

**UFRRJ
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

DISSERTAÇÃO

**Respostas Agronômicas e Nutricionais do Capim-Massai
Submetido a Doses e Fontes de Ureia Comum e de
Eficiência Aumentada**

Aline Barros da Silva

2016



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**RESPOSTAS AGRONÔMICAS E NUTRICIONAIS DO CAPIM-MASSAI
SUBMETIDO A DOSES E FONTES DE UREIA COMUM E DE
EFICIÊNCIA AUMENTADA**

Aline Barros da Silva

Sob a Orientação do Professor
Carlos Augusto Brandão de Carvalho

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências** no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal.

Seropédica, RJ
Agosto de 2016

633.2

S586r

T

Silva, Aline Barros da, 1989-

Respostas agronômicas e nutricionais do capim-massai submetido a doses e fontes de uréia comum e de eficiência aumentada / Aline Barros da Silva. - 2016.

49 f.: il.

Orientador: Carlos Augusto Brandão de Carvalho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Zootecnia.

Bibliografia: f.30-37.

1. Gramínea - Teses. 2. Capim - Massai - Teses. 3. Capim - Massai - Nutrição - Teses. 4. Capim - Massai - Adubos e fertilizantes - Teses. 5. Uréia como fertilizante - Teses. 6. Nitrogênio - Fixação - Teses. I. Carvalho, Carlos Augusto Brandão de, 1971- II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

Aline Barros da Silva

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências** no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de Concentração em Produção Animal.

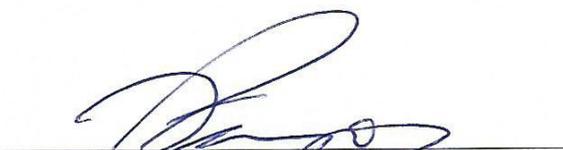
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 19/08/2016



Carlos Augusto Brandão de Carvalho Dr. UFRRJ
(Orientador)



Ana Paula Pessim de Oliveira Dr^a. UFRRJ



Fábio Prudência de Campos Dr. APTA-SP

DEDICATÓRIA

“Tudo tem o seu tempo determinado... há tempo de plantar e tempo de colher o que se plantou...” Eclesiastes 3.1-2.

“Nunca deixe ninguém dizer que você não pode fazer alguma coisa. Se você tem um sonho, tem que correr atrás dele. As pessoas não conseguem vencer, e dizem que você também não vai vencer. Se quer alguma coisa, corra atrás”.
(Filme à procura da Felicidade)

“A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original.” Albert Einstein

*À Deus,
Aos meus pais Paulo José (in memoriam) e Luzia,
Ao meu noivo Danilo,
À minhas irmãs Idalina e Anna Paula,
Ao meu sobrinho Arthur,
Aos meus avós Esther e Milton.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por estar comigo em todos os momentos da minha vida me guardando, dando ânimo e capacitando para vencer os desafios.

À UFRRJ, em especial, ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização deste curso. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, pela concessão da bolsa de estudo. À Produquímica pela doação da ureia revestida.

Ao professor Carlos Augusto Brandão de Carvalho por sua orientação, oportunidades, por todas as críticas, elogios, que me guiaram até o fim desse trabalho. Muito obrigada!

Aos amigos e estagiários do experimento: Diego, Fábio, Alex e Pedro que sempre mostraram grande dedicação e iniciativa em todas as atividades do experimento, sempre com muita alegria e responsabilidade.

Aos meus pais Paulo José da Silva (*in memoriam*) e Luzia Barros da Silva pela educação, formação cristã, pelo incentivo, orações e lições de vida, além de todo o amor.

Ao meu noivo Danilo Antonio Morenz por todo amor, dedicação, paciência e companheirismo ajudando a conduzir os meus projetos.

À minha irmã Idalina pelo carinho.

À Anna Paula, minha irmãzinha que foi a minha força e também grande companheira na condução do experimento.

Ao meu sobrinho Arthur Barros da Silva Breda, que mesmo tão pequeno me deu forças para superar as perdas e continuar a caminhar e a lutar pelos sonhos.

Ao meu avô Milton Barros e avó Esther Barros da Silva pela formação cristã, pelas orações, por todo amor e carinho.

Aos meus amigos e futuro sogros Márcia Mendes A. Morenz e Irton da Veiga Morenz por todo apoio, amizade e confiança.

Aos meus tios Ataíde Silva (*in memoriam*), Darci Silva, Lúcia Barros, Raquel Barros, Erli da Silva, Anna Emília (Anita), Cenira por todo o carinho e apoio.

Aos funcionários da Rural, minha família adotiva, Raul, Décio, Pedro Timóteo (Seu Pedro), Roberto, Tia Leni, Tia Cida, Simone, Seu Jô, Marquinho, Felipe e Evandro (Equipe do laboratório). Aos amigos da Imprensa Universitária.

Ao mestre Valter Barbosa (CTUR) por me apresentar a Zootecnia.

Ao professor Carlos Elysio (Cazé) pela orientação desde os primeiros passos na pesquisa científica, por sua motivação e amizade.

À professora Flávia Jesus de Almeida (*in memoriam*) por sua amizade e ensinamentos, os quais foram, e sempre serão importantes por toda minha vida.

As minhas amigas Dalila, Mara, Laura, Karina, Sue Elen, Fabiana, Beatriz, Isabela, Jacqueline, Luana, Taís, Mariane, Raquel e Monique pela parceria, incentivo e apoio nas horas felizes e difíceis.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos vocês muito obrigada!!!

BIOGRAFIA

Aline Barros da Silva, filha de Paulo José da Silva e Luzia Barros da Silva, nascida em 29 de novembro de 1989 na cidade do Rio de Janeiro – RJ.

Em 2006, ingressou no ensino médio e técnico em agropecuária orgânica no Colégio Técnico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (CTUR – Seropédica), com conclusão em 2008.

Em 2009, ingressou no ensino superior no curso de Bacharelado em Zootecnia na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ – Seropédica), com conclusão no 1º Semestre de 2014. Durante a graduação, estagiou no setor de Caprinocultura da Fazenda da UFRRJ (2010 a 2012), foi bolsista de apoio técnico do programa de extensão universitária da UFRRJ (PROEXT/ 2012 a 2013), monitora na área de nutrição animal aplicada (2013) e bolsista de Iniciação Científica do Programa PROIC/UFRRJ (2013 a 2014).

No segundo semestre de 2014 ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UFRRJ com bolsa da CAPES e desenvolveu pesquisa na área de manejo e ecofisiologia de plantas forrageiras.

RESUMO

SILVA, Aline Barros da. **Respostas agronômicas e nutricionais do capim-massai submetido a doses e fontes de ureia comum e de eficiência aumentada.** 2016. 49 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia, Produção Animal). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

A busca pela melhor eficiência da adubação nitrogenada justifica a necessidade da avaliação de fontes e doses de nitrogênio (N) que promovam menores perdas para o ambiente, além de maior produtividade e qualidade da forragem produzida. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a composição morfológica, as características estruturais e o valor nutricional da forragem do *Panicum maximum* cv. Massai, cultivado sob fontes de ureia (comum e revestida por Policote®) e doses de N (200, 400 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹), durante as estações de outono, inverno e primavera de 2014, verão e outono de 2015. O Experimento foi conduzido na UFRRJ, Seropédica/RJ, sob delineamento de blocos completos casualizados em arranjo fatorial (3x2) + 1, com quatro repetições. Para análise de variância dos dados utilizou-se o PROC MIXED do SAS® (versão 9.2), a 5% de probabilidade. As médias dos tratamentos foram comparadas pela PDIFF (p<0,05), e os efeitos quantitativos pelo PROC REG do SAS® (p<0,05). Houve interação (p<0,05) entre doses, fontes de ureia, e estações do ano para massa de forragem (MF), porcentagens de massas secas de lâminas foliares (PMSLF), de colmos (PMSC), e de material morto (PMSMM), relação lâmina foliar: colmo (RLFC), taxa de acúmulo de forragem (TAF), eficiência da utilização do nitrogênio (EUN), e para os teores de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) da forragem. Já a altura (ALT) dos dosséis, densidade populacional de perfilhos (DPP), peso por perfilho (PP) e densidade volumétrica da forragem (DVF), bem como os teores de matéria mineral (MM) e de fibra em detergente neutro (FDN) da forragem variaram (p<0,05) com a interação entre dose de N e estação do ano. A MF aumentou linearmente com a adubação nitrogenada até a dose de 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N nas estações de inverno e primavera para ambas as fontes de ureia. Maiores doses de N promoveram maiores PMSLF e menores PMSC e PMSMM na MF, além de proporcionar maiores DPP, DVF e TAF do capim-massai, durante as estações estudadas. Houve efeito quadrático positivo para EUN durante o outono 1, primavera, verão e outono 2 para ureia comum e revestida, com maiores pontos de máximo para ureia revestida, e durante o inverno houve efeito linear positivo somente para ureia revestida. Maior valor médio de PB foi verificado na primavera (11,76%), e menor no outono/inverno (9,15%), e o uso da ureia revestida promoveu maiores teores de PB na forragem que a ureia comum em todas as estações (médias gerais de 10,40% e de 9,41%, respectivamente). O teor PB aumentou linearmente com o incremento de doses de N em todas as estações, enquanto que os teores de FDN reduziram linearmente com aumento dessas doses, exceto para a estação outono 2 (não houve efeito de dose de N – p>0,05). A intensificação da adubação nitrogenada favorece a participação de lâminas foliares na massa de forragem, beneficia as características estruturais, o acúmulo de forragem, e o valor nutricional do capim-massai. O uso de ureia revestida promove maior EUN durante todas as estações do ano.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada. Estações do ano. *Panicum maximum*.

ABSTRACT

SILVA, Aline Barros da. **Agricultural and nutritional answers of the massai-grass subjected to doses and common and increased efficiency urea sources.** 2016. 49 p. Dissertation (Master Science in Animal Science). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

The search for the best efficiency in the nitrogen fertilization justifies the need in the evaluation in nitrogen (N) sources and doses what promote lower losses in the ambient, beyond higher productivity and quality of the forage produced. In that contest, this study aimed to evaluation the morphological composition, structural characteristics and nutritional value of the *Panicum maximum* cv. Massai forage, cultivated under urea sources (common and coated Policote[®]) and N doses (200, 400 e 600 kg ha⁻¹ year⁻¹), during autumn, winter and spring 2014, summer and autumn 2015 seasons. The experiment was conducted in UFRRJ, Seropédica/RJ, under a complete block randomized design with four replications in a factorial arrangement (3x2) + 1. The variance analysis of data was performed using the PROC MIXED of the SAS[®] (9.2 version), a 5% probability. The means of treatments were compared using PDIFF (p<0.05), and the quantitative effects using a PROC REG of SAS[®] (probability<0.05). There was interaction (p<0.05) between doses, sources of urea, and seasons for the forage mass (FM), percentages of leaf blades (LBDMP), stem (SDMP) and dead material (DMDMP) dry matter, leaves blades: steams ratio (LBSR), forage accumulation rate (FAR), nitrogen use efficiency (NUE), and for dry matter (DM) and crude protein (CP) content of the forage. Since the canopy height (CH), tiller population density (TPD), weight per tiller (WT) and forage bulk density (FBD), mineral matter (MM) and insoluble neutral detergent fiber (NDF) contents of the forage varied (p<0.05) due to N rates and seasons interaction. There was a linear increased in the FM with increasing of N doses until to the 600 kg ha⁻¹ yr⁻¹ level in the winter and spring seasons by both urea sources. The increasing N doses promoted higher LBDMP and lower SDMP and DMDMP of the FM, besides providing increased TPD, FBD and FAR of the massai grass forage, during all seasons studied. There was a quadratic positive effect for NUE during autumn 1, spring, summer and autumn 2 for common and coated urea, with higher maximum points for coated urea. And during the winter there was a positive linear effect only for coated urea. Higher average values of the CP were verified on the spring (11.76%), and lower on the autumn/winter (9.15%), and the use of coated urea providing higher CP levels of the forage than common urea in all seasons (10.40% and 9.41% general average, respectively). The CP content increased linearly with the increase of N levels in all seasons, while the NDF reduced linearly with increasing of these levels, except for the fall season 2 (there was not effect for N dose - p>0.05). Intensification of nitrogen fertilization favors the leaf blades participation in the forage mass, benefiting the structural characteristics, the forage accumulation, and the nutritional value of Massai grass. Coated urea promotes greater NUE during all seasons of the year.

Keywords: Nitrogen fertilization. *Panicum maximum*. Seasons of the year.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Análise química do solo em função dos blocos (Área Experimental – UFRRJ) em Seropédica, RJ.....	9
Tabela 2. Valores médios de massa de forragem (MF), porcentagens de massas secas de lâminas foliares (PMSLF), de colmos (PMSC) e de material morto (PMSMM) do capim-massai em função das fontes de ureia e das doses de nitrogênio, durante as estações outono (outono 1), inverno e primavera de 2014, verão e outono (outono 2) de 2015.....	17
Tabela 3. Valores médios da altura (ALT), densidade populacional de perfilhos (DPP), peso por perfilho (PP) e densidade volumétrica da forragem (DVF), do dossel do capim-massai em função das doses de nitrogênio e das estações de outono/inverno e primavera de 2014, verão e outono 2 de 2015.....	18
Tabela 4. Valores médios da relação lâmina foliar e colmo (RFC) e taxa de acúmulo da forragem (TAF) do capim-massai em função das fontes de ureia e das doses de nitrogênio, durante as estações outono (outono 1), inverno e primavera de 2014, verão e outono (outono 2) de 2015.....	20
Tabela 5. Valores médios da eficiência do uso do nitrogênio (EUN) no capim-massai, em função das fontes de ureia e das doses de nitrogênio, nas estações de outono 1, inverno e primavera de 2014, verão e outono 2 de 2015.....	21
Tabela 6. Valores médios dos teores de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) do capim-massai em função do tratamento da ureia e das doses de nitrogênio, durante as estações outono/inverno e primavera de 2014, verão e outono 2 de 2015.....	22
Tabela 7. Valores médios da matéria mineral (MM) e fibra em detergente neutro (FDN) do capim-massai em função das doses de nitrogênio e das estações de outono/inverno e primavera de 2014, verão e outono de 2015.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área experimental	8
Figura 2. Precipitação (mm), temperatura máxima - °C (linha contínua preta) e temperatura mínima - °C (linha tracejada) de abril de 2014 a agosto de 2015 para a área experimental.....	10
Figura 3. Extrato do balanço hídrico mensal de abril de 2014 a agosto de 2015, segundo Thornthwaite & Mather (1955) - Fonte: Banco de dados do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).....	10
Figura 4. Croqui da área experimental com distribuição dos tratamentos nas parcelas.....	11
Figura 5. Precipitação (mm) média acumulada (barra) e temperatura máxima (linha contínua preta), média (linha pontilhada) e, mínima (linha tracejada) (°C) média acumulada nas estações outono, inverno e primavera de 2014, verão e outono de 2015.....	15

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 <i>Panicum maximum</i> cv. Massai.....	3
2.2 Fertilização Nitrogenada.....	4
2.3 Revestimento da Ureia.....	6
3 MATERIAL E MÉTODOS	8
3.1 Área Experimental.....	8
3.2 Espécie Vegetal e Histórico da Área.....	8
3.3 Dados Climáticos.....	9
3.4 Delineamento Experimental e Tratamentos.....	11
3.5 Monitoramento das Condições Experimentais.....	11
3.6 Avaliações.....	12
3.6.1 Massa, acúmulo, relação lâmina foliar e colmo, densidade volumétrica e composição morfológica da forragem.....	12
3.6.2 Eficiência do uso do nitrogênio.....	13
3.6.3 Densidade populacional de perfilhos e peso por perfilhos.....	13
3.6.4 Valor nutricional da forragem.....	13
3.7 Análise Estatística.....	13
4 RESULTADOS	15
4.1 Precipitação Pluviométrica e Temperatura do Ar.....	15
4.2 Composição Morfológica.....	15
4.3 Características Estruturais, Acúmulo de Forragem e Eficiência de Uso do N.....	18
4.4 Valor Nutricional.....	22
5 DISCUSSÃO	24
5.1 Composição Morfológica.....	24
5.2 Características Estruturais, Acúmulo de Forragem e Eficiência de Uso do N.....	25
5.3 Valor Nutricional.....	26
6 CONCLUSÕES	29
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
8 ANEXOS	39
A Distribuição das estações no intervalo de cortes (Tabelas: 8 a 16).....	39
B Análise química de solo realizada ao final do experimento.....	48
C Gráfico do balanço hídrico mensal em Seropédica, calculado a partir de série histórica climática de 30 anos.....	49

1 INTRODUÇÃO

As pastagens cobrem 26% da superfície terrestre, equivalendo acerca de 70% das áreas agrícolas mundiais (FAO, 2011), e no Brasil, são consideradas como a principal fonte de alimento para a produção de ruminantes, devido a fatores econômicos, à diversidade climática e de espécies, e também pela produtividade e qualidade dos pastos encontrados nas diferentes regiões do país que contribuem para um menor custo da forragem. Contudo, conciliar alta produção de forragem e perenidade do pasto com elevada produção animal exige adequação do manejo da desfolhação e o estabelecimento de um equilíbrio que respeite os limites específicos de cada espécie forrageira, como o acréscimo da resposta produtiva por meio do uso de doses de fertilizantes e a preservação do meio ambiente.

As características estruturais da forragem são consideradas ferramentas de grande relevância para auxiliar no manejo da desfolha. A estrutura do pasto pode ser definida como a distribuição e o arranjo dos componentes tais como altura da planta, densidade de folhas, relação folha-colmo, proporção de material senescente (SIMON & LEMAIRE, 1987) da parte aérea da planta dentro de uma comunidade. Segundo Bauer et al. (2011), as características estruturais do dossel forrageiro são consideradas indispensáveis para estabelecimento de práticas de manejo que promovam a conservação e a dominância das espécies. Por meio do estudo das características estruturais é possível verificar como a comunidade vegetal está utilizando os recursos abióticos (luz, água e nutrientes) disponíveis e quais são os efeitos diretos que ocorrem sobre o comportamento ingestivo do animal, especialmente sobre o consumo (NEWMAN et al., 1994).

A adubação de pastagem é uma importante estratégia adotada visando o aumento em produtividade e competitividade na pecuária. Diversas alternativas tecnológicas têm sido propostas e, dentre elas, a utilização da adubação nitrogenada de pastagens tem adquirido posição de destaque (COAN et al., 2011), pois sabe-se que o nitrogênio (N) é essencial para o crescimento das plantas, e um dos nutrientes absorvidos em grandes quantidades, além de ser normalmente o fator mais limitante na produção de pastagens.

A adubação nitrogenada permite aumentar a massa seca e melhorar as características nutricionais da forragem, principalmente por esse aumento na proporção de folhas que é a parte mais nutritiva da planta, segundo Cecato et al. (2001), o nitrogênio proporciona aumentos nos teores de proteína bruta, e redução nos teores da fibra insolúvel em detergente neutro e ácido na MS da forragem, com isso permitiu o animal diminuir o tempo de pastejo por satisfazer suas exigências.

Contudo, o uso de fertilizantes nitrogenados ainda é limitado pelos pecuaristas, mesmo que o potencial produtivo das forrageiras na pastagem possa ser melhorado com a adubação nitrogenada. Isto se deve ao seu custo, em virtude da extensão das áreas envolvidas e da necessidade de aplicações frequentes, além de poder ser facilmente perdido quando não associado à parte orgânica do solo (VITOR et al., 2008).

Aliado a isso, a utilização do nitrogênio em sistemas de produção objetiva o aumento na sustentabilidade da comunidade vegetal e, a busca por fontes que propiciem o fornecimento do nutriente com menores perdas, incentiva à utilização de fertilizantes de eficiência aumentada (TREKNEL, 2010). Os adubos de eficiência aumentada, também conhecidos com fertilizantes de liberação lenta ou controlada, apresentam resultados promissores em culturas como o arroz (YANG et al., 2013), a batata (ZIADI et al., 2011; WILSON, et al., 2009), o milho (GAGNON et al., 2012; GRANT et al., 2012; KAPPES et al., 2009; NOELLSCH et al., 2009), pomares de citros (GIRARDI & MOURÃO FILHO, 2003), trigo (NASH et al., 2012; YANG et al., 2011), dentre outras.

Contudo, na literatura científica, dados do uso de adubos de eficiência aumentada em pastagens são escassos, sendo mais comumente encontrados para culturas anuais e perenes, como exemplo o milho e a laranja (SANTINI, 2014). Ainda mais raros são os trabalhos que avaliaram estes produtos por períodos mais longos, como no caso das pastagens que passam por seus ciclos produtivos e reprodutivos várias vezes durante seu período de utilização e que, portanto, necessitam dos nutrientes durante todo o ano.

