secundária, mas também pela baixa acessibilidade dos micro-organismos à parede celular.

Assim, a disponibilidade de energia a partir de forragem é limitada pela concentração de fibra, por ser digerida de forma lenta e incompleta, enquanto as células solúveis são quase completamente digeridas (BUXTON e REDFEARN, 1997).

Conclui-se, portanto, que diferentes doses de calcário não exercem influência sobre as características anatômicas do capim-massai. O nitrogênio, apesar de ter reduzido a EPIada, precisa ser mais bem investigado, pois esta característica pode ter sofrido influência direta do clima.

CONCLUSÕES

O nitrogênio eleva os teores de PB e Divmo, reduzindo a FDN, FDA, LIG e a espessura da epiderme adaxial em lâminas foliares do capim-massai, elevando, assim, o valor nutricional deste capim.

Características como área foliar, comprimento, largura e velocidade de degradabilidade em lâminas foliares do capim-massai foram elevadas pelas doses de nitrogênio aplicadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

AGUIAR, R. S.; VÁSQUEZ, H. M.; SILVA, J. F. C. Degradabilidade *in situ* da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro do capim-furachão (*Panicum repens*, L.) submetido à adubação e em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 799-807, 1999.

AKIN, D. E. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. **Agronomy Journal**, Madison, v. 21, p. 17-25, 1989.

AKIN, D. E.; AMOS, H. E. Rumen bacterial degradation of forage cell walls investigated by electron microscopy. **Applied Microbiology**, Dordrecht, v. 29, p. 692-701, 1975.

AKIN, D. E., CHESSON, A. Lignification as the major factor limiting forage feeding value specially in warm conditions. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 16.,1989. Nice. **Proceedings...** Nice: Association Française pour la Production Fourragère, 1989, p. 1753-1760.

ASSIS, M. A.; SANTOS, G. T.; CECATO, U.; DAMASCENO, J. C.; PETTIT, H. V.; BETT, V.; GOMES, L. H.; DANIEL, M. Degradabilidade *in situ* de gramíneas do gênero *Cynodon* submetidas ou não a adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 21, n. 3, p. 657-663, 1999.

BATISTOTI, C.; LEMPP, B.; JANK, L.; MORAIS, M. D. G.; CUBAS, A. C.; GOMES, R. A.; FERREIRA, M. V. B. Correlations among anatomical, morphological, chemical and agronomic characteristics of leaf blades. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 171, n. 2, p. 173-180, 2012.

BRÂNCIO, P. A.; EUCLIDES, V. P. B.; JÚNIOR, D. N.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; BARBOSA, R. A. 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**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 55-63, 2003.

BRÂNCIO, P. A.; JUNIOR, D. N.; EUCLIDES, V. P. B.; REGAZZI, A. J.; ALMEIDA, R. G.; FONSECA, D. M.; BARBOSA, R. A. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo: Composição química e digestibilidade da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1605-1613, 2002.

BUXTON, D. R.; REDFEARN, D. D. Plant limitations to fiber digestion and utilization. Conference: New developments in forage science contributing to enhanced fiber utilization by ruminants. **The Journal of Nutrition**, Rockville, v. 127, n. 5, p. 814S-818S, 1997.

CANO, C. C. P.; CECATO, U.; CANTO, M. W.; SANTOS, G. T.; GALBEIRO, S.; MARTINS, E. N.; MIRA, R. T. Valor nutritivo do capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) pastejado em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1959-1968, 2004.

CASTAGNARA, D. D.; MESQUITA, E. E.; NERES, M. A.; OLIVEIRA, P. S. R.; DEMINICIS, B. B.; BAMBERG, R. Valor nutricional e características estruturais de gramíneas tropicais sob adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 60, p. 931-942, 2011.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V.; SILVA, G. P.; SEVERIANO, E. C. Produção de massa seca e nutrição nitrogenada de cultivares de *Brachiaria brizantha* (A. Rich) Stapf sob doses de nitrogênio. **Revista Ciência e Agrometeorologia**, Lavras, v. 33, p. 1578-1585, 2009.

