

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

ELIANA APARECIDA DOS REIS MAZZOCHIN

**VALOR NUTRITIVO DO FENO DE *Cynodon dactylon* - Vaquero ADITIVADO COM
UREIA E SUBMETIDO A DIFERENTES TEORES DE UMIDADE**

**Marechal Cândido Rondon - Paraná - Brasil
2013**

ELIANA APARECIDA DOS REIS MAZZOCHIN

**VALOR NUTRITIVO DO FENO DE *Cynodon dactylon* - Vaquero ADITIVADO COM
UREIA E SUBMETIDO A DIFERENTES TEORES DE UMIDADE**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal e Forragicultura, para obtenção do título de Mestra em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Eustáquio Mesquita.

**Marechal Cândido Rondon - Paraná - Brasil
2013**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

Mazzochin, Eliana Aparecida dos Reis
R375v Valor nutritivo do feno de *Cynodon dactylon* - Vaquero
aditivado com uréia e submetido a diferentes teores de
umidade / Eliana Aparecida dos Reis. - Marechal Cândido
Rondon, 2013.
89 p.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Eustáquio Mesquita

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade
Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido
Rondon, 2013.

1. Capim vaquero - Feno. 2. Fenagem. 3. *Cynodon
dactylon*-Vaquero. I. Universidade Estadual do Oeste do
Paraná. II. Título.

CDD 22.ed. 633.202
CIP-NBR 12899

ELIANA APARECIDA DOS REIS MAZZOCHIN

**VALOR NUTRITIVO DO FENO DE *Cynodon dactylon* - Vaquero ADITIVADO COM
UREIA E SUBMETIDO A DIFERENTES TEORES DE UMIDADE**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal e Forragicultura, para obtenção do título de Mestra em Zootecnia.

Marechal Cândido Rondon, 11/09/2013.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eduardo Eustáquio Mesquita
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof^a Dr^a. Marcela Abbado Neres
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof^a. Dr^a. Deise Dalazen Castagnara
Universidade Federal do Pampa - Unipampa

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Oeste de Paraná e ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia (PPZ), pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao Instituto EMATER, pela concessão do tempo necessário para a realização do mestrado.

Ao Prof. Dr. Eduardo Eustáquio Mesquita, pela oportunidade, orientação, credibilidade e confiança na realização do trabalho.

À Prof^a Dra. Marcela Abbado Neres, pela contribuição e sugestões oferecidas para a condução do estudo e por ter aceitado participar da banca de defesa.

Ao Prof. Dr. Newton Tavares Escocard de Oliveira, pela valiosa contribuição com a interpretação da análise estatística.

À coordenação do PPZ, representada pela Prof^a. Dra. Maximiliane Alavarse Zambom e aos demais professores do programa, pelos ensinamentos transmitidos e pela colaboração.

À mestrandia Tatiane Fernandes, pelos ensinamentos, pela valiosa contribuição e dedicação total com a realização de todas as análises de laboratório e interpretação dos resultados. Tati, muito obrigada mesmo.

À Dra. Deise Dalazen Castagnara, por estar sempre presente e ter contribuído para o desenvolvimento deste trabalho.

A Paulo Henrique Morsh, secretário do PPZ, pela gentileza, dedicação e auxílio nas questões burocráticas.

Às colegas Camila Ducati e Daiane Thais Weirich, pela contribuição para a realização deste trabalho.

A Emilio Mazzochin, pela solidariedade e compreensão.

Ao Sr. Ricardo, que cedeu o feno utilizado no experimento do trabalho.

Aos colegas de trabalho Cesar Ziliotto e Inez Volpatto, pela compreensão.

Aos amigos e colegas, pela convivência, amizade e por toda ajuda que recebi durante o decorrer desta pós-graduação.

A todos aqueles que não foram citados, mas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

“Nem tudo o que se enfrenta pode ser
modificado, mas nada pode ser
modificado até que seja enfrentado.”