O estudo proposto baseia-se na hipótese de que o aumento de doses de N com a utilização de adubo nitrogenado de eficiência aumentada (ureia revestida) resulta em maior acúmulo e melhor valor nutricional da forragem de capim-massai, principalmente quando as condições climáticas são desfavoráveis e levam a maiores perdas do nitrogênio.

Nesse contexto, o presente trabalho foi elaborado com o objetivo de avaliar os efeitos do revestimento da ureia e de doses de N sobre as características estruturais, o acúmulo de forragem e o valor nutricional do capim-massai, durante as estações de outono 1, inverno e primavera de 2014, verão e outono 2 de 2015.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Panicum maximum* cv. Massai

Gramíneas do gênero *Panicum* estão entre as forrageiras mais utilizadas em sistema de produção animal no Brasil (GOMES et al., 2011), devido a sua adaptação a climas tropicais e subtropicais e elevada produção de matéria seca por hectare, ampla adaptabilidade, boa qualidade de forragem e facilidade de estabelecimento.

A espécie é a forrageira tropical mais produtiva propagada por sementes e tem despertado a atenção de pecuaristas também por sua abundante produção de folhas longas, porte elevado e de alta aceitabilidade pelos animais das mais variadas categorias e espécies de ruminantes e monogástricos herbívoros, sobretudo os equídeos (FONSECA & MARTUSCELLO, 2010).

No Brasil já foram lançados, por diversas instituições de pesquisa, várias cultivares de *P. maximum*, tais como: Tobiata, Vencedor, Centenário, Centauro, Aruana, Tanzânia, Mombaça e Massai. As cultivares de *P. maximum* disponíveis comercialmente são adaptadas a solos profundos, bem drenados e de boa fertilidade. Contudo, o manejo inadequado e a perda de fertilidade do solo podem promover rápida degradação destas pastagens, comprometendo tanto sua qualidade quanto sua produtividade (COSTA et al., 2010).

O capim-massai (*Panicum maximum* cv. Massai), é um híbrido espontâneo entre *P. maximum* e *P. infestum* (REGISTRO SNPA BRA 007102, e ORSTOM T21), coletado em 1969, selecionado inicialmente pela Embrapa Gado de Corte em Campo Grande, MS, lançado comercialmente em 2001 pela Embrapa Gado de Corte e parcerias (EMBRAPA, 2001).

É uma gramínea promissora para uso intensivo, devido suas características relevantes e desejáveis, como alta produção de biomassa foliar, baixa produção de colmo, elevada relação lâmina foliar/colmo, alta capacidade de perfilhamento, boa cobertura de solo, entre outras (LOPES, 2012). Em relação às outras cultivares de *Panicum maximum*, a cultivar Massai apresenta diferenças morfológicas acentuadas, como maior tolerância à acidez e a baixa fertilidade dos solos e a outros estresses ambientais, mas seu valor nutritivo é inferior (BRÂNCIO et al., 2003; VALENTIM et al., 2001).

É uma planta cespitosa de porte baixo (aproximadamente 0,6m), com folhas estreitas, eretas e quebradiças nas pontas, considerada precoce por florescer e produzir sementes várias vezes ao ano, com florescimento intenso, rápido e agrupado, concentrado, sobretudo em maio (até 85 kg ha⁻¹, em parcelas) (EMBRAPA, 2001).

As lâminas foliares do capim-massai apresentam na sua constituição a estrutura *girder* I e valores de bainha parenquimática dos feixes superiores aos do mesófilo (BASSO & BARBEIRO, 2015; EUCLIDES et al., 2008; LEMP et al., 2007). Essas características podem reduzir o valor nutritivo, afetar a facilidade e extensão da quebra, reduzir o consumo e digestão do capim-massai pelos ruminantes (VOLPE et al., 2008; WILSON, 1997),

Apesar do valor nutritivo inferior a outros cultivares de *Panicum maximum*, o cv. Massai destaca-se por apresentar produção de massa seca de folhas (15,6 t ha⁻¹) semelhante ao cv. Colonião (14,3 t ha⁻¹), além da maior capacidade de produção de folhas em relação aos colmos (30%), de rebrota (83%), e menor estacionalidade de produção (53%) que o capim-colonião, mesmo com menor porte (60 cm para Massai versus 150 cm para Colonião) (EMBRAPA, 2001). Somado a isto, também apresenta alta porcentagem de folhas na massa de forragem (80%) semelhante aos cultivares Tanzânia-1 e Mombaça, denotando seu potencial produtivo e fenológico para produção forrageira, além de elevados percentuais de proteína bruta (PB) nas folhas (12,5%) e nos colmos (8,5%), semelhantes ao cultivar

Tanzânia-1 (EMBRAPA, 2001). Não menos importante, outro aspecto relevante de adaptação do capim - massai é sua resistência à cigarrinha-das-pastagens (*Notozulia entreciana*), para o qual é considerado mais resistente que os cultivares Tanzânia-1, Mombaça e Tobiata (VALÉRIO, 2013).

Euclides et al. (2008) obtiveram 3,5 t. ha⁻¹ de massa de matéria seca total e 2,0 t. ha⁻¹ de matéria seca verde, da qual 45,5% eram de material morto, 12,7% de colmo e 41,8% de lâmina foliar para a cv. Massai no pré-pastejo. Brâncio et al. (2003) estudaram a massa de forragem, altura do resíduo pós-pastejo e a composição morfológica de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo e concluíram que o capim-massai apresentou maiores densidade e relação folha:colmo e menor relação folha:material morto. Da mesma forma Emerenciano Neto et al. (2013) avaliaram duas cultivares de *Panicum maximum* (Aruana e Massai) e duas de *Brachiaria brizantha* (Marandu e Piatã), e verificaram maior teor de matéria seca, maior massa de forragem e maior massa seca de lâminas foliares para o cultivar Massai no estrato de 25 a 50 cm de altura em pré-pastejo.

Quanto à adaptação edáfica, o capim-massai adapta-se melhor em solos de textura média a argilosa e exige níveis médios a altos de fertilidade do solo, contudo, é o cultivar de *Panicum maximum* menos exigente quanto à adubação de manutenção, o mais tolerante ao alumínio do solo e o que persiste maior tempo em baixa fertilidade com boa produção sob pastejo (EMBRAPA, 2001). Somado a isso, o capim-massai é promissor para locais sujeitos a alagamentos temporários, devido responder positivamente ao alagamento, com aumento de seu sistema radicular (LAURA et al., 2005). Também é considerado tolerante e com produção satisfatória em ambientes com níveis de sombreamento de 30 a 50% (ALMEIDA, 2012).

2.2 Fertilização Nitrogenada

A exploração intensiva e sustentável da forragem é dependente da fertilidade do solo (SOARES, 2015). Neste contexto, a adubação nitrogenada e fosfatada aumenta a produção de massa e melhora o valor nutritivo dos capins do gênero *Panicum* (SOARES, 2015; PATÊS et al., 2008; FAGUNDES et al., 2006). O nitrogênio é o principal nutriente para a manutenção da produtividade das gramíneas forrageiras (OKUMURA et al., 2011), é um macronutriente que representa de 20 a 40 g kg⁻¹ da massa seca dos tecidos vegetais, sendo componente integral de muitos compostos essenciais ao processo de crescimento vegetal. Este nutriente constitui os aminoácidos e proteínas, e são indispensáveis nos núcleos celulares e protoplasma, além de contribuir com quatro átomos na molécula de clorofila (RODRIGUES, 2006). É fundamental para o aproveitamento de carboidratos na planta, intensificação do crescimento e o desenvolvimento de folhas, caules, raízes e perfilhos, favorecendo maior absorção de nutrientes (EICHLER et al., 2008; RODRIGUES, 2006; MALAVOLTA, 2006).

Ainda, segundo Basso et al. (2010), a adubação nitrogenada associada aos fatores climáticos favoráveis pode potencializar a assimilação do nitrogênio pela planta, que estimula o perfilhamento e, conseqüentemente, aumenta o aparecimento de folhas na planta.

Na literatura há resultados de trabalhos que evidenciam aumentos nas taxas de aparecimento de folhas em gramíneas tropicais sob uso de maiores níveis de nitrogênio e, de forma indireta, em características estruturais como tamanho da folha, densidade populacional de perfilhos, número de folhas vivas por perfilho (EICHLER et al., 2008; FAGUNDES et al., 2006) e, possivelmente, na altura média dos pastos (CASTAGNARA et al., 2011; QUADROS et al., 2002). Além de influenciar no valor nutritivo das forrageiras, promovendo variações na composição química da MS das plantas (FRANÇA et al., 2007).

Entretanto, o uso da adubação nitrogenada é limitado pelo custo, em função do tamanho das áreas e da necessidade de aplicações constantes devido a perda de nitrogênio quando não associado a parte orgânica do solo (VITOR et al., 2008).

As perdas de N podem ocorrer por diversos fatores como o pH alcalino do solo, baixa capacidade de troca de cátions, baixa capacidade tampão do hidrogênio, alta temperatura, baixa umidade e altas doses de nitrogênio, podendo ser pela ação de um ou do conjunto desses fatores (OLIVEIRA & BALBINO, 1995).

Quando utilizado em quantidades excessivas ou condições desfavoráveis, o N pode ser perdido, podendo ser transferido para outros locais ou ecossistemas, convertendo-se em poluentes de águas superficiais ou subterrâneas (CANTARELLA, 2007). Segundo Da Ros (2005) os adubos nitrogenados minerais aplicados como fertilizantes são altamente solúveis em água e, desse modo, os produtos finais da dissolução ou hidrólise, como a amônia (NH_3), amônio (NH_4^+) ou nitrato (NO_3^-), seguem diferentes destinos no solo, podendo ser lixiviados na forma de nitrato, volatilizados na forma de amônia e imobilizados pela biomassa microbiana. Em relação às perdas de amônia por volatilização, estas estão associadas ao contato da uréia com o solo (CERETTA, 1997) e à atividade da urease (MOAL et al., 1995; ECKERT et al., 1986; MCINNES et al., 1986; NELSON et al., 1980), à umidade e à temperatura do solo. Os íons NH_4^+ e NO_3^- são as formas predominantes de N mineral disponíveis às plantas, e a concentração desses íons ao longo do perfil do solo é muito variável. Nas camadas superficiais de alguns solos, aproximadamente 5% do N total está sob a forma de NH_4^+ , e em camadas subsuperficiais a quantidade de N amoniacal pode atingir valores de até 50% do total de N (KEENEY & BREMNER, 1964; WALSH & MURDOCK, 1960).

Uma importante forma de perda do nitrogênio é a lixiviação do nitrato (NO_3^-), que é a forma mineral de nitrogênio predominante nos solos sem restrição de oxigênio. Devido ao predomínio de cargas negativas na camada arável, a sua adsorção eletrostática é insignificante. Desta forma, o nitrato permanece na solução do solo, o que favorece sua lixiviação no perfil para profundidades inexploradas pelas raízes (HONG et al., 2007; CERETTA & FRIES, 1997).

A volatilização da amônia não implica somente em danos econômicos, mas também ambientais, pois o referido processo constitui uma considerável fonte de amônia para atmosfera. Sendo a maior parte desta amônia depositada não muito longe do local de sua aplicação (SUTTON et al., 2003), contribuindo significativamente para a acidificação dos solos e a eutrofização da água. A quantificação do fertilizante perdido na forma gasosa contribui para a compreensão do balanço deste nutriente no ecossistema de pastagens e a compreensão desta dinâmica, através de sua mensuração, pode auxiliar no entendimento dos fluxos de N entre os compartimentos da planta e do solo, permitindo avaliar as melhores doses e estratégias de fertilização a serem empregadas. Nesse sentido, Leão (2008) verificou redução da volatilização de nitrogênio e da atividade da urease para os tratamentos onde foi utilizada a ureia revestida com polímeros quando comparada com a ureia convencional na adubação em cobertura na cultura do milho. Neste estudo, para a dose de 80 kg ha^{-1} de N houve cerca de 7,5% de perda de N por volatilização, enquanto que para a mesma dose da ureia comum, estas perdas foram de aproximadamente 14%.

Martha Júnior (1999) e Primavesi et al. (2001) trabalhando com gramíneas tropicais indicaram que grande quantidade do N proveniente da ureia aplicada superficialmente em pastagens pode ser rapidamente perdida do sistema solo-planta. No caso da utilização da ureia como fonte de adubo nitrogenado, as perdas de nitrogênio devido à volatilização da amônia, pode alcançar, em situações extremas, 96% do total aplicado (BRADY, 1989). Esse fato é

merecedor de atenção especial, uma vez que a ureia, entre os adubos nitrogenados, é o mais comumente utilizado pelo produtor agropecuário, por ser de fácil aplicação, possuir elevado teor de nitrogênio e apresentar um dos menores custos por unidade de peso do nutriente em relação aos outros adubos nitrogenados.

Deve-se considerar também que os fatores climáticos como a temperatura e a precipitação pluviométrica geralmente são aqueles de maior importância no processo de perdas do nitrogênio por volatilização (ALVES et al., 2011) e também por lixiviação, principalmente em solos arenosos e rasos (CANTARELLA, 2007), sendo agregado a outros fatores como, por exemplo, a velocidade do vento (MARTHA JÚNIOR, 2004; HARPER; SHARPE, 1995).

Portanto, investigações quanto aos níveis e formas de utilização do N, visando maior eficiência da adubação nitrogenada, se fazem necessárias a fim de elucidar os mecanismos e as melhores estratégias que regem e incrementam, respectivamente, a produtividade dos pastos em ambiente tropical.

2.3 Revestimento da Ureia

Entre os fertilizantes nitrogenados mais comuns, o mais utilizado no mundo é a ureia, devido ao menor custo por quilograma de N (MARTINS et al., 2014; SILVA et al., 2012; PEREIRA et al., 2009), alta solubilidade e ao alto teor de N no fertilizante (45% N), o que favorece o transporte, a estocagem, o manuseio e a aplicação no campo via solo e via foliar (MATTOS JUNIOR et al., 2002). No entanto, esta apresenta como desvantagens uma alta higroscopicidade e maior suscetibilidade a perda por volatilização, principalmente quando aplicada superficialmente no solo (FARIA et al., 2014; BONO et al., 2008; JONES et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2007). Na superfície do solo a ureia pode sofrer hidrólise pela enzima urease, que converte o R-NH₂ para NH₄⁺, ao retirar o H⁺ do meio. Essa reação promove elevação no pH do solo próximo aos grânulos de fertilizantes, favorecendo a transformação do NH₄⁺ para NH₃, sendo esta uma forma gasosa e passível de perdas por volatilização (KIEHL, 1989). Assim, a busca por maior eficiência do uso da adubação nitrogenada é o maior desafio para reduzir as perdas desse nutriente para os ambientes dos sistemas de produção.

Nesse sentido, várias estratégias estão sendo desenvolvidas com o intuito de minimizar as perdas de N e aumentar a eficiência do uso de suas fontes e, dentre estas, incluem-se o uso de inibidores de urease e de nitrificação, a adição de compostos acidificantes, e o uso de ureia revestida com polímeros ou gel, também conhecidos como fertilizantes de liberação lenta ou controlada (SILVA et al., 2012). Os resultados obtidos por Owens et al. (1999), Pack et al. (2006) e Valderrama et al. (2009) confirmam haver redução da lixiviação de NO₃⁻ com a utilização de fertilizantes de liberação controlada em relação à ureia convencional, assim como aqueles de Fernández-Escobar et al. (2004) permitem constatar menores perdas de N com uso de ureia revestida em comparação com a ureia comum, sobretudo durante o primeiro mês de aplicação. Somado a isso, Valderrama et al. (2011) avaliaram o efeito de dose e fonte de ureia na produção de milho e constataram que houve interação (p<0,05) entre as duas fontes de variação e que, quando utilizada ureia polimerizada, foi obtida maior produtividade do milho sob todas as doses estudadas.

Isto se deve ao fato do revestimento da ureia se constituir numa barreira física contra a exposição do nutriente e, no caso do revestimento com polímeros, a liberação se dá através da difusão pela camada de cobertura, determinada pela característica química do polímero, da espessura, do processo de cobertura e da temperatura do meio (SILVA et al., 2012; BLAYLOCK, 2007). Assim, conclui-se que os polímeros propiciam condições de controle e

podem ser produzidos para sincronizar a liberação do N de acordo com as necessidades nutricionais das plantas ao longo do ciclo de cultivo (CHIEN et al., 2009). E nesse sentido, o revestimento da ureia, com destaque para os polímeros, vem sendo uma das alternativas para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada (CAHILL et al., 2010; MOTAVALLI et al., 2008).

Com base nessas constatações reportadas na literatura, pode-se afirmar que o emprego de fertilizantes revestidos tem por finalidade disponibilizar os nutrientes por um maior período de tempo para as culturas e otimizar a absorção destes pelas plantas, reduzindo perdas por lixiviação, desnitrificação, imobilização, e ainda por volatilização, aliado à eliminação de danos causados a sementes e raízes por alta concentração de sais, com conseqüente redução da poluição ambiental, o que pode atribuir valor ecológico à atividade agrícola, além de possível redução nos custos dos sistemas de produção (MORGAN et al., 2009; SHAVIV, 2001).

Contudo, deve-se destacar que, ainda são encontradas divergências na literatura quanto à eficácia dos fertilizantes revestidos por polímeros, pois diversos autores (VALDERRAMA et al., 2014; PRANDO et al., 2013; GRANT et al., 2012; CIVARDI et al., 2011; QUEIROZ et al., 2011) não encontraram resultados positivos para uso de ureia revestida nas culturas avaliadas. Somado a isso, a avaliação de custo do uso da ureia revestida também pode contribuir para a limitação do uso desse insumo, visto que os preços de mercado dos fertilizantes de liberação controlada são normalmente superiores, os quais variam de quatro a oito vezes aqueles dos convencionais (TRENKEL, 2010).

Quando revisados os resultados obtidos na literatura disponível para culturas forrageiras, verifica-se que esses ainda são insipientes. Dentre eles, Pires (2014) avaliou o efeito de dose e fontes de ureia para o capim-massai e constatou que, o uso de ureia revestida foi benéfico às características estruturais e ao acúmulo de forragem desta forrageira, sobretudo no período de maior déficit hídrico (estação de outono). Contudo, Segundo Santini (2014), dados na literatura científica com enfoque no uso de fertilizantes revestidos em pastagens são escassos, sendo mais comumente encontrados para culturas anuais como o milho e sorgo (KAPPES et al., 2009), algodão (SOUZA, et al., 2013), pomares de citros (GIRARDI & MOURÃO FILHO, 2003), dentre outras. Portanto, faz-se necessário o incentivo ao estudo do uso da ureia revestida para o cultivo de plantas forrageiras, dado sua importância para o cenário agropecuário nacional e mundial.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área Experimental

O experimento foi conduzido no Campo Experimental do Departamento de Nutrição e Pastagem, do Instituto de Zootecnia, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, município de Seropédica – RJ, situado a 22°45' de latitude Sul e 43°41' de longitude Oeste e a 33 metros de altitude, em área e solo classificado como Planossolo Háplico (RAMOS et al., 1973). O clima da região é do tipo AW (Köppen), com uma estação seca que se estende de abril a setembro e outra quente e chuvosa, de outubro a março. O período experimental teve início no dia 25/04/2014 (corte de uniformização a 15 cm do solo) e término do período de cortes no dia 05/08/2015, com execução das análises químico-bromatológicas até fevereiro de 2016. Dessa forma, as avaliações de campo do capim-massai ocorreram nas estações de outono (25/04 a 21/06), inverno (21/06 a 22/09) e primavera (22/09 a 21/12) de 2014, seguido de verão (21/12/2014 a 20/03/2015) e outono (20/03 a 21/06 de 2015), de acordo com o critério de corte estabelecido com base em 95% de interceptação luminosa para cada repetição avaliada (conforme verificado no Anexo A).



Figura 1. Área experimental.

3.2 Espécie Vegetal e Histórico da Área

A espécie forrageira utilizada foi o capim-massai (*Panicum maximum* cv. Massai), implantada em 05/05/2011. No período de 20/12/2011 a 03/05/2013, foi conduzido um experimento de Dissertação de Mestrado (PIRES, 2014) na área experimental para avaliação da adubação com ureia comum e revestida com Policote[®], e das doses anuais de 0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N no capim-massai, durante o qual os cortes dos tratamentos foram realizados com base no critério de interceptação luminosa (95% IL), com acompanhamento de avaliação simultânea das respectivas alturas dos dosséis forrageiros.