DANKIN, M. E.; HUSSEY, R. S. Staining and histopathological techniques in nematology. In: BARKER, K. R.; CARTER, C. C.; SASSER, J. N. (Ed.). **An advanced treatise on Meloidogyne**. Raleigh: North Carolina State University, 1985. p. 39-48.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA. **Capim Massai** (*Panicum maximum* cv Massai): alternativa para diversificação de pastagens. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. (Comunicado Técnico,

69).

EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; JANK, L.; OLIVEIRA, M. P. Avaliação dos capins mombaça e massai sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 18-26, 2008.

EUCLIDES, V. P. B.; MEDEIROS, S. R. de. Valor nutritivo das principais gramíneas cultivadas no Brasil. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2003. (Documentos/Embrapa Gado de Corte, 139).

GARCEZ NETO, A. F.; JUNIOR, D. N.; REGAZZI, A. J.; FONSECA, D. M.; MOSQUIM, P. R.; GOBBI, K. F. Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1890-1900, 2002.

GERDES, L.; WERNER, J. C.; COLOZZA, M. T.; POSSENTI, R. A.; SCHAMMASS, E. P. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia nas estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 955-963, 2000.

GOMES, R. A.; LEMPP, B.; JANK, L.; CARPEJANI, G. C.; MORAIS, M. G. Características anatômicas e morfofisiológicas de lâminas foliares de genótipos de *Panicum maximum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 2, p. 205-211, 2011.

GRABBER, J. H. How do lignin composition, structure, and cross-linking affect degradability? A review of cell wall model studies. **Crop Science Society of America**, Madison, v. 45, p. 820-831, 2005.

HAGQUIST, C. W. Preparation and care of microscopy slides. **The American Biology Teacher**, Lancaster, v. 36, p. 414-417, 1974.

HERLING, V. R.; SOBRINHO, E. O. M.; LUZ, P. H. C.; SUDA, C. H.; BRAGA, G. J.; LIMA, C. G. Efeitos de tipos e doses de calcário na produção e valor nutritivo da matéria seca do capim-Tobiatã (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tobiatã). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1243-1248, 2001.

ITAVO, L. C. V.; FILHO, S. C. V.; SILVA, F. F.; VALADARES, R. F. D.; CECON, P. R.; ITAVO, C. C. B. F.; MORAES, E. H. B. K.; PAULINO, P. V. R. Consumo, degradabilidade ruminal e digestibilidade aparente de fenos de gramíneas do gênero *Cynodon* e rações concentradas utilizando indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 1024-1032, 2002.

JUNG, H. J. G.; VOGEL, K. P. Lignification of switchgrass (*Panicum virgatum*) and big bluestem (*Andropogon gerardii*) plant parts during maturation and its effect on fibre degradability. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 59, n. 2, p. 169-176, 1992.

KRAUSE, D. O.; DENMAN, S. E.; MACKIE, R. I.; MORRISON, M.; ERA, A. L.; ATTWOOD, G. T.; MCSWEENEY, C. S. Opportunities to improve fiber

degradation in the rumen: microbiology, ecology, and genomics. **FEMS Microbiology Reviews**, Amsterdam, v. 27, p. 663-693, 2003.

LEMPP, B. Avanços metodológicos da microscopia na avaliação de alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 315-329, 2007.

LENG, R. A. Factors affecting the utilization of “poor quality” forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 3, n. 1, p. 277-303, 1990.

MADSEN, J.; HVELPLUND, T.; WEISBJERG, M. R. Appropriate methods for evaluation of tropical feeds for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 69, n. 2, p. 53-66, 1997.

MARTEN, G. C.; SHENK, J. S.; BARTON II, F. E. **Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS), analysis quality**. Washington: USDA, 1985. (Agriculture Handbook, 643).

MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; JUNIOR, D. N.; SANTOS, P. M.; CUNHA, D. N. F. V.; MOREIRA, L. M. Características morfogênicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 665-671, 2006.

MASAOKA, Y.; WILSON, J. R.; HACKER, J. B. Selecting for nutritive value in *Digitaria milanjiana*. 3. Relation of chemical composition and morphological and anatomical characteristics to the difference in digestibility of divergently selected full sibs, and comparison with *D. eriantha* ssp. *pentzii* (*Pangola* grass). **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 31, p. 631- 638, 1991.

MEHREZ, A. Z.; ORSKOV, E. R.; McDONALD, I. Rate of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **The British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 38, n. 3, p. 437- 443, 1977.

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**, Salvador, v. 9, n. 2, p. 201-209, 2008.

MOTT, G. O. Evaluación de la producción de forrajes. In: HUGHES, H. D.; HEATH, M. E.; METCALFE, D. S. (Eds.). **Forrajes: la ciencia de la agricultura basada en la producción de pastos**. México: Ceca, 1970. p. 131-41.

NOCEK, J. E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 71, n. 8, p. 2051-2069, 1988.

OLIVEIRA, D. A.; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVEIRA, C. P.; MONTEIRO, F. A. Valor nutritivo do capim-braquiária no primeiro ano de recuperação com aplicações de nitrogênio e enxofre. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 4, p. 716-726, 2010.

OLIVEIRA, E. R.; MONÇÃO, F. P.; TONISSI, R. H.; GÓES, B.; GABRIEL, A. M. A.; MOURA, L. V.; LEMPP, B.; GRACIANO, D. E.; TOCHETTO, A. T. C.

Degradação ruminal da fibra em detergente neutro de gramíneas do gênero *Cynodon* spp. em quatro idades de corte. **Agrarian**, Dourados, v. 6, n. 20, p. 205-214, 2013.

OLIVEIRA, E. R.; PAIVA, P. C. A.; BABILÔNIA, J. L.; BANYNS, V. L.; PERES, O. J. R.; MUNIZ, J. A.; TOSETTO, E. M. Degradabilidade *in situ* da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro, de diferentes gramíneas, em novilhos suplementados com misturas múltiplas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 422-427, 2004.

PACIULLO, D. S. C. Características anatômicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 357-364, 2002.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, J. A.; QUEIROZ, D. S.; SILVA, E. A. M. Correlações entre componentes anatômicos, químicos e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de gramíneas forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, p. 955-963, 2001.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, J. A.; RIBEIRO, K. G. Adubação nitrogenada do capim-elefante cv. mott. 1. rendimento forrageiro e características morfofisiológicas ao atingir 80 e 120 cm de altura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1069-1075, 1998.

PATÊS, N. M. S.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; OLIVEIRA, A. C.; FONCÊCA, M. P.; VELOSO, C. M. Produção e valor nutritivo do capim-tanzânia fertilizado com nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 11, p. 1934-1939, 2008.

POMPEU, R. C. F. F.; CÂNDIDO, M. J. D.; LOPES, M. N.; GOMES, F. H. T.; LACERDA, C. F.; AQUINO, B. F.; MAGALHÃES, J. A. Características morfofisiológicas do capim-aruaana sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 11, n. 4, p. 1187-1210, 2010.

PRADO, I. N.; MOREIRA, F. B.; ZEOULA, L. M.; WADA, F. Y.; MIZUBUTI, I. Y.; NEVES, C. A. Degradabilidade *in situ* da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro de algumas gramíneas sob pastejo contínuo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1332-1339, 2004.

PREMAZZI, L. M.; MONTEIRO, F. A.; OLIVEIRA, R. F. Crescimento de folhas do capim-bermuda tifton 85 submetido à adubação nitrogenada após o corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 3, p. 518-526, 2011.