Albert Einstein

VALOR NUTRITIVO DO FENO DE *Cynodon* - Vaquero ADITIVADO COM UREIA E SUBMETIDO A DIFERENTES TEORES DE UMIDADE

RESUMO

O experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar a composição bromatológica, a digestibilidade *in vitro* e o fracionamento de proteínas do feno de *Cynodon dactylon* (capim Vaquero) tratado com doses crescentes de ureia (0, 2,5 e 5%) com base na matéria seca (MS) em diferentes teores de umidade (12, 18, 24 e 30%). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x3, com quatro repetições. A ureia foi dissolvida em quantidade suficiente de água para elevar o teor de umidade do feno para os valores de umidade desejada. O feno tratado foi armazenado em sacos plásticos (11,39 kg/saco) vedados por 30 dias e, após abertura, foram coletadas amostras para as análises laboratoriais. Verificou-se que o teor de MS sofreu redução com as doses crescentes de ureia e o teor de umidade. Os teores de nitrogênio total (NT) aumentaram com as doses crescentes de ureia e foram decrescentes para a elevação do teor de umidade. As quantidades de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) aumentaram em função dos teores de umidade e decresceram com o aumento da dose de ureia aplicada. Os valores de NIDN em relação ao nitrogênio total (NIDN/NT) apresentaram redução com o aumento da dose de ureia, e os maiores decréscimos foram observados para os tratamentos com menor umidade. Os teores de NIDA em relação ao nitrogênio total (NIDA/NT) foram reduzidos com maiores doses de ureia, e maior redução ocorreu para teores de 30% de umidade. A amonização dos fenos com diferentes conteúdos de umidade aumentou os teores da fração A em relação ao nitrogênio total, mas não afetou B1. Contudo, as frações B3 e C diminuíram em resposta à amonização. O aumento na dose de ureia promoveu redução nos teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. Os conteúdos de hemicelulose e celulose diminuíram com as doses crescentes de ureia, sendo essas reduções mais pronunciadas com a elevação dos teores de umidade. Não foi observado efeito ($P > 0,05$) das doses de ureia, teor de umidade e da interação das variáveis na quantidade de lignina. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi influenciada pela dose de ureia ($P < 0,05$) e pelos teores umidade ($p < 0,05$). O maior

valor de DIVMS foi obtido para o nível de 5% de ureia e 30% de umidade. A digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica não foi influenciada ($p>0,05$) por nenhuma das variáveis. A aplicação de ureia associada a 12, 18, 24 ou 30% de umidade foi favorável para aumentar o valor nutritivo do feno de capim Vaquero.

Palavras-chave: Amonização. Composição Bromatológica. Nitrogênio total. Digestibilidade.

NUTRITIONAL VALUE OF HAY *Cynodon*–Vaquero TREATED WITH UREA AND SUBMITTED TO DIFFERENT LEVELS OF MOISTURE

ABSTRACT

The experiment was conducted to evaluate the bromatological composition, the *in vitro* digestibility, and the fractionation of *Cynodon dactylon* hay protein (Vaquero grass) treated with increasing doses of urea (0, 2.5 and 5%) based on the dry matter (DM), at different moisture contents (12, 18, 24 and 30%). The experiment was performed by a completely randomized design in a 4x3 factorial design with four replications. Urea was dissolved in sufficient water quantity to raise the moisture content of the hay to the desired values. The material was stored in plastic bags (11.39 kg/bag), which were sealed for 30 days. Afterwards, they were opened and samples were collected for laboratory analysis. It was found that the DM content decreased with increasing doses of urea and moisture content. The total nitrogen (TN) increased with increasing doses of urea, and it was reduced to make the moisture content higher. The amounts of neutral detergent insoluble nitrogen (NDIN) and acid detergent insoluble nitrogen (ADIN) increased according to the moisture content and decreased as the dose of urea applied increased. NDIN values in relation to total nitrogen (NDIN/TN) decreased with increasing dose of urea, and the largest decreases were observed in treatments with lower moisture. The contents of ADIN in relation to the total nitrogen (ADIN/TN) were reduced with higher doses of urea, and higher levels of reduction occurred in 30% moisture. The ammoniated hay with different moisture contents increased levels of A fraction in relation to the total nitrogen, but did not affect B1. However, The B3 and C fractions decreased in response to ammoniation. The increase in the dose of urea promoted a reduction in the levels of neutral detergent fiber and acid detergent fiber. The contents of hemicellulose and cellulose decreased with increasing doses of urea, these reductions being more pronounced with increasing moisture content. There was no effect ($P > 0.05$) of urea doses, moisture content and interaction of the variables in the amount of lignin. The *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) was influenced by the dose of urea ($P < 0.05$) and the moisture content ($P < 0.05$). The higher IVDMD value was obtained for the level of 5% urea and 30% moisture. The *in vitro* digestibility of organic matter was not affected ($p > 0.05$) for any variable. The urea