Foram realizadas duas análises químicas do solo, antes e ao final do período

experimental, a fim de monitorar a disponibilidade dos nutrientes no solo nas profundidades de 0-10 e 0-20 cm (Tabela 1). A primeira coleta de amostras de solo para análise química foi realizada em 02/04/2014, as amostras foram analisadas no Laboratório de Análise de Solo, Plantas e Resíduos – LABFER – UFRRJ, Seropédica - RJ. A segunda coleta de amostras de solo foi realizada em 07/08/2015 e analisada no laboratório de análise de solo de Campos dos Goytacazes – RJ. Em ambas as datas de amostragem, foram obtidas amostras compostas por blocos. Na segunda amostragem também foram avaliadas as características químicas do solo em função dos tratamentos (Anexo B).

A partir dos resultados da primeira análise química do solo, no dia 22/08/2014 foi realizada aplicação de 80 kg ha⁻¹ de superfosfato simples (P₂O₅) nas unidades experimentais, seguindo recomendações do manual de adubação do Rio de Janeiro (PORTZ et al., 2013).

No dia 25/04/2014 foi realizado corte de uniformização em todas as parcelas (UE), manualmente e utilizando cutelos, a uma altura média de 15 cm do solo (altura residual), e em 05/05/2014 foram distribuídas as primeiras parcelas dos adubos. Juntamente com a adubação nitrogenada foi realizada aplicação basal de cloreto de potássio (600 Kg de K₂O ha⁻¹ ano⁻¹) nas parcelas juntamente com o adubo nitrogenado, de forma a eliminar diferenças de disponibilidade desses elementos.

Tabela 1. Análise química do solo em função dos blocos (Área Experimental – UFRRJ) em Seropédica, RJ.

Bloco	Profundidade (cm)	Na	Ca	Mg	K	H+Al	Al	S	T	V	pH _{água}	Corg**	P*	K
		Cmol _c /dm ³										1:2,5	%	mg/L
Resultados da primeira análise química do solo (02/04/2014)														
B1	0-10	0,06	2,4	1,1	0,07	2,3	0,0	3,63	5,90	62	5,8	1,24	47	23
B1	0-20	0,06	2,3	1,0	0,06	1,8	0,0	3,42	5,27	65	5,9	0,87	23	23
B2	0-10	0,06	2,0	0,6	0,08	1,8	0,0	2,73	4,50	61	6,1	1,19	19	30
B2	0-20	0,06	2,1	1,8	0,07	1,5	0,0	4,02	5,54	73	6,0	1,12	18	26
B3	0-10	0,05	2,0	1,0	0,07	2,3	0,0	3,12	5,39	58	6,1	0,90	16	28
B3	0-20	0,05	1,9	0,5	0,06	2,2	0,0	2,52	4,70	54	6,1	0,75	14	25
B4	0-10	0,06	2,0	0,6	0,12	2,6	0,0	2,78	5,39	52	6,0	1,12	21	48
B4	0-20	0,06	1,9	0,6	0,09	2,4	0,0	2,64	5,08	52	6,0	0,87	13	34
Resultados da segunda análise química do solo (07/08/2015)														
B1	0-10	0,08	1,4	0,2	0,85	1,4	0,0	2,5	3,9	64	5,0	0,92	24	330
B1	0-20	0,08	1,2	0,1	0,61	2,0	0,0	2,0	4,0	50	5,1	0,82	26	237
B2	0-10	0,10	1,4	0,2	0,91	1,3	0,0	2,6	3,9	67	5,3	0,92	15	357
B2	0-20	0,06	1,3	0,2	0,57	0,9	0,0	2,1	3,0	70	5,4	0,87	12	222
B3	0-10	0,08	1,3	0,2	0,66	1,2	0,0	2,2	3,4	65	5,3	0,87	16	258
B3	0-20	0,06	1,3	0,2	0,48	1,0	0,0	2,0	3,0	67	5,2	0,87	12	186
B4	0-10	0,09	1,2	0,1	0,57	1,1	0,2	2,0	3,1	64	5,4	0,96	20	222
B4	0-20	0,05	1,2	0,2	0,41	0,9	0,0	1,9	2,8	67	5,3	0,77	11	158

* P disponível (Mehlich-1).

** C orgânico (Walkey-Black) x 1,72.

3.3 Dados Climáticos

Os dados meteorológicos de precipitação e temperatura (máxima e mínima) e de balanço hídrico (balanço hídrico normal por THORNTHWAITE & MATHER, 1955), do período experimental (abril de 2014 a agosto de 2015) foram obtidos do conjunto de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) referentes à estação Ecologia Agrícolas, Seropédica – RJ, conforme apresentado nas Figuras 2 e 3, respectivamente.

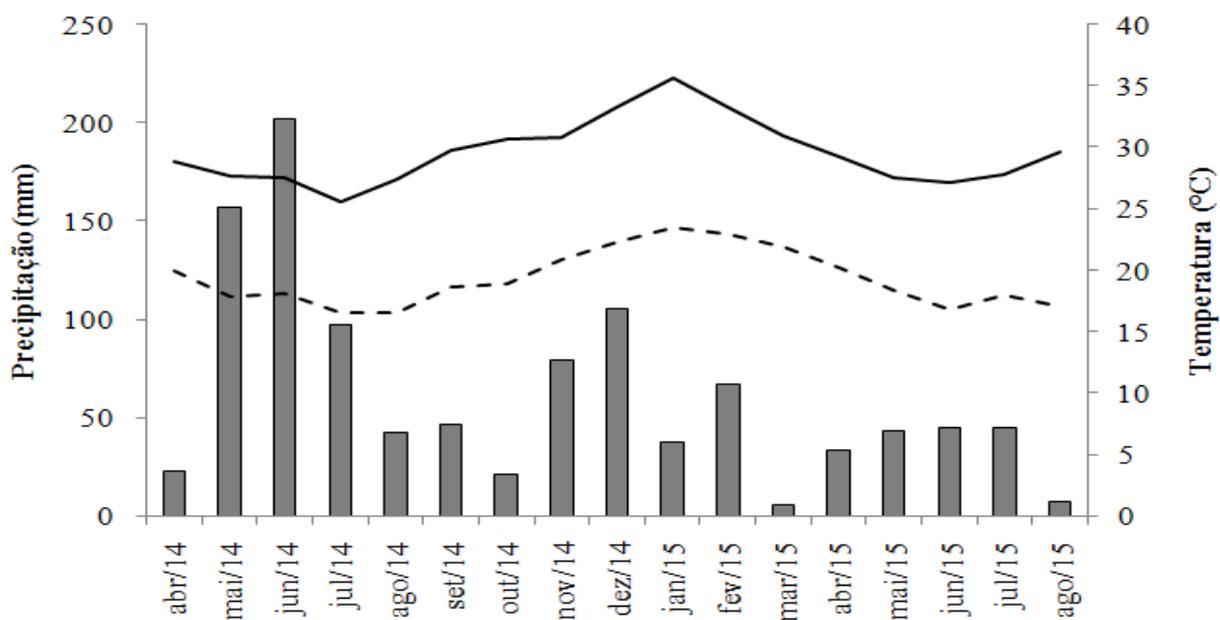


Figura 2. Precipitação (mm), temperatura máxima - C° (---) e temperatura mínima - C° (-) de abril de 2014 a agosto de 2015 para a área experimental.

Durante o período experimental observou-se déficit hídrico no início do experimento (abril de 2014) e, seguido de um período de superávit (de maio a julho de 2014), houve novamente déficit hídrico durante o restante do período experimental (agosto de 2014 até agosto de 2015). Quando estes dados são confrontados àqueles do balanço hídrico dos últimos 30 anos para o município de Seropédica- RJ (Anexo C) verifica-se um padrão diferenciado de comportamento desta variável em relação à média histórica do município.

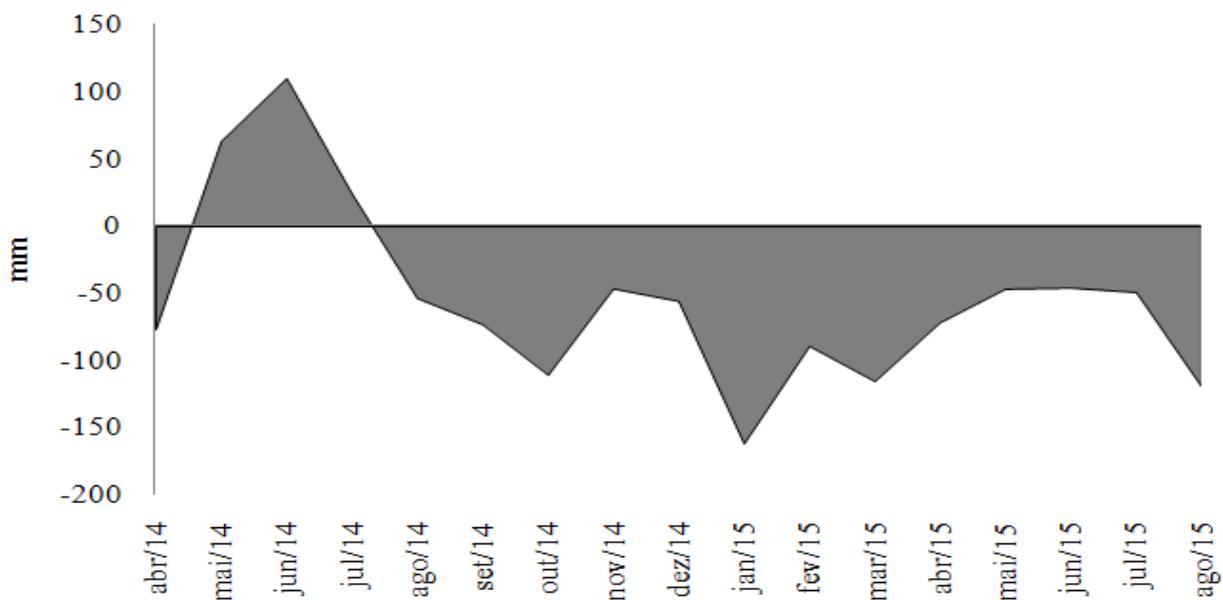


Figura 3. Extrato do balanço hídrico mensal de abril de 2014 a agosto de 2015, segundo Thornthwaite & Mather (1955) - Fonte: Banco de dados do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

3.4 Delineamento Experimental e Tratamentos

O experimento foi delineado em blocos completos casualizados sob arranjo fatorial $(3 \times 2) + 1$, representado por três doses de N (200, 400, 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹), duas fontes de ureia (comum e revestida com Policote®) e um tratamento controle ou testemunha (sem adubação com N) (Figura 4), e avaliado durante as estações outono, inverno e primavera de 2014, verão e outono de 2015 (sob procedimento de medidas repetidas no tempo). A escolha por esse delineamento experimental se deve a declividade no relevo da área, como também à diferença de fertilidade comprovada pelos resultados da análise química de solo realizada no início da fase experimental (Tabela 1).

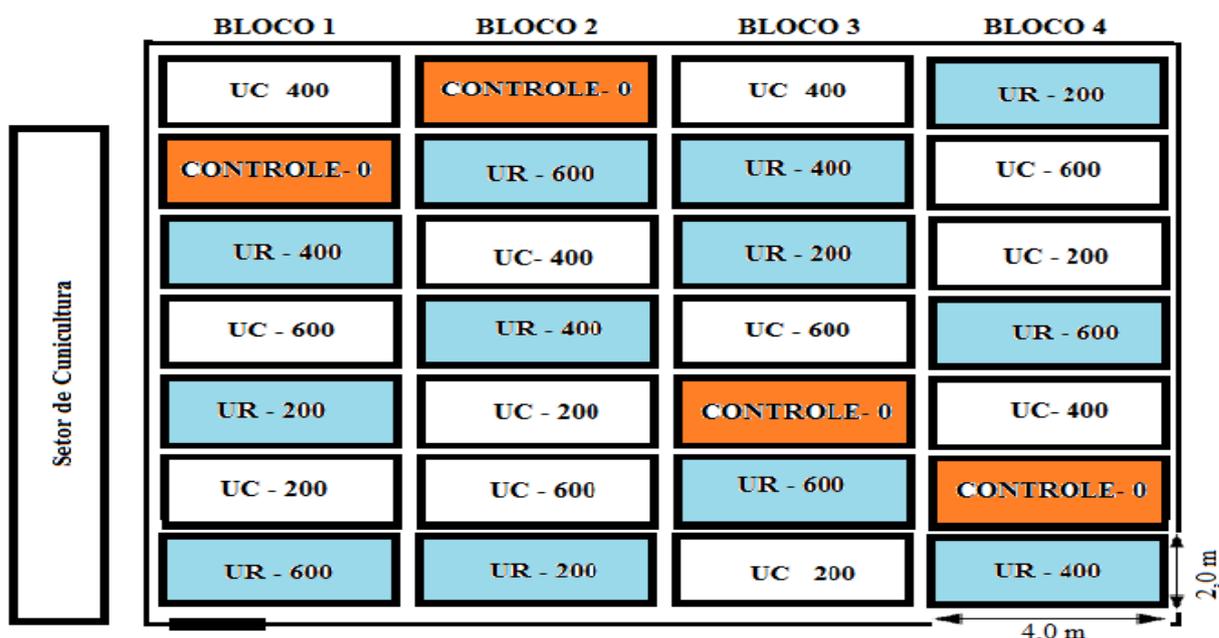


Figura 4. Croqui da área experimental com distribuição dos tratamentos nas parcelas.

As doses de N foram fracionadas em cinco aplicações iguais durante o ano, três no período de inverno a primavera, e duas no período de verão a outono, e aplicadas 10 dias após os cortes das plantas forrageiras. Foi realizada adubação potássica de manutenção (600 kg K₂O ha⁻¹ ano⁻¹), utilizando cloreto de potássio (KCl) como fonte, aplicada juntamente com as doses de adubação nitrogenada (tratamentos), em cinco parcelas iguais durante o período experimental, para todas as doses de N e para o tratamento testemunha. A unidade experimental foi formada por quatro linhas, espaçadas por 0,4 m (2,0 m de largura) e com 4,0 m de comprimento, totalizando parcelas 8,0 m² cada (Figura 1). Foram consideradas como área útil as duas fileiras centrais (3 m²) descartando-se 0,5 m de cada extremidade.

3.5 Monitoramentos das Condições Experimentais

Semanalmente foi avaliado o percentual de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (IL) utilizando aparelho ceptômetro (AccuPAR Linear PAR/LAI ceptometer, Model PAR – 80), por meio de 6 leituras, acima e abaixo do dossel forrageiro, em cada parcela (entre 9:00 e 14:00 h) até que o IL alcançasse o valor de 90%, quando, então, a avaliação passou a ser realizada a cada três dias. Quando a IL de cada parcela alcançou o valor de 95% foi realizado o corte manual das plantas a 15 cm de altura do solo. Para chegar

ao percentual de interceptação de luz pelo dossel (%IL) foi utilizada a seguinte fórmula: % IL = 100% (solo / acima x 100). Juntamente com a leitura de IL, foram também realizadas medidas de altura do dossel forrageiro, contabilizando 12 medidas por parcela, com base nas curvaturas das últimas folhas já expandidas, conforme descrito por Carnevalli et al. (2006), utilizando-se régua graduada em milímetros.

3.6 Avaliações

3.6.1 Massa, acúmulo, relação lâmina foliar e colmo, densidade volumétrica e composição morfológica da forragem

As amostras foram obtidas por meio do corte de toda a forragem contida na área útil (3m^2) de cada unidade experimental (parcela de 8m^2), desprezando as bordaduras de duas linhas laterais, bem como as extremidades das linhas centrais (0,5 m), em seguida as amostras colhidas foram acondicionadas em sacos plásticos identificados, pesadas e separadas em duas subamostras de aproximadamente 300g cada. A subamostra 1 foi fracionada em material morto, pseudocolmo (colmo + bainha foliar) e lâmina foliar, e a subamostra 2, em material morto e material verde.

A massa de forragem (MF = kg ha^{-1} de massa seca) foi estimada na subamostra 1, após esta ser fracionada em lâmina foliar, pseudocolmo (colmo + bainha foliar) e material morto. Todas as frações foram secas em estufa de ventilação de ar forçado, à $55\text{ }^\circ\text{C}$, durante 72 horas até massa constante, para obtenção de suas respectivas massas secas. As massas secas de cada fração (MSf = kg ha^{-1}) foram estimadas com base nesses resultados e suas composições morfológicas calculadas com base na representação da massa seca de cada fração na massa de forragem das amostras.

A relação lâmina foliar:colmo (RFC) foi obtida pelo quociente da massa seca de lâminas foliares pela massa seca de colmos. Os acúmulos de forragem (AF) foram estimados com base na soma das massas de forragem de cada tratamento. E as taxas de acúmulo de forragem (TAF), descritas como $\text{kg ha}^{-1}\text{dia}$ de massa seca, foram estimadas segundo o quociente obtido entre os AF e o período compreendido para todos os cortes realizados para cada tratamento, em cada estação do ano avaliada. As densidades volumétricas ($\text{kg de massa seca ha}^{-1}\text{ cm}^{-1}$) da forragem (DVF) foram estimadas com base nos valores dos quocientes obtidos pela divisão das massas de forragem pelas respectivas alturas médias dos dosséis.

Como o critério estabelecido para os cortes realizados foi o nível de 95% de IL para cada repetição (parcela), objetivando manter a estrutura do dossel entre tratamentos mais homogênea possível, os mesmos ocorreram em datas diferenciadas entre as repetições de cada tratamento (conforme demonstrado no Anexo A). Em função dessa natureza adotou-se o procedimento de analisar a soma dos valores de massa de forragem obtidos nos intervalos dos cortes das repetições de cada estação para estimar a taxa de acúmulo de forragem. Já as variáveis massa de forragem, porcentagens de massas secas de lâminas foliares, de colmos, e de material morto, além da densidade volumétrica da forragem, relação lâmina foliar: colmo, foram estimadas com base nos valores médios obtidos em cada corte das repetições dos tratamentos nas estações. Além disso, os valores das variáveis massa de forragem, porcentagens de massas secas de lâminas foliares, de colmos, e de material morto, densidade volumétrica da forragem, relação lâmina foliar: colmo e taxa de acúmulo de forragem foram distribuídos de forma proporcional (média ponderada) ao período de crescimento (intervalo entre cortes) ocorrido em cada estação do ano por repetição de tratamento.

As estações foram definidas como: outono 1 (25/04 a 21/06/2014), inverno (21/06 a 22/09/2014), primavera (22/09 a 21/12/2014), verão (21/12/2014 a 20/03/2015) e outono 2

(20/03 a 21/06/2015), e os cortes realizados para cada repetição foram considerados para cada estação em função do maior período de tempo (intervalo entre cortes) ocorrido em cada uma. Contudo, para as variáveis altura, densidade volumétrica da forragem, densidade populacional de perfilhos, peso por perfilho e aquelas relativas ao valor nutricional da forragem não houve avaliação no outono 1 devido não ter ocorrido nenhum corte nesta mesma estação em função de não ter sido atingido o critério estabelecido para os mesmos (95% IL).

3.6.2 Eficiência do uso do nitrogênio

A eficiência do uso do nitrogênio (EUN) do capim - massai foi calculada utilizando a seguinte equação: $EUN = [(AF \text{ no tratamento adubado} - AF \text{ do tratamento controle ou testemunha}) / \text{Dose aplicada de nitrogênio de cada tratamento em cada estação, em kg ha}^{-1}]$.

Esta variável também foi calculada de forma proporcional às estações conforme descrito acima para as variáveis MF, PMSLF, PMSC, PMSMM, DVF, RFC e TAF.

3.6.3 Densidade populacional de perfilhos e peso por perfilhos

A densidade populacional de perfilhos (DPP - perfilhos m^{-2}) e o peso por perfilho (PP - g perfilho $^{-1}$) foram avaliados na subamostra 2. A DPP foi avaliada por meio da contagem do número de perfilhos nesta subamostra, seguido do cálculo da densidade com base na massa seca da amostra (obtida em $3m^2$), e estimada sua densidade por m^2 . Já o PP foi estimado pela pesagem dos perfilhos na subamostra 2, seguido do cálculo da massa seca dos mesmos dividida pelo número de perfilhos estimados nesta mesma subamostra.

3.6.4 Valor nutricional da forragem

Para análise da composição químico-bromatológica da forragem foi utilizada subamostra 2 (material verde) após secagem em estufa de circulação de ar forçado a $55\text{ }^{\circ}\text{C}$, por 72 horas até massa constante. As amostras foram processadas em moinho tipo Willey, utilizando peneira de 1 mm. Os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM) foram estimados de acordo com Silva & Queiroz (2002). E os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram analisados segundo metodologia proposta por Van Soest et al. (1991).