QUARESMA, J. P. S.; GIOLO, R. A.; GONÇALVES, A.; CABRAL, L. S.; OLIVEIRA, M. A.; CARVALHO, D. M. G. Produção e composição bromatológica do capim-tifton 85 (*Cynodon* spp.) submetido a doses de nitrogênio. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 145-150, 2011.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no Saeg**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001.

REGO, F. C. A.; CECATO, U.; DAMSCENO, J. C.; RIBAS, N. P.; SANTOS, G. T.; MOREIRA, F. B.; RODRIGUES, A. M. Valor nutritivo do capim-tanzânia (*Panicum*

maximum Jacq cv. Tanzânia-1) manejado em alturas de pastejo. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 363-370, 2003.

RODRIGUES, A. L. P.; SAMPAIO, I. B. M.; CARNEIRO, J. C.; TOMICH, T. R.; MARTINS, R. G. R. Degradabilidade *in situ* da matéria seca de forrageiras tropicais obtidas em diferentes épocas de corte. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 56, n. 5, p. 658-664, 2004.

SALMAN, A. K. D.; BERCHIELLI, T. T.; SILVEIRA, R. N.; SOARES, W. V. B.; NOGUEIRA, J. R.; KRONKA, S. N. Degradabilidade *in situ* do capim *Panicum maximum* cv. tanzânia incubado cortado ou na forma de extrusa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 2142-2149, 2000.

SILVA, S. C.; JÚNIOR, D. N. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p.121-138, 2007.

SILVEIRA, C. P.; MONTEIRO, F. A. Morfogênese e produção de biomassa do capim-tanzânia adubado com nitrogênio e cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 335-342, 2007.

SOUZA, C. G.; LIRA, M. A.; MELLO, A. C. L.; FERREIRA, R. L. C. Medidas produtivas de cultivares de *Panicum maximum* JACQ. submetidos a adubação nitrogenada. **Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 4, p. 339-344, 2006.

SOUZA, R. S.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; SILVA, F. F.; MAGALHÃES, A. F.; VELOSO, C. M. Composição química de capim-tanzânia adubado com nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 6, p. 1200-1205, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

VALENTE, T. N. P.; LIMA, E. S.; HENRIQUES, L. T.; NETO, O. R. M.; GOMES, D. I.; SAMPAIO, C. B.; COSTA, V. A. C. Anatomia de plantas forrageiras e a disponibilidade de nutrientes para ruminantes: revisão. **Veterinária e Zootecnia**, Botucatu, v. 18, n. 3, p. 347-358, 2011.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University, 1994.

VARGAS JUNIOR, F. M.; SOCORRO, M. M.; SETTI, J. C.; PINTO, G. S.; MARTINS, C. F.; COSTA, J. A. A.; MAGRIN, M. N.; CAMILO, F. R.; MONTAGNER, D. B. Disponibilidade e valor nutritivo de gramíneas tropicais sob pastejo com ovinos. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 62, p. 295-298, 2013.

VOLPE, E.; MARCHETTI, M. E.; MACEDO, M. C. M.; LEMPP, B. Acúmulo de forragem e características do solo e da planta no estabelecimento de capim-massai com diferentes níveis de saturação por bases, fósforo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 2, p. 228-237, 2008.

WILKINS, R. J. The potential digestibility of cellulose in grasses and its relationships with chemical and anatomical parameters. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, n. 3, p. 457-464, 1972.

WILSON, J. R.; ANDERSON, K. L.; HACKER, J. B. Dry matter digestibility *in vitro* of leaf and stem of Buffel Grass (*Cenchrus ciliaris*) and related species and its relation to plant morphology and anatomy. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 40, p. 281-291, 1989.

WILSON, J. R., DEINUM, B., ENGELS, F. M. Temperature effects on anatomy and digestibility of leaf and stem of tropical and temperate forage species. **Netherlands Journal of Agricultural Sciences**, Wageningen, v. 39, p. 31-48, 1991.