application with 12, 18, 24 or 30% moisture was favorable for increasing the nutritional value of the Vaquero grass.

Keywords: Ammoniation. Bromatological composition. Total nitrogen. Digestibility.

FIGURAS

Figura 1 - Estimativa da matéria seca (MS) do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.....	56
Figura 2 - Estimativa da quantidade de nitrogênio total (NT) do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.	59
Figura 3 - Estimativa da quantidade de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia....	61
Figura 4 - Estimativa da quantidade de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia....	62
Figura 5 - Estimativa da quantidade de nitrogênio insolúvel em detergente neutro em relação ao nitrogênio total (NIDN/NT) do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.....	64
Figura 6 - Estimativa da quantidade de nitrogênio insolúvel em detergente ácido em relação ao nitrogênio total (NIDA/NT) do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.....	65
Figura 7 - Estimativa da quantidade da fração A em relação ao NT do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.	67
Figura 8 - Estimativa da quantidade da fração B1 em relação ao NT do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.....	68
Figura 9 - Estimativa da quantidade da fração B2 em relação ao NT do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.....	69
Figura 10 - Estimativa da quantidade de fração B3 em relação ao NT do feno de capim Vaquero para teores de umidade e ureia.....	70
Figura 11 - Estimativa da quantidade de fração C em relação ao NT do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.....	71
Figura 12 - Estimativa da quantidade de fibra em detergente neutro (FDN) do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.....	74
Figura 13 - Estimativa da quantidade de fibra em detergente ácido (FDA) do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.....	75
Figura 14 - Estimativa da quantidade de hemicelulose (HEM) do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.	77
Figura 15 - Estimativa da quantidade de celulose (CEL) do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.....	78

Figura 16 - Estimativa da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.....81

TABELAS

Tabela 1 - Média de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica da região, durante o período experimental	51
Tabela 2 - Teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), nitrogênio total (NT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), celulose (CEL), lignina (LIG), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido, relação NIDN/NT e relação NIDA/NT.....	52
Tabela 3 - Valores médios (g kg ⁻¹ de MS) de matéria seca (MS), do feno de capim vaqueiro, em função dos teores de umidade e doses de ureia.....	57
Tabela 4 – Valores médios (g kg ⁻¹ MS) de matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE) do feno de capim Vaquero, em função dos teores umidade e dose de ureia	58
Tabela 5 – Valores médios (g kg ⁻¹ de MS) de nitrogênio total (NT) do feno de capim Vaquero, em função dos teores umidade e doses de ureia.....	60
Tabela 6 – Valores médios (g kg ⁻¹ MS) de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) do feno de capim Vaquero, em função dos teores umidade e doses de ureia.....	63
Tabela 7 – Valores médios de nitrogênio insolúvel em detergente neutro em relação ao nitrogênio total (NIDN/NT) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido em relação ao nitrogênio total (NIDA/NT) do feno de capim Vaquero, em função dos teores de umidade e doses de ureia.....	66
Tabela 8 - Valores médios de fração solúvel, ou NNP (A); fração rapidamente degradada no rúmen (B1); fração insolúvel, com taxa de degradação intermediária no rúmen (B2), fração insolúvel lentamente degradada no rúmen (B3) e fração insolúvel no rúmen e indigestível no trato gastrintestinal (C); expressos em porcentagem do nitrogênio total do feno de capim Vaquero, em função dos teores de umidade e doses de ureia	72
Tabela 9 - Valores médios (g kg ⁻¹ MS) de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) do feno de capim Vaquero, em função dos teores de umidade e doses de ureia.....	76