3.7 Análise Estatística

Os resultados obtidos foram inicialmente testados para as prerrogativas básicas da análise de variância (normalidade dos erros experimentais, homogeneidade das variâncias e aditividade do modelo) e submetidos à análise de variância utilizando-se o procedimento PROC MIXED do pacote estatístico SAS® (Statistical Analysis System), versão 9.2 para Windows, específico para casos de medidas repetidas no tempo e em que o tempo é um fator a ser estudado como causa de variação. A escolha de matriz de variância e de covariância foi feita utilizando-se o Critério de Informação de Akaike (WOLFINGER, 1993) e a análise de variância feita com base nas seguintes causas de variação: blocos, fonte e dose de ureia, estação do ano e as interações entre elas. Os efeitos de fonte e dose de ureia, estação do ano e suas interações foram considerados fixos. Como efeitos aleatórios foram considerados aqueles de bloco, o erro experimental entre unidades e o erro para a mesma unidade no tempo. Para avaliação dos efeitos de fatores quantitativos (doses de nitrogênio) os dados foram avaliados por análise de regressão utilizando o PROC REG e, para efeitos qualitativos (fontes de ureia e

estações do ano) foram utilizadas as comparações de médias dos tratamentos, estimadas pelo “LSMENS”, e comparadas pela probabilidade da diferença (“PDIFF”), com 5% de probabilidade para todos os testes utilizados.

4 RESULTADOS

4.1 Precipitação Pluviométrica e Temperatura do Ar

A distribuição de chuvas e as flutuações em temperaturas máximas e mínimas do ar entre os meses de abril de 2014 a agosto de 2015 são apresentados na Figura 2, ou seja, desde a implantação do experimento ao último corte. No período experimental foram verificados dados de máxima precipitação pluviométrica no período de maio a julho, com médias mensais variando entre 97 mm (julho) e 202 mm (junho) de 2014. Esses dados são contrastantes aos verificados por Alcântara & Schueler (2015) com máxima precipitação pluviométrica no período de novembro a abril (meses mais quentes), com médias mensais variando entre 109,2 mm (abril) e 196,1 mm (janeiro), com dados climáticos obtidos do INMET nos últimos 30 anos.

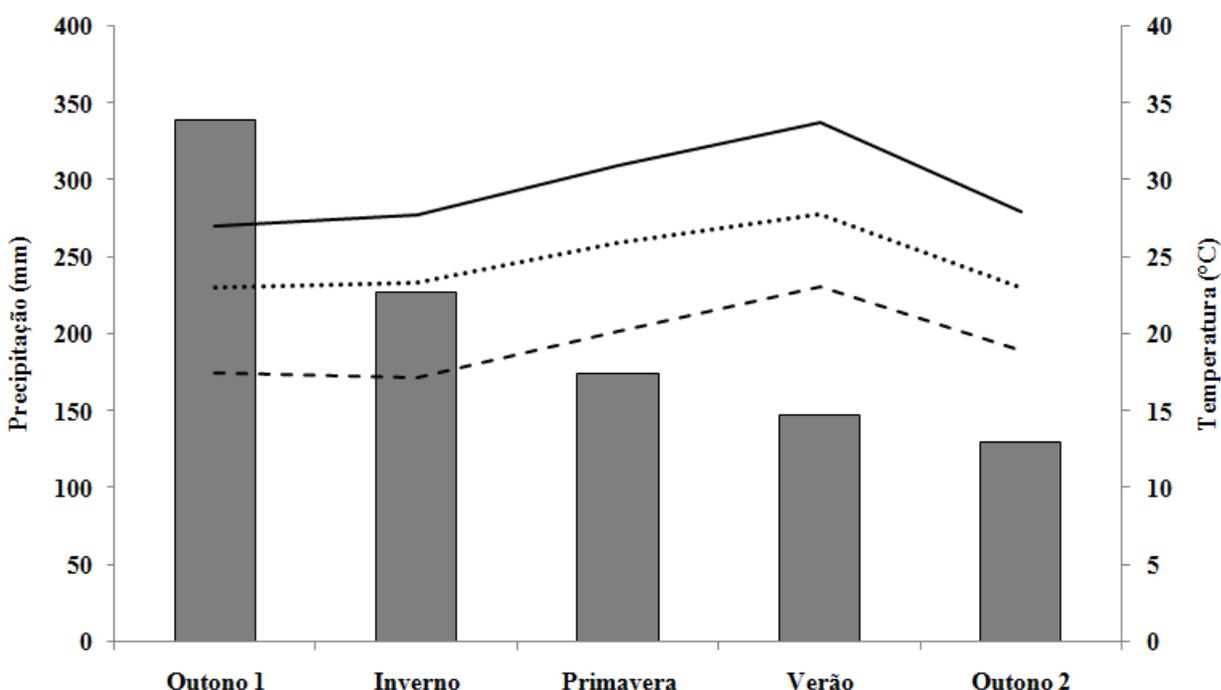


Figura 5. Precipitação (mm) média acumulada (barra) e temperatura máxima (linha contínua preta), média (linha pontilhada) e, mínima (linha tracejada) (°C) média acumulada nas estações outono, inverno e primavera de 2014, verão e outono de 2015.

Ao agrupar os dados de precipitação pluviométrica e temperatura (máxima e mínima) do período experimental em estações do ano, verifica-se que os mesmos também apresentaram comportamento atípico conforme aqueles observados por Oliveira Júnior et. al. (2014), na avaliação sazonal dos dados de 10 anos (2002 a 2012) obtidos do INMET, verificaram que na estação de verão (período de dezembro a fevereiro) ocorreram os maiores valores de precipitação média acumulada – entre 180 e 250 mm, e menores no inverno (junho a agosto) com valores médios de precipitação acumulada abaixo de 50 mm. Enquanto que no presente experimento (Figura 5), os maiores valores de precipitação média acumulada foram de 339 mm verificados na estação de Outono de 2014 (período de abril a junho), e menores valores médios acumulados de 130 mm na estação de Outono de 2015. De acordo com

Oliveira Júnior et. al. (2014), verifica-se que o município de Seropédica possui alta variabilidade nos padrões de precipitação, principalmente na escala interanual.

As oscilações entre as temperaturas mínimas (T mín) e máximas (T máx) do ar (Figura 4) para outono 1, inverno, primavera de 2014, verão e outono de 2015, foram respectivamente de: 17,0 a 27,5 °C; 17,1 a 27,7 °C; 20,2 a 30,9 °C; 23,1 a 33,7 °C e 18,9 a 27,9 °C. Com destaque para a maior temperatura média do ar obtida na estação de verão com 27,8 °C (Figura 5), valor este superior a média anual (23,9 °C) encontrada na literatura para o município de Seropédica (CARVALHO et al., 2011).

4.2 Composição Morfológica

Houve efeito ($p < 0,05$) de interação entre dose, fonte de nitrogênio e estação do ano para massa de forragem, porcentagens de massas secas de lâminas foliares, de colmos e material morto, conforme apresentado na Tabela 2.

De forma geral, menores valores de MF foram obtidos para o tratamento testemunha em todas as cinco estações avaliadas, e os maiores valores não seguiram um padrão uniforme dentro das estações para as doses de N (Tabela 2). Houve efeito linear positivo durante as estações de inverno e primavera para ambas as fontes de ureia, com maior taxa ($1,3 \text{ ha}^{-1} \text{ MS/kg de N}$) para ureia comum no inverno e para ureia revestida na primavera ($3,0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ MS/kg de N}$). Já em ambas as estações de outono 1 e 2 foi verificado maior efeito (linear positivo) para ureia revestida em relação à ureia comum (com efeito quadrático positivo, e pontos máximos estimados de 2455 e 2456 kg ha^{-1} , correspondentes às doses de 411 e 457 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, respectivamente). Enquanto que, no verão, maior efeito (linear positivo) foi obtido para ureia comum que para ureia revestida (quadrático positivo, com ponto máximo de 349 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

Menores valores de PMSLF na massa de forragem foram verificados para o outono 1, inverno e outono 2, e maiores somente na primavera para dose de $600 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N, para ambas as fontes de ureia. Já no verão e outono 2 houve grande variação nos valores entre doses e fontes de ureia dentro de cada estação. De forma geral maiores participações de lâminas foliares na massa de forragem foram verificadas durante primavera e verão para ambas as fontes de ureia, em relação às demais estações. Durante o outono 1 foram verificados efeitos quadráticos positivos para as doses de N em ambas as fontes de ureia, e somente para ureia comum no outono 2. Já no inverno, houve efeito quadrático e linear positivos para as fontes de ureia comum e revestida, respectivamente. Enquanto que, na primavera, houve efeito linear positivo de dose de N para ambas as fontes de ureia, e somente para ureia revestida no verão.

As porcentagens de massa seca de colmo (PMSC) na massa de forragem apresentaram grande variação entre as estações e fonte ureia, sem haver um padrão definido dos mesmos. Contudo, durante as estações de verão e outono 2 foram observados maiores valores de PMSC que nas demais, e também para ureia revestida em ambas as estações de outono (1 e 2) quando comparada a ureia comum. Durante a primavera e verão não houve efeito de doses de N para PMSC. Já para o inverno, houve efeito quadrático positivo dentro das doses para ambas as fontes de ureia, com pontos máximos estimados de 8,3 e 9,3% correspondentes às doses 348 e 364 $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N para ureia comum e ureia revestida, respectivamente. Entre as estações de outono 1 e 2 verificou-se semelhança no comportamento em relação à ureia revestida, com efeito linear positivo para as estações outono 2 (0,04% de MSC na MF para cada kg de N) e outono 1 (0,02% de MSC na MF para cada kg de N), além de efeito linear positivo também para ureia comum durante outono 2 (0,02% de MSC na MF para cada kg de N).

Tabela 2. Valores médios de massa de forragem (MF), porcentagens de massas secas de lâminas foliares (PMSLF), de colmos (PMSC) e de material morto (PMSMM) do capim-massai em função das fontes de ureia e das doses de nitrogênio, durante as estações outono (outono 1), inverno e primavera de 2014, verão e outono (outono 2) de 2015 (continua).

Estação	Doses de N (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)				EPM	Equações	R ²	
	0	Ureia	200	400				600
MF (kg ha ⁻¹)								
Outono 1	1018 ^D	Comum	2569 ^B	1994 ^C	2323 ^{BC}	129	$\hat{Y}=1169,8+6,25X-0,0076X^2$ **	0,58
		Revestida	2256 ^{BC}	2207 ^C	3228 ^A		$\hat{Y}=1190,5+3,2894X$ **	0,78
Inverno	1766 ^D	Comum	2348 ^{AB}	2277 ^B	2648 ^A	118	$\hat{Y}=1873,4+1,287X$ **	0,55
		Revestida	1864 ^{CD}	2155 ^{BC}	2260 ^B		$\hat{Y}=1745,1+0,8868X$ *	0,39
Primavera	1453 ^D	Comum	2878 ^{AB}	2778 ^{ABC}	3167 ^{AB}	206	$\hat{Y}=1812,2+2,5218X$ **	0,51
		Revestida	2231 ^C	2679 ^{BC}	3342 ^A		$\hat{Y}=1508,9+3,0575X$ **	0,75
Verão	2396 ^C	Comum	3981 ^{AB}	3488 ^B	4309 ^A	270	$\hat{Y}=2677,6+2,7214X$ **	0,47
		Revestida	4186 ^{AB}	3603 ^{AB}	3544 ^B		$\hat{Y}=2540,3+8,37X-0,012X^2$ *	0,43
Outono 2	1317 ^D	Comum	2477 ^{AB}	2104 ^C	2486 ^{AB}	131	$\hat{Y}=1431,7+4,48X-0,0049X^2$ *	0,57
		Revestida	2102 ^C	2257 ^{BC}	2686 ^A		$\hat{Y}=1451,2+2,1305X$ **	0,70
PMSLF (%MF)								
Outono 1	68,4 ^D	Comum	89,0 ^{AB}	90,4 ^A	89,1 ^{AB}	1,6	$\hat{Y}=69,2+0,11X-0,0001X^2$ **	0,86
		Revestida	84,8 ^{BC}	85,9 ^{ABC}	81,9 ^C		$\hat{Y}=68,9+0,098X-0,0001X^2$ **	0,76
Inverno	67,0 ^D	Comum	76,5 ^C	79,4 ^{BC}	77,9 ^{BC}	1,5	$\hat{Y}=67,1+0,059X-0,0001X^2$ **	0,74
		Revestida	82,0 ^B	81,4 ^B	88,4 ^A		$\hat{Y}=70,1+0,0318X$ **	0,72
Primavera	82,6 ^C	Comum	78,3 ^D	84,7 ^B	89,3 ^A	0,8	$\hat{Y}=80,2+0,0098X$ *	0,33
		Revestida	84,2 ^{BC}	82,3 ^C	88,8 ^A		$\hat{Y}=81,9+0,0084X$ **	0,41
Verão	82,2 ^{CD}	Comum	80,2 ^D	83,9 ^{BC}	82,4 ^{CD}	1,2	$\hat{Y}=82,1$	-
		Revestida	82,9 ^{BCD}	88,3 ^A	86,0 ^{AB}		$\hat{Y}=82,3+0,0083X$ *	0,33
Outono 2	63,4 ^{CD}	Comum	77,8 ^A	74,5 ^{AB}	69,0 ^{BC}	2,2	$\hat{Y}=64,2+0,081X-0,0001X^2$ *	0,57
		Revestida	65,8 ^{CD}	65,5 ^{CD}	61,8 ^D		$\hat{Y}=64,1$	-
PMSC (%MF)								
Outono 1	4,8 ^E	Comum	8,6 ^{CD}	4,7 ^E	8,1 ^D	0,9	$\hat{Y}=6,6$	-
		Revestida	12,0 ^B	11,1 ^{BC}	16,2 ^A		$\hat{Y}=6,0+0,0167X$ *	0,62
Inverno	4,9 ^C	Comum	8,2 ^{AB}	7,8 ^{AB}	6,8 ^B	0,6	$\hat{Y}=5,1+0,0186X-0,0000267X^2$ *	0,55
		Revestida	9,0 ^A	8,7 ^A	7,7 ^{AB}		$\hat{Y}=5,1+0,0233X-0,000032X^2$ *	0,57
Primavera	6,9 ^D	Comum	10,8 ^A	9,2 ^B	7,9 ^{BCD}	0,5	$\hat{Y}=9,1$	-
		Revestida	7,7 ^{CD}	8,6 ^{BC}	8,5 ^{BC}		$\hat{Y}=7,9$	-
Verão	14,1 ^{BCD}	Comum	18,7 ^A	14,4 ^{BC}	15,2 ^{BC}	1,2	$\hat{Y}=15,6$	-
		Revestida	15,9 ^{AB}	11,0 ^D	12,4 ^{CD}		$\hat{Y}=13,3$	-
Outono 2	12,8 ^E	Comum	19,1 ^D	21,8 ^{CD}	24,0 ^C	1,6	$\hat{Y}=13,9+0,0184X$ **	0,67
		Revestida	28,8 ^B	33,9 ^A	34,2 ^A		$\hat{Y}=16,8+0,0357X$ **	0,71
PMSMM (%MF)								
Outono 1	32,1 ^A	Comum	2,4 ^{DE}	4,9 ^D	2,7 ^{CD}	0,2	$\hat{Y}=28,6-0,137X+0,0002X^2$ **	0,82
		Revestida	3,2 ^C	3,0 ^C	1,9 ^E		$\hat{Y}=29,3-0,1422X+0,0002X^2$ **	0,88
Inverno	31,8 ^A	Comum	15,4 ^{BC}	14,3 ^C	16,2 ^B	0,5	$\hat{Y}=31,0-0,094X+0,0001X^2$ **	0,93
		Revestida	7,9 ^E	10,1 ^D	3,9 ^F		$\hat{Y}=29,3-0,0998X+0,0001X^2$ **	0,82
Primavera	10,5 ^{AB}	Comum	11,3 ^A	5,8 ^C	3,9 ^D	0,6	$\hat{Y}=11,8-0,013X$ **	0,73
		Revestida	9,2 ^B	9,2 ^B	2,7 ^D		$\hat{Y}=11,3-0,0116X$ **	0,67
Verão	3,7 ^A	Comum	1,2 ^{DE}	1,8 ^C	2,5 ^B	2,3	$\hat{Y}=3,6-0,0137X+0,0000203X^2$ **	0,74
		Revestida	1,2 ^{DE}	0,8 ^E	1,7 ^{CD}		$\hat{Y}=3,7-0,016X+0,0000213X^2$ **	0,83
Outono 2	21,2 ^A	Comum	3,1 ^D	6,1 ^C	5,0 ^C	0,5	$\hat{Y}=19,7-0,0854X+0,0001X^2$ **	0,75
		Revestida	7,5 ^B	3,6 ^D	1,9 ^E		$\hat{Y}=21,6-0,077X+0,0001X^2$ **	0,97

Médias dispostas dentro da mesma estação seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si (p>0,05) pela PDIF. EPM: Erro padrão da média. Estação: Out. 1 (outono 1 : 25/04/2014 a 21/06/2014), Inv. (inverno: 21/06/2014 a 22/09/2014), Prim. (primavera: 22/09/2014 a 21/12/2014), Ver. (verão: 21/12/2014 a 20/03/2015) e Out. 2 (outono 2: 20/03/2015 a 21/06/2015), com variações para as repetições, conforme apresentado no Anexo A. *(P<0,05) e **(P<0,01).

Maior parte dos valores de PMSC na massa de forragem foram baixos em relação aos valores encontrados na literatura, com maior valor observado (24,9%) no outono 2, e o menor (7,6%) no inverno para ambas as fontes de ureia, o que também denota bom critério de manejo adotado para controle da estrutura do dossel do capim-massai. Foi verificado efeito quadrático positivo nas estações de inverno, para ambas as fontes de ureia (máximos estimados de 8,3 e 9,3 kg ha⁻¹ de MS, obtidos com 348 e 364 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, respectivamente).

De forma geral maiores PMSMM foram obtidas para o tratamento testemunha em todas as cinco estações, enquanto que os menores valores não apresentaram padrão de ocorrência para doses e fontes de ureia dentro de cada estação. Foi observado efeito quadrático negativo para doses de N durante as estações de outono 1, inverno, verão e outono 2, para ambas as fontes de ureia. Já na primavera foi verificado efeito linear negativo para ambas as fontes de ureia.

4.3 Características Estruturais, Acúmulo de Forragem e Eficiência de uso do N

Houve interação (p<0,05) entre doses de nitrogênio e estação do ano para altura (ALT), densidade populacional de perfilhos (DPP), peso por perfilho (PP), e densidade volumétrica da forragem (DVF) conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios da altura (ALT), densidade populacional de perfilhos (DPP), peso por perfilho (PP) e densidade volumétrica da forragem (DVF), do dossel do capim-massai em função das doses de nitrogênio e das estações de outono/inverno e primavera de 2014, verão e outono 2 de 2015.

Estação	Doses de N (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)				EPM	Equações	R ²
	0	200	400	600			
ALT (cm)							
Outono /Inverno	48 ^C	50 ^B	45 ^B	46 ^B	2	$\hat{Y}=47$	-
Primavera	62 ^B	54 ^B	50 ^B	47 ^B	2	$\hat{Y}=60,115-0,0235X^{**}$	0,40
Verão	81 ^A	66 ^A	57 ^A	59 ^A	4	$\hat{Y}=75-0,0334X^{**}$	0,47
Outono 2	44 ^D	50 ^B	47 ^B	50 ^B	3	$\hat{Y}=48$	-
DPP (perfilhos m ⁻²)							
Outono/ Inverno	216 ^B	751 ^B	968 ^{AB}	1148 ^A	108	$\hat{Y}=352,94+1,3345X^{**}$	0,51
Primavera	473 ^A	738 ^B	777 ^B	963 ^A	64	$\hat{Y}=532,02+0,71X^{**}$	0,39
Verão	461 ^A	1025 ^A	1053 ^A	1031 ^A	82	$\hat{Y}=533,1+2,4934X-0,0029X^{2**}$	0,30
Outono 2	152 ^B	403 ^C	376 ^C	454 ^B	45	$\hat{Y}=247,38+0,3691X^*$	0,18
PP (g perfilho ⁻¹)							
Outono/ Inverno	0,07 ^C	0,09 ^B	0,08 ^B	0,08 ^B	0,01	$\hat{Y}=0,08$	-
Primavera	0,13 ^B	0,08 ^B	0,09 ^B	0,09 ^B	0,01	$\hat{Y}=0,11-0,0002X+0,000000304X^{2*}$	0,20
Verão	0,17 ^A	0,19 ^A	0,18 ^A	0,17 ^A	0,01	$\hat{Y}=0,18$	-
Outono 2	0,08 ^C	0,09 ^B	0,08 ^B	0,08 ^B	0,01	$\hat{Y}=0,08$	-
DVF (kg ha ⁻¹ cm ⁻¹ MS)							
Outono/ Inverno	30 ^A	46 ^B	49 ^B	57 ^B	2	$\hat{Y}=34,173+0,0392X^{**}$	0,66
Primavera	23 ^A	47 ^B	55 ^{AB}	70 ^A	3	$\hat{Y}=28,423+0,0704X^{**}$	0,68
Verão	30 ^A	66 ^A	63 ^A	67 ^A	4	$\hat{Y}=45,212+0,0433X^{**}$	0,29
Outono 2	31 ^A	47 ^B	48 ^B	51 ^B	3	$\hat{Y}=37,487+0,0248X^*$	0,20

Médias dispostas na mesma coluna seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si (p>0,05) pela PDIFF. EPM: erro padrão da média. Estações: outono/ inverno (25/04/2014 a 22/09/2014), primavera (22/09/2014 a 21/12/2014), verão (21/12/2014 a 20/03/2015) e outono 2 (20/03/2015 a 21/06/2015), com variações para as repetições, conforme apresentado no Anexo A. *(P<0,05) e **(P<0,01). e **(P<0,01).

Maiores valores de ALT foram verificados durante a estação de verão, e somente para o tratamento testemunha foram obtidos menores valores no outono 2 (48 cm) e inverno (47 cm), respectivamente. E, para as doses de N, verificou-se que os valores foram similares entre as demais estações. Foi verificado efeito linear negativo durante verão e primavera (redução de 0,02 e 0,03 cm por kg de N, respectivamente), e não houve efeito de dose de N para o outono/inverno (47 cm) e outono 2 (48 cm), estações estas que apresentaram menores valores de ALT.

Assim como para ALT, maiores DPP foram obtidas no verão, porém com menores valores no outono 2 para todas as doses de N. Contudo, houve maior variação nos resultados em relação às doses de N, sobretudo para a dose de 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, na qual foi verificado igualdade entre verão, primavera e inverno. Houve efeito linear positivo para as doses de N durante inverno, primavera e outono 2, com maior destaque para o outono/inverno (1,3 perfilhos m⁻² por kg de N), e efeito quadrático positivo durante o verão (ponto máximo estimado de 1069 perfilhos m⁻² para a dose de 430 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N).

Seguindo a mesma tendência de ALT e DPP, maiores valores de PP foram obtidos no verão, com único efeito quadrático negativo durante a primavera (ponto mínimo estimado de 0,08 g perfilho⁻¹ para a dose de 329 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N).

Menores valores de DVF foram verificados para o tratamento testemunha em todas as estações (média de 28,5 kg ha⁻¹ cm⁻¹ MS), e no verão para todas as doses de N (média de 65,3 kg ha⁻¹ cm⁻¹ MS). Para as doses de 400 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, houve semelhança entre as estações de primavera e verão para os maiores valores de DVF. Enquanto que, para a dose de 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N, maior valor foi verificado somente para o verão. Já os menores valores de DVF não apresentaram um padrão uniforme. Houve efeito linear positivo para DVF com o incremento das doses de N em todas as estações. Não foi obtido valor máximo de DVF na análise de regressão, mesmo sob efeito da máxima dose de N estudada (600 kg ha⁻¹ ano⁻¹).

Houve efeito ($p < 0,05$) de interação entre dose, fonte de ureia e estação do ano para relação entre lâmina foliar e colmo e taxa de acúmulo da forragem do capim-massai, durante as estações outono 1, inverno e primavera de 2014, verão e outono de 2015 (Tabela 4).

Os valores de RFC tiveram ampla variação entre doses de N e fontes de ureia dentro de cada estação e mesmo entre estações, com maior valor médio (10,7) na estação de outono 1 e menor (3,2) no outono 2, para todas as doses de N e fontes de ureia. Durante as estações de inverno, primavera e verão não houve efeito de dose de N para RFC. Já na estação de outono 1 verificou-se efeito quadrático negativo somente para ureia revestida e, no outono 2, linear negativo para ambas as fontes de ureia.

Os valores de RFC tiveram ampla variação entre doses de N e fontes de ureia dentro de cada estação e mesmo entre estações, com maior valor médio (10,7) na estação de outono 1 e menor (3,2) no outono 2, para todas as doses de N e fontes de ureia. Durante as estações de inverno, primavera e verão não houve efeito de dose de N para RFC. Já na estação de outono 1 verificou-se efeito quadrático negativo somente para ureia revestida e, no outono 2, linear negativo para ambas as fontes de ureia.

Tabela 4. Valores médios da relação lâmina foliar e colmo (RFC) e taxa de acúmulo da forragem (TAF) do capim-massai em função das fontes de ureia e das doses de nitrogênio, durante as estações outono (outono 1), inverno e primavera de 2014, verão e outono (outono 2) de 2015.

Estação	Doses de N (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)				EPM	Equações	R ²	
	0	Ureia	200	400				600
RFC								
Outono1	14,8 ^B	Comum	10,4 ^{CD}	18,0 ^A	11,4 ^C	0,9	Ŷ=13,2	-
		Revestida	6,2 ^E	8,5 ^{DE}	6,0 ^E		Ŷ=14,03-0,035X+0,000038X ² **	0,65
Inverno	13,0 ^A	Comum	9,5 ^C	10,4 ^{BC}	11,9 ^{AB}	0,8	Ŷ=11,0	-
		Revestida	10,8 ^{ABC}	9,4 ^C	12,6 ^{AB}		Ŷ=11,3	-
Primavera	12,2 ^A	Comum	7,3 ^D	9,2 ^{CD}	9,7 ^{BC}	0,8	Ŷ=9,6	-
		Revestida	11,4 ^{AB}	9,7 ^{BC}	10,6 ^{ABC}		Ŷ=11,0	-
Verão	6,0 ^{BC}	Comum	4,5 ^D	6,0 ^{BC}	5,6 ^{BCD}	0,5	Ŷ=5,5	-
		Revestida	5,4 ^{CD}	8,2 ^A	7,0 ^{AB}		Ŷ=6,6	-
Outono 2	5,2 ^A	Comum	4,2 ^A	4,2 ^A	2,8 ^B	0,4	Ŷ=5,05-0,0039X**	0,60
		Revestida	2,4 ^B	2,3 ^B	1,7 ^B		Ŷ=4,43-0,0052X**	0,60
TAF (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)								
Outono 1	18 ^D	Comum	45 ^B	35 ^C	41 ^{BC}	2	Ŷ=25,88+0,0294X*	0,34
		Revestida	40 ^{BC}	39 ^C	57 ^A		Ŷ=20,8+0,0578X**	0,78
Inverno	30 ^E	Comum	55 ^{BC}	47 ^{CD}	62 ^B	3	Ŷ=35,25+0,0444X**	0,53
		Revestida	41 ^D	51 ^C	78 ^A		Ŷ=26,85+0,0774X**	0,81
Primavera	35 ^C	Comum	68 ^B	62 ^B	89 ^A	4	Ŷ=40,45+0,0798X**	0,72
		Revestida	66 ^B	82 ^A	86 ^A		Ŷ=41,65+0,0851X**	0,73
Verão	54 ^C	Comum	107 ^{AB}	111 ^A	116 ^A	6	Ŷ=62,35+0,1068X**	0,69
		Revestida	93 ^B	112 ^A	119 ^A		Ŷ=68,55+0,0953X**	0,63
Outono 2	30 ^C	Comum	64 ^{AB}	60 ^{AB}	71 ^A	5	Ŷ=38,5+0,0588X**	0,50
		Revestida	55 ^B	63 ^{AB}	72 ^A		Ŷ=34,598+0,0674X**	0,71
		Revestida	7,1 ^B	4,4 ^C	5,9 ^B		Ŷ=0,71+0,0285X-0,00004X ² **	0,58

Médias dispostas dentro da mesma estação seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si (p>0,05) pela PDIFF. EPM: erro padrão da média. Estações: Out. 1 (outono 1: 25/04/2014 a 21/06/2014), Inv. (inverno: 21/06/2014 a 22/09/2014), Prim. (primavera: 22/09/2014 a 21/12/2014), Ver. (verão: 21/12/2014 a 20/03/2015) e Out. 2 (outono 2: 20/03/2015 a 21/06/2015), com variações para as repetições, conforme apresentado no Anexo A. *(P<0,05) e **(P<0,01).

Menores TAF foram verificadas para o tratamento testemunha durante todas as estações e, de forma geral, os maiores para as maiores doses de N (400 e 600 kg ha⁻¹ ano⁻¹). Além disso, maiores taxas de acúmulo de forragem também foram verificadas durante o verão e primavera em relação às demais estações. Houve efeito linear positivo de doses de N para ambas as fontes de ureia durante todas as estações. Assim como para a DVF, o máximo valor de TAF não foi obtido, na análise de regressão, mesmo sob efeito da máxima dose de N estudada (600 kg ha⁻¹ ano⁻¹).

Houve interação ($P < 0,05$) entre dose, fonte de ureia, e estação do ano para eficiência do uso do nitrogênio do capim-massai (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios da eficiência do uso do nitrogênio (EUN) no capim-massai, em função das fontes de ureia e das doses de nitrogênio, nas estações de outono 1, inverno e primavera de 2014, verão e outono 2 de 2015.

Estação	Doses de N ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)					EPM	Equações	R^2
	0	Ureia	200	400	600			
EUN (kg ha^{-1} de MS/ kg N)								
Outono 1	0,0 ^E	Comum	7,2 ^A	2,7 ^{CD}	2,2 ^D	0,3	$\hat{Y} = 0,79 + 0,0301X - 0,0000484X^2$ *	0,53
		Revestida	6,6 ^A	3,2 ^{BC}	3,8 ^B		$\hat{Y} = 0,70 + 0,0268X - 0,0000381X^2$ *	0,53
Inverno	0,0 ^D	Comum	12,8 ^A	5,2 ^C	5,4 ^C	0,4	$\hat{Y} = 1,40 + 0,0517X - 0,0001X^2$ *	0,51
		Revestida	5,4 ^C	6,2 ^C	7,4 ^B		$\hat{Y} = 1,30 + 0,0115X$ **	0,77
Primavera	0,0 ^D	Comum	17,8 ^A	7,2 ^C	7,4 ^C	0,5	$\hat{Y} = 1,69 + 0,0657X - 0,0001X^2$ *	0,50
		Revestida	18,3 ^A	11,9 ^B	6,9 ^C		$\hat{Y} = 1,13 + 0,0908X - 0,0001X^2$ **	0,80
Verão	0,0 ^E	Comum	25,0 ^A	13,7 ^C	9,2 ^D	0,8	$\hat{Y} = 1,85 + 0,1122X - 0,0002X^2$ **	0,69
		Revestida	21,3 ^B	13,3 ^C	10,7 ^D		$\hat{Y} = 1,74 + 0,1018X - 0,0001X^2$ **	0,71
Outono 2	0,0 ^D	Comum	14,3 ^A	3,2 ^C	4,3 ^C	0,4	$\hat{Y} = 1,87 + 0,0505X - 0,0001X^2$ *	0,38
		Revestida	7,1 ^B	4,4 ^C	5,9 ^B		$\hat{Y} = 0,71 + 0,0285X - 0,00004X^2$ **	0,58

Médias dispostas dentro da mesma estação seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si ($p > 0,05$) pela PDIFF. EPM: erro padrão da média. Estações: Out. 1 (outono 1 : 25/04/2014 a 21/06/2014), Inv. (inverno: 21/06/2014 a 22/09/2014), Prim. (primavera: 22/09/2014 a 21/12/2014), Ver. (verão: 21/12/2014 a 20/03/2015) e Out. 2 (outono 2: 20/03/2015 a 21/06/2015), com variações para as repetições, conforme apresentado no Anexo A. *($P < 0,05$) e **($P < 0,01$).

A EUN (kg ha^{-1} de MS/kg N aplicado) foi maior para a dose de $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N para ambas as fontes de ureia nas estações de primavera e outono 1 (média geral de 18,05 e $6,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de MS/kg N, respectivamente), e para ureia comum nas estações de verão, outono 2 e inverno ($25,0$; $14,3$ e $12,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de MS/kg N, respectivamente). Já para maior dose ($600 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N) maior EUN foi verificada nas estações de inverno, outono 2 e outono 1 ($7,4$; $5,9$ e $3,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de MS/kg N, respectivamente) para a ureia revestida, e nas estações de verão e primavera para ambas as fontes de ureia com valores médios de $9,95$ e $7,15 \text{ kg ha}^{-1}$ de MS/kg N, respectivamente para estas estações.

Houve efeito quadrático positivo nas estações de verão, primavera, outono 2 e outono 1 para ambas as fontes de ureia, com pontos máximos estimados de $17,59$; $12,48$; $8,25$ e $5,47 \text{ kg ha}^{-1}$ de MS/kg N, correspondentes às doses de 281 , 329 , 253 e $311 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N de ureia comum, e com pontos máximos estimados de $27,65$; $21,74$; $11,49$ e $10,11 \text{ kg ha}^{-1}$ de MS/kg N, correspondentes as doses de 509 , 454 , 356 e $352 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N para ureia revestida, respectivamente nestas estações. Apenas no inverno foi verificado efeito linear positivo para as doses de N com uso de ureia revestida (aumento de $0,01 \text{ kg ha}^{-1} / \text{ kg N}$ aplicado), e efeito quadrático positivo para a ureia comum, com ponto máximo estimado de $8,08 \text{ kg ha}^{-1}$ de MS/kg N correspondente à dose de $259 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N nesta mesma estação.

4.4 Valor Nutricional

Houve efeito ($p < 0,05$) de interação entre dose, fonte de ureia e estação do ano para os teores de matéria seca e de proteína bruta do capim-massai durante das estações de outono/inverno e primavera de 2014, verão e outono de 2015, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6. Valores médios dos teores de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) do capim-massai em função das fontes de ureia e das doses de nitrogênio, durante as estações outono/inverno e primavera de 2014, verão e outono 2 de 2015.

Estação	Doses de N ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$)				EPM	Equações	R^2	
	0	Ureia	200	400				600
MS (%)								
Outono /Inverno	58,36 ^A	Comum	26,45 ^D	28,12 ^{BCD}	29,74 ^{BCD}	1,15	$\hat{Y}=56,20-0,165X+0,000X^2$ **	0,87
		Revestida	30,74 ^B	27,06 ^{CD}	29,27 ^{CD}		$\hat{Y}=57,23-0,156X+0,000X^2$ **	0,94
Primavera	37,87 ^A	Comum	35,96 ^A	30,65 ^B	31,94 ^B	1,21	$\hat{Y}=38,37-0,023X+0,000X^2$ **	0,52
		Revestida	32,19 ^B	32,47 ^B	31,08 ^B		$\hat{Y}=37,49-0,026X+0,000X^2$ *	0,44
Verão	27,13 ^A	Comum	25,57 ^A	21,67 ^C	21,97 ^C	0,73	$\hat{Y}=27,45-0,017X+0,000X^2$ **	0,63
		Revestida	23,43 ^{BC}	25,11 ^{AB}	22,87 ^C		$\hat{Y}=26,30-0,006X$ *	0,34
Outono 2	53,29 ^A	Comum	29,77 ^{BC}	28,12 ^C	31,81 ^B	0,81	$\hat{Y}=52,08-0,013X+0,000X^2$ **	0,94
		Revestida	25,83 ^D	27,93 ^{CD}	25,87 ^D		$\hat{Y}=50,95-0,132X+0,000X^2$ **	0,85
PB (%MS)								
Outono /Inverno	5,30 ^C	Comum	7,67 ^B	8,52 ^B	11,79 ^A	0,31	$\hat{Y}=5,274+0,010X$ **	0,89
		Revestida	8,07 ^B	11,43 ^A	11,81 ^A		$\hat{Y}=5,7187+0,011X$ **	0,89
Primavera	6,01 ^D	Comum	6,58 ^D	13,44 ^B	17,02 ^A	0,61	$\hat{Y}=4,5178+0,020X$ **	0,88
		Revestida	10,11 ^C	14,29 ^B	16,63 ^A		$\hat{Y}=6,353+0,018X$ **	0,90
Verão	5,30 ^E	Comum	8,10 ^D	12,36 ^B	13,58 ^{AB}	0,48	$\hat{Y}=5,3968+0,014X$ **	0,96
		Revestida	9,82 ^C	13,41 ^B	14,88 ^A		$\hat{Y}=6,0005+0,016X$ **	0,87
Outono 2	5,75 ^C	Comum	7,26 ^C	11,23 ^{AB}	10,87 ^{AB}	0,67	$\hat{Y}=6,036+0,009X$ **	0,64
		Revestida	9,55 ^B	12,64 ^A	11,58 ^A		$\hat{Y}=6,633+0,011X$ **	0,60

Médias dispostas dentro da mesma estação seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si ($p > 0,05$) pela PDIFF. EPM erro padrão da média. Estações: Out./inv. (Outono-inverno: 25/04/2014 a 22/09/2014), Prim. (primavera: 22/09/2014 a 21/12/2014), Ver. (verão: 21/12/2014 a 20/03/2015) e Out. 2 (Outono 2: 20/03/2015 a 21/06/2015), com variações para as repetições, conforme apresentado no Anexo A. *($P < 0,05$) e **($P < 0,01$).

Maiores teores de MS (%) foram obtidos para o tratamento testemunha em todas as estações, e os menores valores não seguiram um padrão uniforme dentro das estações para as fontes de ureia e doses de N (Tabela 6). Foi verificado efeito linear (decrecente) para MS apenas no verão para ureia revestida, para todas as outras estações, e para ambas as fontes de ureia, foram verificados efeitos quadráticos negativos. Maiores valores de MS foram obtidos nas estações de outono/inverno e outono 2.

De forma geral, maiores valores de PB foram obtidos para a ureia revestida comparada a comum, com maior valor médio encontrado na primavera (11,76% PB) e no verão (10,85%) e menor para o outono/ inverno (9,15%PB), com destaque para a maior dose (600 $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ de N). Houve aumento nos teores de PB (%MS) com o incremento nas doses de N (efeito linear positivo) em todas as estações. Verifica-se que o máximo valor desta variável não foi obtido na análise de regressão para qualquer das estações ou fontes de ureia estudadas, mesmo sob efeito da máxima dose de N avaliada, assim como para DVF e TAF (Tabelas 3 e 4).

Houve interação ($p < 0,05$) entre doses de nitrogênio e estação do ano para matéria mineral (MM) e fibra em detergente neutro (FDN), conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7. Valores médios da matéria mineral (MM) e fibra em detergente neutro (FDN) do capim-massai em função das doses de nitrogênio e das estações de outono/inverno e primavera de 2014, verão e outono de 2015.

Estação	Doses de N (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)				EPM	Equações	R ²
	0	200	400	600			
MM (%MS)							
Outono/ inverno	8,80 ^A	8,22 ^A	7,92 ^A	8,15 ^A	0,14	$\hat{Y}=8,20$	-
Prim.	7,53 ^C	8,25 ^A	8,17 ^A	8,36 ^A	0,22	$\hat{Y}=8,16$	-
Ver.	7,49 ^C	8,01 ^A	8,01 ^A	8,00 ^A	0,13	$\hat{Y}=7,93$	-
Outono 2	8,35 ^B	7,58 ^B	6,84 ^B	6,90 ^B	0,13	$\hat{Y}=8,0888-0,0023X$ **	0,55
FDN (%MS)							
Outono/ inverno	75,01 ^B	74,67 ^A	73,13 ^A	72,67 ^A	0,43	$\hat{Y}=75,233-0,0045X$ **	0,34
Primavera	75,20 ^{BC}	73,09 ^{AB}	71,26 ^B	67,50 ^C	0,88	$\hat{Y}=75,659-0,0128X$ **	0,48
Verão	78,77 ^A	74,27 ^A	71,99 ^{AB}	69,67 ^B	0,51	$\hat{Y}=77,754-0,014X$ **	0,72
Outono 2	72,86 ^C	71,99 ^B	72,19 ^{AB}	72,63 ^A	0,60	$\hat{Y}=72,58$	-

Médias dispostas na mesma coluna seguidas da mesma letra maiúscula, não diferem entre si ($p>0,05$) pela PDIFF. EPM: erro padrão da média. Estações: Outono/ inverno (Outono-inverno: 25/04/2014 a 22/09/2014), Prim. (primavera: 22/09/2014 a 21/12/2014), Ver. (verão: 21/12/2014 a 20/03/2015) e Outono 2 (Outono 2: 20/03/2015 a 21/06/2015), com variações para as repetições, conforme apresentado no Anexo A. *($P<0,05$) e **($P<0,01$).

Maiores valores de MM foram obtidos nas estações de outono/inverno para o tratamento testemunha e para todas as doses de N (média de 8,2%). Valores semelhantes a estes foram obtidos para as estações de primavera e verão somente para doses de N, quando comparados às demais estações. E menores teores de MM foram verificados para o tratamento testemunha nas estações de primavera e inverno (7,53 e 7,49%, respectivamente). Não houve efeito de doses de N para as estações de outono/inverno, primavera e verão, porém houve comportamento linear durante a estação de outono 2 (com redução de 0,0023% MM a cada kg de N).