Tabela 10 - Valores médios (g kg^{-1} MS) de hemicelulose (HEM), celulose (CEL) e lignina (LIG) do feno de capim Vaquero, em função das variáveis umidade (U) e doses de ureia (UR).....	80
Tabela 11 - Valores médios (g kg^{-1} MS) da digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DIVMO) do feno de capim Vaquero, em função dos teores de umidade e doses de ureia.....	83

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Gramíneas do gênero <i>Cynodon</i>	17
2.2 Forragem conservada na alimentação de ruminantes.....	19
2.2.1 Fatores relacionados à planta	21
2.2.2 Fatores ambientais.....	23
2.2.3 Fatores relacionados ao processamento a campo e sistema de armazenamento	24
2.3 Tratamentos químicos de forragens.....	27
2.3.1 Fatores que afetam o processo de amonização.....	28
2.3.2 Efeitos da amonização	30
2.3.3 Avaliação de alimentos volumosos.....	33
REFERÊNCIAS.....	36
3 CONSTITUINTES DA PAREDE CELULAR, FRACIONAMENTO DE NITROGÊNIO E DIGESTIBILIDADE <i>IN VITRO</i> DA MATÉRIA SECA E MATÉRIA ORGÂNICA DO FENO DE <i>Cynodon</i> - Vaquero ADITIVADO COM UREIA E SUBMETIDO A DIFERENTES TEORES DE UMIDADE	46
RESUMO.....	486
ABSTRACT	48
3.1 Introdução	49
3.2 Material e Métodos.....	50
3.2.1 Local e material utilizado no experimento	50
3.2.2 Delineamento experimental.....	52
3.2.3 Aplicação da ureia e correção do teor de umidade	53
3.2.4 Coleta e preparo das amostras	54
3.2.5 Análises laboratoriais	54

3.3 Resultados e discussão.....	56
3.3.1 Matéria seca (MS).....	56
3.3.2 Matéria mineral (MM) e Extrato etéreo (EE).....	57
3.3.3 Compostos nitrogenados.....	58
3.3.4 Constituintes da parede celular.....	73
3.3.5 Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DIVMO).....	81
3.4 Conclusões.....	84
REFERÊNCIAS.....	85

1 INTRODUÇÃO

Em 2011, o Brasil ocupava a segunda posição mundial em rebanho de gado bovino. Na produção de carne bovina, o Brasil foi o segundo produtor mundial e ocupava a sexta posição mundial na produção de leite (LIVESTOCK, 2011). Para o ano de 2011, frente a 2010, o rebanho de bovinos aumentou 1,6%, alcançando 212,7 milhões de cabeças (IBGE, 2011).

A produção de bovinos no Brasil tem nas pastagens tropicais nativas ou cultivadas a base da sua alimentação. As gramíneas tropicais constituem-se uma alternativa bastante viável na alimentação animal, dado o seu alto potencial de produção e baixo custo. Dentre as várias espécies de plantas forrageiras cultivadas, utilizadas na alimentação de ruminantes, destacam-se as gramíneas do gênero *Cynodon*, por apresentarem elevada produção de matéria seca e grande flexibilidade de manejo. Novos cultivares de *Cynodon*, como o capim Vaquero, têm despertado o interesse de produtores e pesquisadores por apresentarem maior crescimento nas estações frias, valor nutritivo e facilidade de estabelecimento e serem propagados por sementes (EVERS; PARSONS, 2002).

Sistemas de produção que têm como base as pastagens apresentam dificuldades de manter uma produção regular quantitativa e qualitativa da forragem durante o ano todo em decorrência da variação climática que afeta as forrageiras. Para que haja aproveitamento total da produção forrageira, faz-se necessário lançar mão de tecnologias de conservação de forragens.

Várias técnicas de conservação de forragem têm sido utilizadas, dentre as quais se destaca a fenação, técnica importante no manejo nutricional dos animais, permitindo o aproveitamento dos excedentes das forragens em períodos de crescimento acelerado. No entanto, a técnica de fenação tem como obstáculo a adequação do estágio de desenvolvimento ideal da forrageira, ou seja, a produção máxima com elevado valor nutritivo às condições climáticas apropriadas para rápida desidratação do material.