Os maiores valores para os teores de FDN não seguiram padrão uniforme dentro das estações para as doses de N (Tabela 7). De forma generalizada, maiores valores de FDN (% MS) foram verificados para o tratamento testemunha e, o incremento nas doses de N levou a redução nos teores de FDN (linear negativo) para quase todas as estações (outono/inverno, primavera e verão), exceto para o outono 2, em que não foi verificada influência das doses de N (72,58% FDN).

5 DISCUSSÃO

5.1 Composição Morfológica

Os maiores valores de massa de forragem obtidos com uso de adubação nitrogenada quando comparados aqueles do tratamento testemunha comprovam o já conhecido efeito da adubação nitrogenada esta variável (MARTHA JUNIOR et al., 2004). Somado a isso, destaca-se também que, o maior efeito verificado para o uso da ureia revestida em relação a comum na massa de forragem, observado para as estações de outono 1 e 2 (Tabela 2), se deve ao revestimento com polímeros promover maior controle de liberação do N com redução de suas perdas para o meio ambiente (BLAYLOCK, 2007), por ser menos susceptível à hidrólise (CANTARELLA, 2007), sobretudo durante os períodos com maior precipitação (perdas por lixiviação) e de déficit hídrico (perdas por volatilização), conforme observado nas estações de outono 1 e outono 2, respectivamente (Figura 1). Já no verão, o maior efeito para o uso de ureia comum na massa de forragem se deve às condições ambientais favoráveis à maior taxa de crescimento da planta e, portanto, há necessidade de uma fonte de ureia mais prontamente disponível como a ureia comum. Uma vez que, a ureia com revestimento depende do processo de dissolução e difusão dentro dos grânulos do fertilizante para liberar o nitrogênio na solução do solo (SHAVIV et al., 2005).

As maiores PMSLF verificadas nas estações de primavera de 2014 e verão de 2015 (Tabela 2) para ambas as fontes de ureia, se devem à maior frequência de cortes (até três cortes na mesma estação: Anexo A) quando comparados as outras estações, devido às condições climáticas (Figura 4) favorecerem o crescimento da planta e o melhor aproveitamento do adubo nitrogenado, acelerando a renovação dos tecidos, o perfilhamento e a produção de lâminas foliares, conforme também observado por Lopes et al. (2011) com capim-massai. A proporção média de lâminas foliares em relação à forragem total produzida no presente experimento (82,0%) foi semelhante a obtida por Emerenciano Neto et al. (2016) com percentual médio de 82,2% de lâminas foliares, e valores bem superiores aos 63% observados por Emerenciano Neto et al. (2013), ambos para o capim-massai, fato que demonstra melhor resultado obtido no presente trabalho, possivelmente em função do manejo de corte mais adequado para o mesmo.

Os maiores valores da PMSC obtidos no verão e no outono 2 podem ser explicados pela maior temperatura média acumulada (27,8 °C) ter ocorrido na estação de verão (Figura 4), que influenciou no aumento das taxas de crescimento, e no outono 2, devido a fase reprodutiva do capim, com maior presença de perfilhos reprodutivos (final de março a início de junho de 2015 – observação pessoal) com a emissão da inflorescência (alongamento dos entrenós), respectivamente, como também verificados nos trabalhos de Iwamoto et al. (2014) para o capim-massai e de Barbosa et al. (2007) para o capim-tanzânia.

De forma geral, os valores de PMSMM foram inferiores a 16% na massa de forragem (maior valor da estação de inverno e do experimento), o que evidencia bom controle da estrutura do dossel sob o manejo de corte do capim-massai por interceptação luminosa (95% IL). Os valores encontrados nesse experimento para esta variável foram menores que aqueles obtidos por Emerenciano Neto et al. (2013), e Euclides et al. (2008) também para o capim-massai (valores de 63 e 62% PMSMM, respectivamente), e por Difante et al. (2011) em pastos de Marandu (18 % PMSMM). Somado a isso, o efeito do aumento da adubação nitrogenada na redução dos valores desta variável foi evidente para ambas as fontes de ureia em todas as estações, possivelmente devido haver maior crescimento da planta e acúmulo de forragem (Tabela 5) e, conseqüentemente, menor tempo necessário para atingir o critério de

corte estabelecido (95% de IL) e permanecer sob auto-sombreamento, levando ao menor acúmulo de material morto em relação ao tratamento testemunha.

5.2 Características Estruturais, Acúmulo de Forragem e Eficiência de uso do N

Verifica-se que o valor médio de ALT do dossel (53,5 cm), obtido no experimento ao momento do corte, está dentro daqueles já relatados na literatura para o capim-massai (50 a 60 cm) conforme relatados por OLIVEIRA, 2014 e EMERENCIANO NETO et al. (2016), sob os critérios de 95% de interceptação luminosa e dias fixos, respectivamente, evidenciando bom controle da estrutura do dossel forrageiro quando cortado no momento em que cada repetição atingiu o nível de IL desejado (95%). Porém, a ALT foi inferior àquela encontrada por Andrade et al. (2006) sob critério de manejo de oferta de forragem para o capim-massai (70 cm). Já os menores valores obtidos no outono 2 e outono/inverno em relação ao verão e primavera para o tratamento testemunha se devem, possivelmente, ao fato do corte ter sido realizado mesmo quando os dosséis do capim-massai apresentaram níveis de IL abaixo de 95% nestas duas estações, após três a quatro avaliações semanais seguidas de IL sem haver aumento dos níveis da mesma.

O aumento da DPP com o incremento das doses de N em todas as estações possivelmente ocorreu devido ao efeito estimulante do nitrogênio sobre pontos de crescimento, com posterior manutenção dessa densidade, possibilitando resposta positiva sobre o vigor de rebrotação e persistência do capim-massai nos cortes posteriores. As maiores DPP e os PP verificados para o capim-massai, de forma concomitante, tanto no verão como na primavera, revelaram efeito diferente do comportamento clássico já descrito na literatura para a relação inversa existente entre tamanho e densidade populacional de perfilhos em comunidades de plantas forrageiras (SBRISSIA & SILVA, 2008), também observado por Alexandrino et al. (2011) com capim-mombaça. Somente na primavera este efeito de compensação foi verificado, conforme observado pelo aumento da DPP e redução na ALT e no PP com aumento das doses de N (Tabela 3).

Os aumentos lineares das DVF, obtidos sob incrementos nas doses de N, verificados em todas as estações se devem tanto aos aumentos das respectivas massas de forragem (Tabela 2), como às reduções ou manutenções das alturas dos dosséis sob maiores doses de N (Tabela 3), que deram origem as estimativas de DVF nas mesmas estações. Os valores obtidos no presente experimento para DVF (média $49 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) são inferiores aqueles obtidos por Emerenciano Neto et al. (2013) ($131,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cm}^{-1}$), Difante et al. (2009) ($80,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) e Neres et al. (2012) ($112 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cm}^{-1}$), avaliando os capins Massai, Tanzânia e Piatã, respectivamente. Contudo, nos trabalhos desses autores, os componentes colmos e material morto contribuíram com maior participação na massa de forragem das plantas estudadas, enquanto que no presente estudo houve maior participação de massa seca de lâmina foliar na massa seca de forragem (Tabela 2), o que pode ter alterado os valores de DVF. Os maiores valores médios de DVF verificados no verão ($57 \text{ kg ha}^{-1} \text{ cm}^{-1} \text{ MS}$) se devem às maiores médias de massa de forragem (2204 kg ha^{-1}) também obtidas durante esta estação em relação às demais. De acordo com Emerenciano Neto et al. (2016), a densidade volumétrica de forragem, em pastejo é considerada como o principal componente da estrutura que determina a taxa de consumo dos animais, porém deve ser feita a associação com a relação folha/colmo.

De forma geral, os valores de RFC do capim-massai (média geral de 8:1) são considerados superiores à relação crítica (1:1), relatado por Pinto et al. (1994), e também altos em relação aqueles obtidos para outras plantas forrageiras, como demonstrado por Brâncio et al. (2003) que avaliaram três cultivares de *Panicum maximum* e relataram valores superiores de RFC para o cv. Massai (7:1), quando comparado aos cvs. Tanzânia e Mombaça (valores

entre 1 e 2:1). Da mesma forma, Neres et al. (2012) verificaram relação RFC ainda menor para a *Urochloa brizantha* cv. Piatã (0,62:1). Esses elevados valores de RFC do capim-massai se devem, provavelmente, ao menor peso de seus colmos, como observado por Brâncio et al. (2003), o que implica em melhor quantidade e qualidade de forragem produzida e proporciona condições favoráveis para obtenção de folhas.

As maiores TAF verificadas para todas as estações em função do aumento da adubação nitrogenada, para ambas as fontes de ureia, se devem a interação entre o N e a frequência de corte, no sentido de que o primeiro favorece a recuperação das plantas e o vigor dos perfilhos, e o segundo pode permitir a manutenção de meristemas apicais, ambos, portanto, podem ter efeitos benéficos sobre o vigor da rebrota (HILL & WATSON, 1989). Segundo Hodgson (1990), dosséis forrageiros submetidos à adubação nitrogenada com disponibilidade de incidência luminosa promovem, de forma direta, maior desenvolvimento de gemas de crescimento basais ou laterais, justificado pelo fato do nitrogênio aumentar a eficiência fotossintética das plantas e, conseqüentemente, o acúmulo de forragem (MACEDO et al., 2012). Os valores médios de TAF verificados nesse experimento ($60 \text{ kg de MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$) foram superiores aqueles obtidos por Luna et al. (2014) ($56,16 \text{ kg de MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$) e inferiores aqueles de Emerenciano Neto et al. (2013) ($73,4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de MS), ambos com o capim-massai. Contudo, deve-se considerar que esses valores são somente referenciais, uma vez que as condições ambientais são totalmente diferenciadas se comparados os experimentos citados.

Os efeitos positivos ($P < 0,05$) verificados para as variáveis DVF, TAF e PB em função do aumento da adubação nitrogenada, revelam que podem ser estudadas doses de N ainda superiores a estas testadas no presente experimento.

O aumento linear da EUN (Tabela 5) observado na estação de inverno com o uso da ureia revestida se deve às reduções das perdas de N, com manutenção do sincronismo de liberação desse nutriente de acordo com as necessidades para crescimento e desenvolvimento das plantas (CANTARELLA, 2007). A redução da EUN sob maiores doses de N (Tabela 5) se deve aos efeitos de lixiviação ou acúmulo de N nos tecidos das plantas, em função da quantidade aplicada desse nutriente ultrapassar a capacidade da planta em absorver o mesmo e utilizá-lo para a produção (DOUGHERTY; RHYKERD, 1985).

Maior eficiência do uso do N sob menor dose ($200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N) para ureia comum nas estações inverno, verão e outono 2, e sob a maior dose ($600 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de N) para ureia revestida durante as estações de outono 1, inverno e outono 2 (Tabela 5), revela que houve resposta benéfica do uso da ureia revestida em maiores doses de N devido, possivelmente, esta fonte ter promovido maior controle da disponibilidade do N para a planta no momento em que este nutriente estava mais sujeito a maiores perdas por condições climáticas adversas. O que ocorreu no outono 1 e inverno em função dos altos índices pluviométricos e de temperaturas registrados, como também no outono 2 no qual foi registrada maior restrição hídrica em relação às demais estações (Figura 5).

Somado a isso, a análise de regressão da EUN revelou maiores valores dos pontos de máximo estimados para ureia revestida em relação a ureia comum durante todas as estações em que houve efeito quadrático positivo, bem como o maior efeito do uso de ureia revestida na estação de inverno em função do efeito linear positivo verificado apenas para esta fonte de ureia. O que denota maior benefício geral do uso de ureia revestida em relação a ureia comum para EUN durante todas as estações do ano.

5.3 Valor Nutricional

As reduções dos teores de MS e FDN em função do aumento da adubação nitrogenada em todas as estações podem ser explicadas pelo efeito da adubação nitrogenada e do manejo do capim por interceptação luminosa a 95%, por promover um crescimento mais rápido da planta e com isso aumentar a frequência de cortes, o que deixou a planta mais tenra, ou seja, permitindo a renovação dos tecidos mais jovens com componentes mais solúveis e menores concentrações de carboidratos estruturais na matéria seca, conforme explicado por Corsi (1984). Esse efeito é caracterizado provavelmente pela maior proporção de folhas (média de 82,0% PMSLF) (Tabela 2) em relação à forragem total produzida no presente experimento, o que corrobora com Sousa et al. (2010).

A redução dos valores de FDN com aumento das doses de N também foi observado por Vitor et al. (2009) que estudaram a influência da adubação nitrogenada (100, 300, 500 e 700 kg ha⁻¹) sobre a qualidade do capim-elefante e observaram que os valores de FDN diminuíram de 76,9 para 72,0% da menor para a maior dose, corroborando com os resultados do presente experimento para o qual foi verificada redução de 75,5 % para 70,6% de FDN com aumento das doses de N. Já na estação outono 2, a não alteração no teor de FDN para o incremento das doses de N (Tabela 7) pode ser justificada pela redução da precipitação pluviométrica e temperatura neste outono (Figura 5).

Os valores médios de FDN obtidos nesse trabalho (72,93%) foram inferiores aqueles verificados por Geron et al. (2014) para o capim-massai (76,78%), Marandu (78,61%) e Humidicola (74,96%), e semelhantes aqueles do Capim Mombaça (73,08%). Contudo os valores obtidos no presente experimento para o capim-massai (média geral 72,93%) são considerados altos mesmo para forrageiras de clima tropical, visto que, segundo Van Soest (1994) valores acima de 55 a 60% de FDN na matéria seca limitam o consumo voluntário da forragem. Possivelmente isso se deve à estrutura anatômica do capim-massai, denominada *girder* I, a qual consiste num arranjo de células esclerenquimáticas entre as células epidérmicas e de bainhas do feixe vascular nas lâminas foliares (LEMPP et al., 2007), a qual dificulta ou impede a remoção da epiderme por digestão ou por força física, e limita o consumo voluntário pelos animais (PIRES, 2014; EUCLIDES et al., 2008; VOLPE et al., 2008; LEMPP et al., 2007).

O aumento nos teores para PB (%MS) com o incremento das doses de N é justificado com o fato do N exercer grande influência no crescimento das forrageiras, estimulando seu perfilhamento e surgimento de novos órgãos na planta, sendo estes ricos em N por possuírem compostos (proteínas, clorofila, aminoácidos e peptídeos) com alta concentração deste nutriente (SCHLICHTING et al., 2015). Lima et al. (2016) ao avaliar o efeito de fontes e doses de nitrogênio no crescimento da *Urochloa ruziziensis*, observaram aumento linear nos teores de PB (6,73 a 8,77% na MS) com o incremento das doses de N, o mesmo comportamento foi verificado no presente experimento (5,54 a 13,52% na MS). E os maiores teores de PB foram verificados com uso da ureia revestida (10,40% na MS) quando comparados ao uso da ureia comum (9,41% na MS) no presente experimento, diferem daqueles obtidos por Lima et al. (2016) que não verificaram efeito de fonte nos teores de PB. Neste trabalho, verificou-se que os teores médios de PB estiveram acima de 7%, exceto para o tratamento testemunha e, portanto, podem ser considerados adequados para atendimento do mínimo exigido desse nutriente, conforme indicado por Van Soest (1994).

Já a falta de efeito do aumento da adubação nos teores de MM corrobora com a pequena variação observada nesses mesmos teores em experimentos conduzidos com outras plantas forrageiras, contudo, segundo Gomide (1976), os valores obtidos estão dentro da normalidade observada em outros estudos.

Ao comparar os teores de MM obtidos no presente experimento (de 6,84 a 8,80% na MS) com aqueles de outras forrageiras tropicais, verifica-se que estes são maiores que aqueles obtidos por Agulhon et al. (2004) para o capim-marandu (4,86 a 5,11% na MS), inferiores aqueles reportados por Vasconcelos et al. (2012) (9,60% e 11,30% na MS) com capim-buffel, Castagnara et al. (2011) com capins Tanzânia (9,44% na MS), Mombaça (9,05% na MS) e Mulato (9,50% na MS), e próximos aqueles obtidos por Gonçalves et al. (2001) para gramíneas do gênero *Cynodon* (6,62 a 8,20% na MS). Isto demonstra a ampla variabilidade normalmente verificada para esta variável nos diferentes experimentos conduzidos com gramíneas forrageiras de clima tropical, conforme descrito por Gomide (1976).

6 CONCLUSÕES

A adubação nitrogenada exerce influência benéfica na composição morfológica, características estruturais, acúmulo de forragem e valor nutricional do capim-massai.

A adubação nitrogenada eleva os teores de proteína bruta e reduz os teores de matéria seca e de fibra em detergente neutro, com aumento no valor nutricional do capim-massai manejado sob 95% de interceptação luminosa.

Maior EUN é obtida com utilização de ureia revestida em relação à ureia comum em todas as estações do ano quando aplicadas doses crescentes de N em pastos de capim-massai.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, D. de; SCHUELER, A. S. de. Water management and sustainability: global challenges and local responses from the case study of Seropédica, Metropolitan Region of Rio de Janeiro. **Cadernos Metr pole**. São Paulo, v. 17, n. 33, p. 109-126, 2015.
- AGULHON, R.A.; JOBIM, C.C.; BRANCO, A.F.; et al. Valor nutritivo da massa de forragem ofertada em uma pastagem de capim-marandu (*Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Webster var Marandu) sob pastejo no inverno. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.26, n.2, p.265-272, 2004.
- ALEXANDRINO, E.; CANDIDO, M.J.D.; GOMIDE, J.A. Fluxo de biomassa e taxa de acúmulo de forragem em capim Mombaça mantido sob diferentes alturas. **Revista Brasileira de Saúde e Produ o Animal**, v.12, n.1, p. 59-71, 2011.
- ALMEIDA, R.G.; BARBOSA, R.A.; ZIMMER, A.H.; et al. Forrageiras em sistemas de produ o de bovinos em integra o. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed). **Sistemas de integra o lavoura-pecuária-floresta: a produ o sustentável**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012. p.87-94.
- ALVES, A.C.; OLIVEIRA, P.P.A.; HERLING, V.R.; et al. New methods to quantify NH₃ volatilization from fertilized surface soil with urea. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.133-140, 2011.
- ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; VALENTIM, J.F.; et al. Grazing management strategies for massai grass forage peanut pastures.1. Dynamics of sward condition and botanical composition. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.334-342, 2006.
- BARBOSA, R.A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; EUCLIDES, V.P.B.; et al. Capim-tanzânia submetido a combina es entre intensidade e freq ncia de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.329-340, 2007.
- BASSO, K.C.; BARBERO, L.M. Anatomia foliar de forrageiras e a sua rela o com o valor nutritivo. **Veterinária Notícias**. v.21, n.1, p.1-10, 2015.
- BASSO, K.C.; CECATO, U.; LUGÃO, S.M.B.; et al. Morfogênese e dinâmica do perfilhamento em pastos de *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio submetido a doses crescentes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produ o Animal**, v.11, n.4, p.976-989, 2010.
- BAUER, M.O.; PACHECO, L.P.A.; CHICHORRO, J.F.; et al. Produ o e características estruturais de cinco forrageiras do g nero *Brachiaria* sob intensidades de cortes intermitentes. **Ciência Animal Brasileira**, v.12, n.1, p.17-25, 2011.
- BLAYLOCK, A. Novos Fertilizantes Nitrogenados: O Futuro dos Fertilizantes Nitrogenados de Libera o Controlada. **Informa es Agronômicas**, n.120, p.8-10, 2007.
- BONO, J.A.M.; CONTREIRAS, D. P.A.; MAUAD, R.M. Modo de aplica o de fertilizantes nitrogenados na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Agrarian**, v.1, n.2, p.91-102, 2008.
- BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos: aspectos econ micos do enxofre e do nitrogênio dos solos**. 7 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos. 1989, 898p.
- BRÂNCIO, P.A.; EUCLIDES, V.P.B.; NASCIMENTO JÚNIOR. D.; et al. Avalia o de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo: Disponibilidade de forragem, altura do

resíduo pós-pastejo e participação de folhas, colmos e material morto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.55-63, 2003.

CAHILL, S.; OSMOND, D.; WEISZ, R.; et al. Evaluation of alternative nitrogen fertilizers for corn and winter wheat production. **Agronomy Journal**, v.102, n.4, p.1226-1236, 2010.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.375-470.

CARNEVALLI, R.A.; SILVA, S.C. da; BUENO, A.A. de O.; et al. Herbage production and grazing losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. **Tropical Grasslands**, v.40, p.165-176, 2006.

CARVALHO, D.F.; SILVA, D.G.; SOUZA, A.P.; et al. Coeficientes da equação de Angström-Prescott e sua influência na evapotranspiração de referência em Seropédica, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v.15, n.8, p. 108-116, 2011.