Fenos que sofreram processo prolongado de secagem, ou que receberam chuva durante o processamento a campo ou ainda aqueles oriundos de plantas colhidas no estágio de alongamento de caule apresentam baixo valor nutritivo.

Diversos recursos têm sido testados para conservar e/ou melhorar o valor

nutritivo da forragem, como tratamentos físicos, químicos ou biológicos, suplementação ou combinação de dois ou mais destes. Os produtos químicos mais utilizados para tratamento de feno são os hidróxidos de sódio, potássio, cálcio e amônio, a amônia anidra e a ureia como fonte de amônia. O tratamento químico de volumosos com uma fonte de amônia é chamado amonização. Entre as diferentes alternativas para a amonização de volumosos, a utilização da ureia como fonte de amônia vem promovendo resultados bastante satisfatórios (ZANINE *et al.*, 2007; ROTH *et al.*, 2010).

A amonização de volumosos com a utilização de ureia promove alterações na composição da fração fibrosa com a solubilização da hemicelulose, resultando em diminuição no conteúdo de FDN (GOBBI *et al.*, 2005), aumentando os teores de nitrogênio não proteico. Essas alterações permitem aumentar a digestibilidade de volumosos amonizados.

Pesquisas desenvolvidas sobre o tratamento de volumosos com ureia evidenciaram a importância do conteúdo de umidade da forragem no processo de hidrólise (REIS *et al.*, 2001a, 2001b; BERTIPAGLIA *et al.*, 2005; PIRES *et al.* 2006), pois a ureia necessita, além da presença da enzima urease, de umidade para que ocorra a ureólise e, como resultado, a produção de NH_3 , que pode gerar as alterações nas paredes da célula da forragem.

Considerando que a eficiência do tratamento com ureia é dependente do nível de umidade do material a ser tratado, este trabalho objetivou avaliar o efeito do tratamento químico, utilizando ureia, sobre as características nutricionais de feno de *Cynodon dactylon* – Vaquero, contendo diferentes teores de umidade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Gramíneas do gênero *Cynodon*

O gênero *Cynodon* é composto por um amplo grupo de gramíneas de origem tropical e subtropical, em sua maioria originárias dos continentes africano e asiático (HARLAN; DE WET; RAWAL, 1970), e fazem parte de um grupo relativamente pequeno dentro da subfamília *Chloridoideae*. Clayton e Harlan (1970) utilizaram a presença de rizomas como principal característica para diferenciação entre o *Cynodon dactylon* (as gramas ou capins bermuda, com rizomas) e *C.*

plectostachyus, *C. aethiopicuse* *C. nlemfluënsis* (estas três, gramas ou capins estrela, sem rizomas).

Os capins do gênero *Cynodon* formam um dos grupos mais difundidos e utilizados em todo o mundo e apresentam grande capacidade de adaptação a diferentes ambientes, vegetando, principalmente, entre os paralelos 35°N a 35°S (PEDREIRA; NUSSIO; SILVA, 1998).

Capins do gênero *Cynodon* apresentam elevado potencial de produção por animal e por área (CORSI; MARTHA JR., 1998), grande flexibilidade de manejo (NUSSIO; MANZANO; PEDREIRA, 1998), com elevada produção de matéria seca, e uma das melhores distribuições estacionais de crescimento, quando comparados a outras 25 espécies de gramíneas forrageiras (PEDREIRA; MATTOS, 1981), possibilitam a conservação sob as mais diversas formas (CORSI; MARTHA JR., 1998) e, devido à pequena diferença entre o tempo de desidratação de folhas e o de colmos, permitem a produção de feno de qualidade em um reduzido tempo de secagem (HADDAD; CASTRO, 1998).

Existem vários cultivares de *Cynodon*, com diferentes potenciais de produção de forragem e composição química (HILL; GATES; BURTON, 1993), sendo o cultivar Tifton 85 (*Cynodon* spp.) considerado o melhor lançado desse gênero até hoje (RODRIGUES; REIS; SOARES FILHO, 1998).

Trabalhos desenvolvidos principalmente no Texas, Estados Unidos, têm mostrado que algumas gramíneas do gênero *Cynodon* propagadas por sementes podem apresentar produção de forragem semelhante a alguns híbridos (EVERS; PARSONS; BUTLER, 2001; EVERS; PARSONS, 2002). Isso tem contribuído para o crescente interesse por esses materiais em alternativa aos híbridos propagados por meio de mudas (EVERS; REDMON; PROVIN, 2004). Esse interesse é justificado pela maior facilidade e rapidez no estabelecimento e menores custos decorrentes da diminuição no uso de mão de obra, utilização em condições adversas para o estabelecimento vegetativo (EVERS; PARSONS, 2002).

Existem hoje no mercado norte-americano *Cynodon* propagados por sementes, dentre eles os capins Vaquero, Common, Giant, CD 90160, Majestic, Mirage, Mohawk, Pyramid, Wrangler Ranchero Frio, Texas Tough, Tierra Verde e Sungrazer (EVERS; PARSONS, 2002).

O capim Vaquero é propagado por sementes, sendo resultado de uma mistura física de sementes de três cultivares (em proporções variáveis), incluindo

cultivares originalmente comercializados como gramas para jardins, como o Pyramid e Mirage, e um genótipo próprio para produção de forragem, o CD 90160, que ainda é considerado experimental e não foi oficialmente liberado para uso comercial, mas que obteve bons resultados em testes realizados nas universidades norte-americanas de Oklahoma, Geórgia, Kansas, Virginia e Kentucky (EVERS; PARSONS, 2002).

Maior crescimento do capim Vaquero nas estações frias, valor nutritivo e facilidade de estabelecimento são as principais vantagens na utilização desse material (EVERS; PARSONS, 2002).

A mistura física de sementes pode trazer como vantagem o efeito da complementaridade de produção entre os diferentes capins (EVERS; PARSONS, 2002), o que pode reduzir a estacionalidade de produção de forragem de um sistema que seja composto por esses capins.

No trabalho de Silva (2012), que teve como objetivos descrever e explicar características agronômicas, morfológicas e estruturais de capins Tifton 85, Jiggs e Vaquero em resposta a três frequências de desfolhação, o capim Vaquero foi o menos estacional entre os cultivares, com aproximadamente 40% do acúmulo total de forragem ocorrendo no inverno e outono.

Em sistemas de produção de feno, é preciso condições ambientais satisfatórias para operação de maquinários e rápida secagem da forragem colhida, o que pode não ser possível ao longo do ano, portanto forragens menos estacionais podem apresentar condições para corte ideal ao longo de todas as estações do ano.

2.2 Forragem conservada na alimentação de ruminantes

Dentro dos limites genéticos e garantidas condições sanitárias e de manejo adequadas, o desempenho animal é o produto do suprimento, consumo, valor nutritivo e metabolismo, ou seja, é o reflexo do consumo e eficiência de utilização de nutrientes metabolizáveis (PAULINO *et al.*, 2002).

Forragens consideradas de alta qualidade devem ser capazes de fornecer os nutrientes necessários para atender às exigências dos animais em pastejo. Entretanto, as pastagens raramente estão em estado de equilíbrio na relação entre suprimento e demanda, em função da sazonalidade quantitativa e qualitativa inerente ao sistema pastagem.

A estacionalidade ou sazonalidade de produção de forragem das pastagens é definida como a distribuição desuniforme da produção total de uma espécie ou cultivar durante as diferentes épocas do ano, em função de oscilações nas variáveis ambientais que caracterizam cada estação (FONTES *et al.*, 1993).

Diversos trabalhos realizados no Brasil, como os conduzidos por Soares Filho *et al.* (2002) e Tonato (2003) demonstram que as produções das pastagens tropicais concentram-se – 75 a 85% da produção total – no período quente e chuvoso, geralmente de outubro a março, e apenas 15 a 25% da produção total é obtida no período de "inverno", de abril a setembro.