CECATO, U.; CASTRO, C.R. C.; CANTO, M.W.; et al. Perdas de forragem em capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq cv. Tanzânia-1) manejado sob diferentes alturas de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.295-301, 2001.

CASTAGNARA, D.D.; MESQUITA, E.E.; NERES, M.A. Valor nutricional e características estruturais de gramíneas tropicais sob adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, n.232, p.931- 942, 2011.

CERETTA, C.A. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia-milho, no sistema plantio direto. In: FRIES, M.R.; DALMOLIN, R.S.D. **Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto**. Santa Maria: Pallotti, 1997. Cap.5, p.112-124.

CERETTA, C.A; FRIES, M.R. Adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. In: NUERNBERG, N.J. **Plantio direto: conceitos, fundamentos e práticas culturais**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, 1997. Cap.7, p.111-120.

CHIEN, S. H.; PROCHNOW, L.I.; CANTARELLA, H. Recent development of fertilizer production and use to improve nutrient efficiency and minimize environmental impacts. **Advances in Agronomy**, v.102, p.267-322, 2009.

CIVARDI, E. A.; SILVEIRA NETO, A. N.; RAGAGNIN, V. A.; et al. Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e uréia comum incorporada ao solo no rendimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.1, p.52-59, 2011.

COAN, R.M.; REIS, R.A. Adubação nitrogenada em pastagens: eficiência no Processo. **Nota de consultoria**, 4 p., 2011.

CORSI, M. **Effects of nitrogen rates and harvesting intervals on dry matter production, tillering and quality of the tropical grass *Panicum maximum*, JACQ**. 1984. 125p. Thesis (Doctor of Philosophy). The Ohio State University, Ohio, 1984.

COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim-marandu. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.1, p.192-199, 2010.

DA ROS, C.O.; AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Volatilização de amônia com aplicação de uréia na superfície do solo, no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.35, n.4, p.799-805, 2005.

- DIFANTE, G.S.; EUCLIDES, V.P.B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. et al. Ingestive behaviour, herbage intake and grazing efficiency of beef cattle steers on Tanzania guineagrass subjected to rotational stocking managements. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.6, p.1001-1008, 2009.
- DIFANTE, G.S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; DA SILVA, S.C.; et al. Características morfológicas e estruturais do capim-marandu submetido a combinações de alturas e intervalos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.5, p.955-963, 2011.
- DOUGHERTY, C.T.; RHYKERD, C.L. The role of nitrogen in forage-animal production. In: HEATH, M.E.; BARNES, R.F.; METCALFE, D.S. (Eds.). **Forages: the science of grassland agriculture**. Ames: Iowa State University Press, 1985. p.318-325.
- ECKERT, D. J.; DICK, W. A.; JOHNSON, J. W. Response of no-tillage grown in corn and soybean residues to several nitrogen fertilizer sources. **Agronomy Journal**, v.78, p.231-235, 1986.
- EICHLER, V.; SERAPHIN, E. S.; PORTES, T. A.; et al. Produção de massa seca, número de perfilhos e área foliar do capim-mombaça cultivado em diferentes níveis de nitrogênio e fósforo. **Ciência Animal Brasileira**, v.9, n.3, p.617-626, 2008.
- EMBRAPA GADO DE CORTE. **Capim-massai (*Panicum maximum* cv. Massai): alternativa para diversificação de pastagens**. Campo Grande: Embrapa Gado de corte, 2001. 5p. (Embrapa Gado de Corte. Comunicado Técnico, 69).
- EMERENCIANO NETO, J.V.; DIFANTE, G.S.; MONTAGNER, D.B.; et al. Características estruturais do dossel e acúmulo de forragem em gramíneas tropicais, sob lotação intermitente e pastejada por ovinos. **Bioscience Journal**, v.29, n.4, p.962-973, 2013.
- EMERENCIANO NETO, J.V.; PEREIRA, G.F.; DIFANTE, G.S. Produção e estrutura de pastos de capim-massai adubado com dejetos da produção animal. **Boletim de Indústria Animal**, v.73, n.2, p.111-117, 2016.
- EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H.; et al. Avaliação dos capins mombaça e massai sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.18-26, 2008.
- FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MORAIS, R.V.; et al. Avaliação das características estruturais do capim-braquiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.30-37, 2006.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAO statistical data bases**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 26 abr. 2011.
- FARIA, L.A.; NASCIMENTO, C.A.C.; VENTURA, B.P.; et al. Hygroscopicity and ammonia volatilization losses from nitrogen sources in coated urea. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.38, p.942-948, 2014.
- FERNÁNDEZ-ESCOBER, R.; BENLLOCH, M.; HERRERA, E.; et al. Effect of traditional and slow-release N fertilizers on growth of olive nursery plants and N losses by leaching. **Scientia Horticulturae**, v.1001, p.39-49, 2004.
- FONSECA, D.M.; SANTOS, M.E.R.; MARTUSCELLO, J.A. **Plantas Forrageiras**. In: FONSECA, D.M. & MARTUSCELLO, J.A. Editora: UFV. Cap.1, p.166-196, 2010.
- FRANÇA, A.F.S., BORJAS, A.L.R.; OLIVEIRA, E.R.; et al. Parâmetros nutricionais do capim-tanzânia sob doses crescentes de nitrogênio em diferentes idades de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, p.695-703, 2007.

- GAGNON, B.; ZIADI, N.; GRANT, C. Urea fertilizer forms affect grain corn yield and nitrogen use efficiency. **Canadian Journal of Science**, v.92, p.341-351, 2012.
- GARCEZ NETO, A.F.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; REGAZZI, A.J.; et al. Respostas morfológicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.1890-1900, 2002.
- GERON, L.J.V.; CABRAL, L.S.; MACHADO, R.J.T.; et al. Avaliação do teor de fibra em detergente neutro e ácido por meio de diferentes procedimentos aplicados às plantas forrageiras. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.3, p.1533-1542, 2014.
- GIRARDI, E.A.; MOURÃO FILHO, F.A.A. **Revista Laranja**, v.24, n.2, p.507-518, 2003.
- GOMES, R. A.; LEMPP, B.; JANK, L. CARPEJANI, G. C.; et al. Características anatômicas e morfofisiológicas de lâminas foliares de genótipos de *Panicum maximum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.2, p.205-211, 2011.
- GOMIDE, J.A. Composição mineral de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais. Simpósio Latino Americano sobre Pesquisa em Nutrição Mineral de Ruminantes em Pastagens, 1. **Anais**. Belo Horizonte: UFMG, 1976. p.20-33.
- GONÇALVES, G.D.; SANTOS, G.T.; JOBIM, C.C.; et al. Determinação das frações de proteína e de carboidratos de gramíneas do gênero *Cynodon* em idades ao corte. **Acta Science**, v.23, p.789-794, 2001.
- GRANT, C.A.; WU, R.; SELLES, F. Crop yield and nitrogen concentration with controlled release urea and split applications of nitrogen as compared to non-coated urea applied at seeding. **Field Crops Research**, v.127, p.170-180, 2012.
- HARPER, L.A.; SHARPE, R.R. Nitrogen dynamics in irrigated corn: Soil-plant nitrogen and atmospheric ammonia transport. **Agronomy Journal**, v.87, p.669-675, 1995.
- HILL, M.J.; WATSON, R.W. The effect of differences in intensity and frequency of defoliation on the growth of *Sirolan phalaris* in the field. **Australian Journal of Agricultural Research**, n.40, p.345-52, 1989.
- HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. New York: John Wiley & Sons, Inc., Longman Scientific & Technical. 1990. 203p.
- HONG, N.; SCHARF, P.C.; DAVIS, J.G.; et al. Economically optimal nitrogen rate reduces soil residual nitrate. **Journal of Environmental Quality**, v.36, p.354-362, 2007.
- IWAMOTO, B.S.; CECATO, U.; RIBEIRO, O.L.; et al. Produção e composição morfológica do capim-tanzânia fertilizado com nitrogênio nas estações do ano. **Bioscience Journal**, v.30, n.2, p.530-538, 2014.
- JONES, C.A. **Management of urea fertilizer to minimize volatilization**. Montana: Montana State University Extension Service, 2007. 12p.
- KAPPES, C.; CARVALHO, M.A.C.; YAMASHITA, O.M.; et al. Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, n.3, p.251-259, 2009.
- KEENEY, D.R.; BREMNER, J.M. Effect of cultivation on the nitrogen distribution in soils. **Soil Science**, v.28, p.653-656, 1964.

KIEHL, J.C. Distribuição e retenção da amônia no solo após aplicação de uréia. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.13, p.75-80, 1989.

LAURA, V.A.; JANK, L.; RESENDE, R.M.S.; et al. Avaliação e seleção de genótipos de *Panicum maximum* sob alagamento temporário. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL – XII CONGRESSO LATINO AMERICANO DE FISILOGIA VEGETAL, 2005, Recife. **Anais**. Recife: CBFV/CLAFV, 2005. CD-Room.

LEÃO, A.F. **Volatilização de amônia resultante da aplicação de ureia na cultura de milho**. Jataí, 2008. 63p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí, 2008.

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

LIMA, J.E.S.; NASCENTE, A.S.; LEANDRO, W.M.; et al. *Urochloa ruziziensis* responses to sources and doses of urea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.20, n.5, p.401-407, 2016.

LOPES, M.N. **Trocas gasosas e morfofisiologia em capim-massai sob pastejo e adubado com nitrogênio**. 2012. 118 f. (Mestrado – Zootecnia) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

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

LUNA, A.A.; DIFANTE, G.S.; MONTAGNER, D.B.; et al. Características morfogênicas e acúmulo de forragem de gramíneas forrageiras sob corte. **Bioscience Journal**, v.30, n.6, p.1803-1810, 2014.

MACEDO, C.H.O.; ANDRADE, A.P.; SANTOS, E.M.; et al. Perfil fermentativo e composição bromatológica de silagens de sorgo em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.2, p.371-382, 2012.

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

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

MARTHA JÚNIOR, G.B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P.C.O.; et al. Perda de amônia por volatilização em pastagem de capim-tanzânia adubada com uréia no verão. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.33, n.6, p.2240-2247, 2004

MARTINS, I.S.; CAZETTA, J.O.; FUKUDA, A.J.F. Condições, modos de aplicação e doses de ureia revestida por polímeros na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.44, n.3, p.271-279, 2014.

MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Perdas por volatilização do nitrogênio fertilizante aplicado em pomares de citros. **Revista Laranja**, v.23, n.1, p.263-270, 2002.

McINNES, K.J.; FERGUSON, R.B.; KISSELAND, D.E. Ammonia loss from applications of urea ammonium nitrate solution to straw residue. **Soil Science American Journal**, v.50, p.969-974, 1986.

- MOAL, J.F.; MARTINEZ, J.; GUIZIOU, F.; et al. Ammonia volatilization following surface applied pig and cattle slurry in France. **Journal of Agricultural Science**, v.25, p.245-252, 1995.
- MORGAN, K.T.; CUSHMAN, K.E.; SATO, S. Release mechanisms for slow and controlled release fertilizers and strategies for their use in vegetable production. **Horttechnology**, v.19, p.101-12, 2009.
- MOTAVALLI, P.P.; GOYNE, K.W.; UDAWATTA, R. Environmental impacts of enhanced-efficiency nitrogen fertilizers. **Crop Management**, v.7, n.1, 2008.
- NASH, P.R.; NELSON, K.A.; MOTAVALLI, P.P.; et al. Effects of polymer - coated urea application ratios and dates on wheat and subsequent double-crop soybean. **Agronomy Journal**, v. 104, 1074-1084, 2012.
- NELSON, K.E.; TURGEON, A.J.; STREET, J.R. Thatch influence on mobility and transformation of nitrogen carries applied to turf. **Agronomy Journal**, v.72, p.487-492, 1980.
- NERES. M.A.; CASTAGNARA, D.D.; SILVA, F.B.; et al. Características produtivas, estruturais e bromatológicas dos capins Tifton-85 e Piatã e do feijão-guandu cv. Super N, em cultivo singular ou em associação. **Ciência Rural**, v.42, n.5, p.862-869, 2012.
- NEWMAN, J.A.; PARSONS, A.J.; PENNING, P.D. A note on the behavioral strategies used by grazing animals to alter their intake rates. **Grass and forage science**, v. 49, p.502-505, 1994.
- NOELLSCH, A.J.; MONTAVALLI, P.P.; NELSON, K.A.; et al. Corn response to conventional and slow-release nitrogen fertilizers across a clay pan landscape. **Agronomy Journal**, v.101, p.607-614, 2009.
- OKUMURA, R.S.; MARIANO, D.C.; ZACCHEO, P.V.C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, n.2, p.226-244, 2011.
- OLIVEIRA, D.R. **Morfogênese e interceptação da radiação solar incidente em pastagens de capim-massai capim-massai consorciado com amendoim forrageiro sob cortes**. 2014. 67p. Dissertação (Mestrado) em: Zootecnia Universidade Federal Rural de Lavras, Lavras.
- OLIVEIRA, E. F. de; BALBINO, L. C. Efeitos de fontes e doses de nitrogênio aplicado em cobertura nas culturas de trigo, milho e algodão. In: OLIVEIRA, E. F. de; BALBINO, L. C. Resultados de pesquisa, 1/95. Cascavel: Ocepar, 1995.
- OLIVEIRA, P.P.; TRIVELIN, P.C.O.; WLADECIR, S.O. Balanço de nitrogênio (15N) da ureia nos componentes de uma pastagem de capim-marandu sob recuperação em diferentes épocas de calagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1982-1989, 2007.
- JÚNIOR, J.F.O.; DELGADO, R.C.; GOIS, G.; et al. Análise da precipitação e sua relação com sistemas meteorológicos em Seropédica, Rio de Janeiro. **Floresta e Ambiente**. v.21, n.2, p. 140-149. 2014.
- OWENS, L.B.; EDWARDS, W.M.; VAN KEUREN. Nitrate leaching from grassed lysimeters treated with ammonium nitrate or slow-release nitrogen fertilizer. **Journal of Environmental Quality**, v.28, p.1810-1816, 1999.
- PACK, J.E.; HUTCHINSON, C.M.; SIMONNE, E.H. Evaluation of controlled-release fertilizers for Northeast Florida chip potato production. **Journal of Plant Nutrition**, v.29, p.1301-1313, 2006.

- PATÊS, N. M. S.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; et al. Produção e valor nutritivo do capim-tanzânia fertilizado com nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.11, p.1934-1939, 2008.
- PEREIRA, H. S.; LEÃO, F.A.; VERGINASSI, A. Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.6, p.1685-1694, 2009.
- PINTO, J.C.; GOMIDE, J.A.; MAESTRI, M. Produção de matéria seca e relação folha/caule de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.3, p.313-326, 1994.
- PIRES, C.A. **Eficiência do revestimento e de doses de ureia nas características estruturais, acúmulo e valor nutritivo da forragem do capim-massai**. 2014. 66p. Dissertação (Mestrado) em: Zootecnia – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
- PORTZ, A.; RESENDE, A.S.; TEIXEIRA, A.J.; et al. Recomendações de adubos, corretivos e de manejo da matéria orgânica para as principais culturas de Estado do Rio de Janeiro. In: FREIRE, L.R.; BALIEIRO, F.C.; ZONTA, E. et al. **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. 1. ed. Seropédica: UFRRJ, 2013. Cap. 14, p. 257 – 414.
- PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZAN, V. et al. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, p.34-41, 2013.
- PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; PRIMAVESI, A.C.; et al. **Adubação com ureia em pastagem de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross sob manejo rotacionado: eficiência e perdas**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. 42p. (Circular Técnica, 30).
- QUADROS, D.G.; RODRIGUES, L.R.A.; FAVORETTO, V.; et al. Componentes da produção de forragem em pastagens dos capins tanzânia e mombaça adubadas com quatro doses de NPK. **Revista Brasileira de Zootecnia**. V. 31: p.1333-1342. 2002.
- QUEIROZ, A.M.; SOUZA, C.H.E.; MACHADO, V.J.; et al. Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.10, n.3, p.257-266, 2011.
- RAMOS, D.P.; CASTRO, A.F.; CAMARGO, M.N. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.8, p.1-27, 1973.
- RODRIGUES, J.F.H. **Características morfogênicas e estruturais do *Panicum maximum* Jacq cv. Milênio sob adubação**. 2006. 48p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- SIMON, J. C.; LEMAIRE, G. Tillering and leaf area index in grasses in the vegetative phase. **Grass and Forage Science**, v. 42, n. 4, p. 373-380, 1987.
- SANTINI, J.N.K. **Fontes e doses de nitrogênio na cultura da *Brachiaria brizantha* cv. xaraés sob condições edafoclimáticas de cerrado**. 2014. 69 p. Dissertação (Mestrado) em Agronomia – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2014.
- SBRISSIA, A.F.; Da SILVA, S. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.35-47, 2008.

SCHLICHTING, A.F.; SILVA, E.M.B.; SILVA, M.C. Eficiência de medidores portáteis de clorofila na avaliação do estado nutricional de plantas de trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p.1148-1151, 2015.

SHAVIV, A. Advances in controlled-release fertilizers. **Advances in Agronomy**, v.71, p.1-49, 2001.

SHAVIV, A. Controlled release fertilizers. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON ENHANCED EFFICIENCY FERTILIZERS, 2005, Frankfurt. **Proceedings**. Frankfurt: International Fertilizer Industry Association, 2005. p. 1-13.

SILVA, A.A.; SILVA, T.S.; VASCONCELOS, A.C.P. Aplicação de diferentes fontes de ureia de liberação gradual na cultura do milho. **Bioscience Journal**, v.28, supl., p.104-111, 2012.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2.ed. Viçosa: Imprensa Universitária. 156 p, 2002.

SOARES, E. **Respostas de *Panicum maximum* cv. Massai a doses de biofertilizante ou adubação com nitrogênio e fósforo**. 2015. 54p. Dissertação (Mestrado em Produção animal) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba.

SOUSA, R.S.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P. Composição química de capim-tanzânia adubado com nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1200-1205, 2010.

SOUZA, J.R.; CASTRO, G.S.A.; RIBEIRO, B.N.; et al. Manejo de nitrogênio revestido com polímeros na cultura do algodão. **Acta Iguazu**, v.2, n.1, p. 43-49, 2013.

SUTTON, M.A.; ASMAN, W.A.H.; ELLERMANN, T.; et al. Establishing the link between ammonia emission control and measurements of reduced nitrogen concentrations and deposition. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.82, n.2, p.149-185, 2003.

THORNTHWAIT, C.W.; MATHER, R.J. 1955. **The water balance**. Drexel Institute of Technology, Centerton, NJ, USA. 690p, 2002.

TREKNEI, M.E. **Slow and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Efficiency in Agriculture**. 2.ed. Paris: IFA, 2010. 163p.

VALDERRAMA, M. **Fontes e doses de nitrogênio revestidas ou não por polímeros na cultura do milho**. 2011. 50p. Dissertação (Mestrado) em Agronomia - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; et al. Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, n.3, p.191-196, 2009.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M. Adubação nitrogenada na cultura do milho com ureia revestida por diferentes fontes de polímeros. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 659-670, 2014.

VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; MOREIRA, P. **Capim Massai (*Panicum maximum* Jacq.) nova forrageira para diversificação de pastagens no Acre**. Rio Branco: EMBRAPA Acre, 2001 (EMBRAPA Acre, Circular Técnica 41).

- VALÉRIO, R. Manejo de insetos-praga. In. REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. (ORG.) **Forragicultura: Ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. São Paulo. 2013. p. 317-331.
- VAN SOEST, P.J. **Nutrition ecology of the ruminant**. Ithaca: Comstock Publishing Associates, 1994, p.476.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal Dairy Science**, v.74: p.3583-3597. 1991.
- VASCONCELOS, W.A.; ANDRADE, A.P.; SANTOS, E.M.; et al. Produção de fitomassa e composição químico-bromatológica do capim buffel adubado com digesta bovina sólida. **Revista Tropical**, v.6, n.2, p.93-101, 2012.
- VITOR, C.M.T.; FONSECA, D.M.; CÓSER, A.C.; et al. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.435-442, 2009.
- VITOR, C.M.T.; FONSECA, D.M.; MOREIRA, L.M.; et al. Rendimento e composição química do capim-braquiária introduzido em pastagem degradada de capim-gordura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.2107-2114, 2008.
- VOLPE, E.; MARCHETTI, M.E.; MACEDO M.C.M.; et al. Acúmulo de forragem e características do solo e da planta no estabelecimento de capim-massai capim-massai com diferentes níveis de saturação por bases, fósforo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.228-237, 2008.
- WALSH, L.M. & MURDOCK, J.T. Native fixed ammonium and fixation of applied ammonium in several Wisconsin soils. **Soil Science**. v.89, p.183-192, 1960.
- 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.
- WILSON, M.L.; ROSEN, C.J.; MONCRIEF, J.F. Potato response to a polymer-coated urea on an irrigated, coarse-texture soil. **Agronomy Journal**, v. 101, p. 897-905, 2009.
- WOLFINGER, R.D. Covariance structure selection in general mixed models. **Communications in Statistics Simulation and Computation**, v.22, p.1079-1106, 1993.
- YANG, Y.C.; ZHANG, M.; ZHENG, L.; et al. Controlled release urea improved nitrogen use efficiency, yield and quality of wheat. **Agronomy Journal**, v. 103, p. 479-485, 2011.
- YANG, Y.; ZHANG, M.; LI, Y.C.; et al. Controlled release urea improved nitrogen use efficiency, activities of leaf enzymes, and rice yield. **Soil Science Society of America Journal**, v.76, p. 2307-2317, 2013.
- ZIADI, N.; GRANT, C.; SAMON, N.; et al. Efficiency of controlled-release urea for a potato production system in Quebec, Canada. **Agronomy Journal**, v. 103, p. 60-66, 2011.

8. ANEXOS

ANEXO A - Distribuição das estações no intervalo de cortes (Tabelas: 8 a 16).

Tabela 8. Primeiro corte (a partir da data de uniformização: 25/04/2014).

Dose	Tratamentos	Bloco (repetição)	Data de corte	Intervalo de cortes (Dias)	Estações		
					Outono	Inverno	Primavera
0	0	1	15/10/2014	173	57	93	23
0	0	2	15/10/2014	173	57	93	23
0	0	3	21/08/2014	118	57	61	-
0	0	4	13/08/2014	110	57	53	-
200	1	1	16/07/2014	82	57	25	-
200	1	2	04/07/2014	70	57	13	-
200	1	3	04/08/2014	101	57	44	-
200	1	4	23/07/2014	89	57	32	-
400	1	1	23/07/2014	89	57	32	-
400	1	2	16/07/2014	82	57	25	-
400	1	3	04/08/2014	101	57	44	-
400	1	4	04/07/2014	70	57	13	-
600	1	1	04/07/2014	70	57	13	-
600	1	2	23/07/2014	89	57	32	-
600	1	3	04/07/2014	70	57	13	-
600	1	4	16/07/2014	82	57	25	-
200	2	1	16/07/2014	82	57	25	-
200	2	2	23/07/2014	89	57	32	-
200	2	3	04/07/2014	70	57	13	-
200	2	4	16/07/2014	82	57	25	-
400	2	1	23/07/2014	89	57	32	-
400	2	2	16/07/2014	82	57	25	-
400	2	3	13/08/2014	110	57	53	-
400	2	4	04/07/2014	70	57	13	-
600	2	1	16/07/2014	82	57	25	-
600	2	2	04/07/2014	70	57	13	-
600	2	3	23/07/2014	89	57	32	-
600	2	4	16/07/2014	82	57	25	-

Tabela 9. Segundo corte (a partir da data do 1º corte).

Dose	Tratamentos	Bloco (repetição)	Data de corte	Intervalo de cortes (Dias)	Estações		
					Inverno	Primavera	Verão
0	0	1	12/02/2015	120	-	67	53
0	0	2	12/02/2015	120	-	67	53
0	0	3	07/01/2015	139	32	90	17
0	0	4	07/01/2015	147	40	90	17
200	1	1	16/10/2014	92	68	24	-
200	1	2	30/09/2014	88	80	8	-
200	1	3	09/12/2014	127	49	78	-
200	1	4	15/01/2015	176	61	90	25
400	1	1	09/12/2014	139	61	78	-
400	1	2	29/10/2014	105	68	37	-
400	1	3	03/12/2014	121	49	72	-
400	1	4	21/08/2014	48	48	-	-
600	1	1	10/09/2014	68	68	-	-
600	1	2	29/10/2014	98	61	37	-
600	1	3	21/08/2014	48	48	-	-
600	1	4	11/09/2014	57	57	-	-
200	2	1	16/10/2014	92	68	24	-
200	2	2	05/12/2014	135	61	74	-
200	2	3	21/08/2014	48	48	-	-
200	2	4	03/12/2014	140	68	72	-
400	2	1	07/01/2015	168	61	90	17
400	2	2	29/10/2014	105	68	37	-
400	2	3	03/12/2014	112	40	72	-
400	2	4	25/09/2014	83	80	3	-
600	2	1	16/10/2014	92	68	24	-
600	2	2	11/09/2014	69	69	-	-
600	2	3	10/12/2014	140	61	79	-
600	2	4	29/10/2014	105	68	37	-

Tabela 10. Terceiro corte (a partir da data do 2º corte).

Dose	Tratamentos	Bloco (repetição)	Data de corte	Intervalo de cortes (Dias)	Estações			
					Inverno	Primavera	Verão	Outono
0	0	1	10/04/2015	57	-	-	36	21
0	0	2	14/04/2015	61	-	-	36	25
0	0	3	24/03/2015	76	-	-	72	4
0	0	4	06/04/2015	89	-	-	72	17
200	1	1	09/12/2014	54	-	54	-	-
200	1	2	05/12/2014	66	-	66	-	-
200	1	3	10/02/2015	63	-	12	51	-
200	1	4	12/02/2015	28	-	-	28	-
400	1	1	28/01/2015	50	-	12	38	-
400	1	2	04/12/2014	36	-	36	-	-
400	1	3	06/02/2015	65	-	18	47	-
400	1	4	29/10/2014	69	32	37	-	-
600	1	1	27/11/2014	78	12	66	-	-
600	1	2	09/12/2014	41	-	41	-	-
600	1	3	29/10/2014	69	32	37	-	-
600	1	4	03/12/2014	83	11	72	-	-
200	2	1	04/12/2014	49	-	49	-	-
200	2	2	11/02/2015	68	-	16	52	-
200	2	3	04/12/2014	105	32	73	-	-
200	2	4	10/02/2015	69	-	18	51	-
400	2	1	21/02/2015	45	-	-	45	-
400	2	2	08/12/2014	40	-	40	-	-
400	2	3	04/02/2015	63	-	18	45	-
400	2	4	04/12/2014	70	-	70	-	-
600	2	1	03/12/2014	48	-	48	-	-
600	2	2	27/11/2014	77	11	66	-	-
600	2	3	06/02/2015	58	-	11	47	-
600	2	4	03/12/2014	35	-	35	-	-

Tabela 11. Quarto corte (a partir da data do 3º corte).

Dose	Tratamentos	Bloco (repetição)	Data de corte	Intervalo de cortes (Dias)	Estações			
					Primavera	Verão	Outono	Inverno
0	0	1	05/08/2015	117	-	-	72	45
0	0	2	05/08/2015	113	-	-	68	45
0	0	3	05/08/2015	134	-	-	89	45
0	0	4	05/08/2015	121	-	-	76	45
200	1	1	10/02/2015	63	12	51	-	-
200	1	2	10/02/2015	67	16	51	-	-
200	1	3	24/03/2015	42	-	38	4	-
200	1	4	25/04/2015	72	-	36	36	-
400	1	1	21/02/2015	24	-	24	-	-
400	1	2	07/01/2015	34	17	17	-	-
400	1	3	25/03/2015	47	-	42	5	-
400	1	4	03/12/2014	35	35	-	-	-
600	1	1	30/12/2014	33	24	9	-	-
600	1	2	04/02/2015	57	12	45	-	-
600	1	3	03/12/2014	35	35	-	-	-
600	1	4	06/02/2015	65	18	47	-	-
200	2	1	07/01/2015	34	17	17	-	-
200	2	2	10/04/2015	58	-	37	21	-
200	2	3	04/02/2015	62	17	45	-	-
200	2	4	25/04/2015	74	-	38	36	-
400	2	1	06/04/2015	44	-	27	17	-
400	2	2	04/02/2015	58	13	45	-	-
400	2	3	25/03/2015	49	-	44	5	-
400	2	4	06/02/2015	64	17	47	-	-
600	2	1	07/01/2015	35	18	17	-	-
600	2	2	30/12/2014	33	24	9	-	-
600	2	3	25/03/2015	47	-	42	5	-
600	2	4	10/02/2015	69	18	51	-	-

Tabela 12. Quinto corte (a partir da data do 4º corte).

Dose	Tratamentos	Bloco (repetição)	Data de corte	Intervalo de cortes (Dias)	Estações			
					Primavera	Verão	Outono	Inverno
0	0	1		-	-	-	-	-
0	0	2		-	-	-	-	-
0	0	3		-	-	-	-	-
0	0	4		-	-	-	-	-
200	1	1	24/03/2015	42	-	38	4	-
200	1	2	06/04/2015	55	-	38	17	-
200	1	3	20/05/2015	57	-	-	61	-
200	1	4	05/08/2015	102	-	-	57	45
400	1	1	06/04/2015	44	-	27	17	-
400	1	2	11/02/2015	35	-	35	-	-
400	1	3	20/05/2015	56	-	-	56	-
400	1	4	07/01/2015	35	18	17	-	-
600	1	1	10/02/2015	42	-	42	-	-
600	1	2	16/03/2015	40	-	40	-	-
600	1	3	07/01/2015	35	18	17	-	-
600	1	4	16/03/2015	38	-	38	-	-
200	2	1	11/02/2015	35	-	35	-	-
200	2	2	05/08/2015	117	-	-	72	45
200	2	3	25/03/2015	49	-	44	5	-
200	2	4	08/07/2015	74	-	-	57	17
400	2	1	08/07/2015	93	-	-	76	17
400	2	2	16/03/2015	40	-	40	-	-
400	2	3	15/05/2015	51	-	-	51	-
400	2	4	25/03/2015	47	-	42	5	-
600	2	1	21/02/2015	45	-	45	-	-
600	2	2	10/02/2015	42	-	42	-	-
600	2	3	15/05/2015	51	-	-	51	-
600	2	4	25/03/2015	43	-	38	5	-

Tabela 13. Sexto corte (a partir da data do 5º corte).

Dose	Tratamentos	Bloco (repetição)	Data de corte	Intervalo de cortes (Dias)	Estações		
					Verão	Outono	Inverno
0	0	1	-	-	-	-	-
0	0	2	-	-	-	-	-
0	0	3	-	-	-	-	-
0	0	4	-	-	-	-	-
200	1	1	04/06/2015	72	-	72	-
200	1	2	26/06/2015	81	-	76	5
200	1	3	-	-	-	-	-
200	1	4	-	-	-	-	-
400	1	1	26/06/2015	81	-	76	5
400	1	2	25/03/2015	42	37	5	
400	1	3	-	-	-	-	-
400	1	4	10/02/2015	34	34	-	
600	1	1	25/03/2015	43	38	5	-
600	1	2	11/05/2015	56	4	52	
600	1	3	11/02/2015	35	35	-	
600	1	4	25/04/2015	40	4	36	
200	2	1	26/03/2015	43	37	6	
200	2	2	-	-	-	-	-
200	2	3	04/06/2015	71	-	71	-
200	2	4	-	-	-	-	-
400	2	1	-	-	-	-	-
400	2	2	11/05/2015	56	4	52	-
400	2	3	-	-	-	-	-
400	2	4	28/05/2015	64	-	64	-
600	2	1	06/04/2015	44	27	17	-
600	2	2	24/03/2015	42	38	4	
600	2	3	-	-	-	-	-
600	2	4	04/06/2015	71	-	71	-

Tabela 14. Sétimo corte (a partir da data do 6º corte).

Dose	Tratamentos	Bloco (repetição)	Data de corte	Intervalo de cortes (Dias)	Estações		
					Verão	Outono	Inverno
0	0	1	-	-	-	-	-
0	0	2	-	-	-	-	-
0	0	3	-	-	-	-	-
0	0	4	-	-	-	-	-
200	1	1	-	-	-	-	-
200	1	2	-	-	-	-	-
200	1	3	-	-	-	-	-
200	1	4	-	-	-	-	-
400	1	1	-	-	-	-	-
400	1	2	04/06/2015	71	-	71	-
400	1	3	-	-	-	-	-
400	1	4	25/03/2015	43	38	5	-
600	1	1	04/06/2015	71	-	71	-
600	1	2	-	-	-	-	-
600	1	3	25/03/2015	42	37	5	-
600	1	4	08/07/2015	74	-	57	17
200	2	1	04/06/2015	70	-	70	-
200	2	2	-	-	-	-	-
200	2	3	-	-	-	-	-
200	2	4	-	-	-	-	-
400	2	1	-	-	-	-	-
400	2	2	-	-	-	-	-
400	2	3	-	-	-	-	-
400	2	4	-	-	-	-	-
600	2	1	26/06/2015	81	-	76	5
600	2	2	04/06/2015	72	-	72	-
600	2	3	-	-	-	-	-
600	2	4	-	-	-	-	-

Tabela 15. Oitavo corte (a partir da data do 7º corte).

Dose	Tratamentos	Bloco (repetição)	Data de corte	Intervalo de cortes (Dias)	Estações		
					Verão	Outono	Inverno
0	0	1	-	-	-	-	-
0	0	2	-	-	-	-	-
0	0	3	-	-	-	-	-
0	0	4	-	-	-	-	-
200	1	1	-	-	-	-	-
200	1	2	-	-	-	-	-
200	1	3	-	-	-	-	-
200	1	4	-	-	-	-	-
400	1	1	-	-	-	-	-
400	1	2	-	-	-	-	-
400	1	3	-	-	-	-	-
400	1	4	28/05/2015	64	64	-	-
600	1	1	-	-	-	-	-
600	1	2	-	-	-	-	-
600	1	3	20/05/2015	56	56	-	-
600	1	4	-	-	-	-	-
200	2	1	-	-	-	-	-
200	2	2	-	-	-	-	-
200	2	3	-	-	-	-	-
200	2	4	-	-	-	-	-
400	2	1	-	-	-	-	-
400	2	2	-	-	-	-	-
400	2	3	-	-	-	-	-
400	2	4	-	-	-	-	-
600	2	1	-	-	-	-	-
600	2	2	-	-	-	-	-
600	2	3	-	-	-	-	-
600	2	4	-	-	-	-	-

Tabela 16. Nono corte (a partir da data do 8º corte).

Dose	Tratamentos	Bloco (repetição)	Data de corte	Intervalo de cortes (Dias)	Estações		
					Verão	Outono	Inverno
0	0	1	-	-	-	-	-
0	0	2	-	-	-	-	-
0	0	3	-	-	-	-	-
0	0	4	-	-	-	-	-
200	1	1	-	-	-	-	-
200	1	2	-	-	-	-	-
200	1	3	-	-	-	-	-
200	1	4	-	-	-	-	-
400	1	1	-	-	-	-	-
400	1	2	-	-	-	-	-
400	1	3	-	-	-	-	-
400	1	4	-	-	-	-	-
600	1	1	-	-	-	-	-
600	1	2	-	-	-	-	-
600	1	3	08/07/2015	49	32	17	-
600	1	4	-	-	-	-	-
200	2	1	-	-	-	-	-
200	2	2	-	-	-	-	-
200	2	3	-	-	-	-	-
200	2	4	-	-	-	-	-
400	2	1	-	-	-	-	-
400	2	2	-	-	-	-	-
400	2	3	-	-	-	-	-
400	2	4	-	-	-	-	-
600	2	1	-	-	-	-	-
600	2	2	-	-	-	-	-
600	2	3	-	-	-	-	-
600	2	4	-	-	-	-	-

Obs.: Foram consideradas as seguintes datas de início de cada estação do ano: Outono 1: 25/04/2014 (uniformização); Inverno: 21/06/2014; Primavera: 22/09/2014; Verão: 21/12/2014; Outono 2= 20/03/2015.

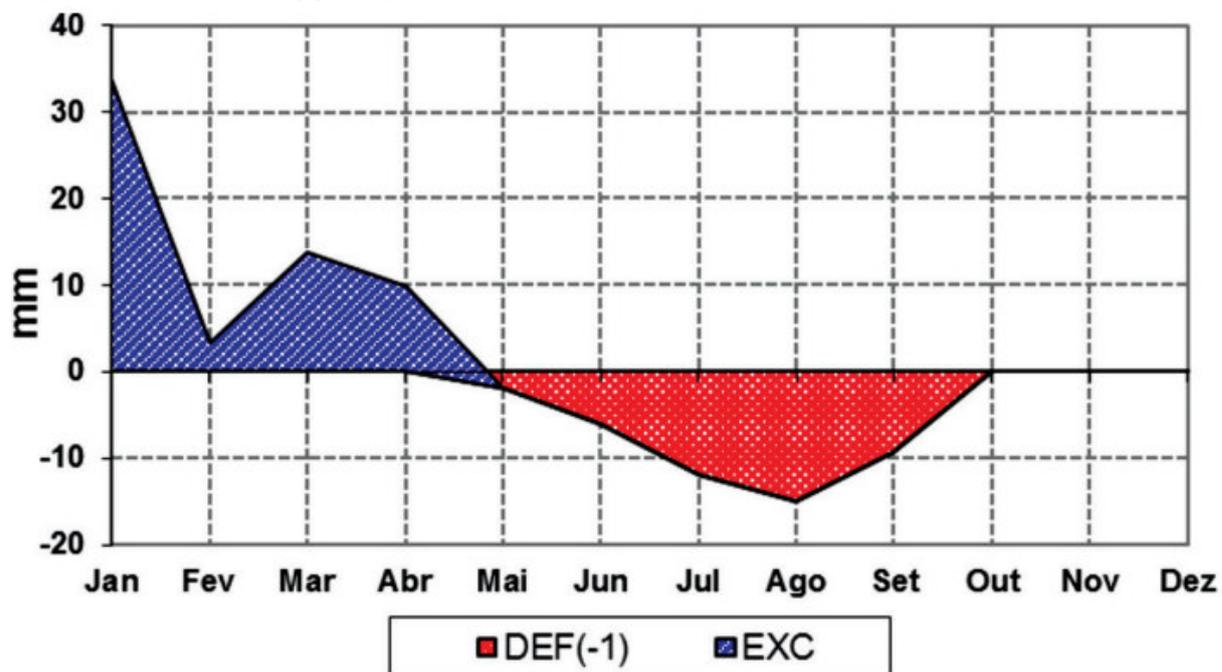
ANEXO B - Análise química de solo realizada ao final do experimento.

Tabela 17. Caracterização química do solo em função dos tratamentos (área experimental – UFRRJ) em Seropédica, RJ.

Bloco	Profundidade (cm)	Na	Ca	Mg	K	H+Al	Al	S	T	V	pH _{água}	Corg	P	K
		-----Cmol _c /dm ³ -----%										1:2,5	%	mg/L
Resultado da segunda análise de solo (07/08/15¹)														
T0	0-10	0,080	0,9	0,1	0,90	1,0	0,0	2,0	3,0	66	5,5	0,82	16	351
T0	0-20	0,070	1,0	0,2	0,52	0,9	0,0	1,8	2,7	67	5,4	0,73	11	204
T1UP	0-10	0,090	1,3	0,2	1,06	1,5	0,2	2,6	4,1	64	5,2	0,87	18	414
T1UP	0-20	0,050	1,2	0,2	0,58	1,4	0,0	2,0	3,4	59	5,1	0,77	14	228
T2UP	0-10	0,090	1,3	0,2	0,82	1,5	0,0	2,4	3,9	62	5,0	0,82	19	321
T2UP	0-20	0,070	1,2	0,2	0,64	1,2	0,0	2,1	3,3	64	5,0	0,82	13	249
T3UP	0-10	0,180	1,6	0,2	0,90	1,5	0,0	2,9	4,4	66	5,1	0,92	25	351
T3UP	0-20	0,090	1,3	0,2	0,51	1,2	0,2	2,1	3,3	64	5,0	0,82	14	201
T1UC	0-10	0,080	1,4	0,2	0,88	1,6	0,0	2,6	4,2	61	5,4	1,06	25	342
T1UC	0-20	0,060	1,3	0,2	0,66	1,0	0,1	2,2	3,2	69	5,3	0,87	17	258
T2UC	0-10	0,070	1,3	0,2	0,57	1,2	0,0	2,1	3,3	64	5,5	0,82	30	224
T2UC	0-20	0,050	1,0	0,1	0,57	1,2	0,0	1,7	2,9	59	5,2	0,73	12	224
T3UC	0-10	0,070	1,2	0,2	0,66	1,6	0,0	2,1	3,7	57	5,1	0,87	13	258
T3UC	0-20	0,040	1,3	0,2	0,43	1,2	0,0	2,0	3,2	62	5,1	0,68	7	166

¹ Fonte: Laboratório de análise de solo da UFRRJ -*campus* Campos dos Goytacazes – Rio de Janeiro.

Anexo C - Gráfico do balanço hídrico mensal em Seropédica, calculado a partir de série histórica climática de 30 anos.



Fonte: INMET.