Várias são as estratégias utilizadas visando contornar o déficit de forragens no período seco do ano. A conservação de forragens proporciona alimentos de alta qualidade, de maneira mais uniforme, ao longo do período de suplementação. A silagem e o feno são as principais formas de uso de forragens conservadas (PEREIRA; RIBEIRO, 2002).

A conservação de forragem como opção para o manejo da pastagem pode ser adotada em qualquer sistema de produção animal em pasto, independentemente do método de pastejo adotado, se lotação contínua ou intermitente (PEREIRA, 2006).

O processo de fenação consiste basicamente da sequência de operações com as quais se promove a remoção da umidade da forragem de valores próximos a 80% para aqueles na faixa de 12 a 18%, permitindo o armazenamento do feno com segurança e baixas perdas (REIS *et al.*, 2001d).

De acordo com revisão feita por Detmann *et al.*, (2003) os determinantes primários da conversão de forragens a produtos animais são o consumo de matéria seca ou de energia; a digestibilidade e as eficiências de conversão da energia digestível a energia metabolizável e desta a energia líquida, estabelecidos pela qualidade da forragem utilizada.

A qualidade do feno está associada a fatores relacionados às plantas que serão fenadas, às condições climáticas, ao processamento a campo e ao sistema de armazenamento empregado. Esses fatores interferem diretamente na qualidade bromatológica e sanitária dos fenos, bem como nas perdas no processo produção (REIS *et al.*, 2001d).

2.2.1 Fatores relacionados à planta

A qualidade de uma planta forrageira depende de seus constituintes químicos e esses são variáveis, dentro de uma mesma espécie, de acordo com a idade e parte da planta, fertilidade do solo, fertilização recebida, entre outros (VAN SOEST, 1994).

O conceito de valor nutritivo refere-se à composição química da forragem e sua digestibilidade (GERDES *et al.*, 2000). O termo qualidade da forragem representa a associação da composição bromatológica, da digestibilidade e do consumo voluntário, entre outros fatores da forragem (MOTT, 1970).

As espécies forrageiras apresentam grande variação no valor nutritivo, mesmo quando se desenvolvem nas mesmas condições ambientais (REIS *et al.*, 2002).

É característico de pastagens formadas por gramíneas tropicais apresentarem valor nutritivo inferior às de clima temperado, com maior proporção de parede celular e menor teor de proteína, limitando a exploração do potencial genético animal na sua plenitude.

Os diferentes cultivares de Tifton são importantes entre as forrageiras pela maior produtividade de matéria seca, maior resposta à adubação, maior digestibilidade, alto teor de proteína bruta e boa relação cálcio: fósforo em relação às demais forrageiras do gênero *Cynodon* (CARVALHO, 2012).

A produtividade das plantas forrageiras decorre da contínua emissão de folhas e perfilhos, processo importante na restauração da área foliar, sob condições de corte ou pastejo. As condições de meio ambiente a que essas gramíneas são submetidas podem influenciar os principais processos fisiológicos, a fotossíntese e a respiração, que são determinantes da produtividade dessas plantas.

A idade fisiológica em que as plantas são colhidas e as condições de ambiente às quais estão submetidas influenciam o seu crescimento e o valor nutritivo (CARVALHO, 2011).

O intervalo entre cortes é um fator de manejo importante na produção de feno, pois a frequência de colheita afeta a quantidade e a qualidade da forragem conservada obtida. No Brasil, estudos têm demonstrado que o período de descanso recomendado para os capins *Cynodon*, sob pastejo, está em torno de 25 a 30 dias na época chuvosa e de 35 a 40 dias na estação seca (LIMA; VILELA, 2005).

O consumo e a digestibilidade das diferentes frações da forragem estão ligados à idade da planta, com o avanço no estágio de desenvolvimento. As forrageiras apresentam maiores teores de matéria seca, com baixos teores de proteína e de energia disponíveis e, conseqüentemente, altos teores de parede celular (VAN SOEST, 1994).

O estudo de Silva (2012) com capins Tifton 85, Jiggs e Vaquero em resposta às frequências de desfolhação de 14, 28 e 42 dias, durante as quatro estações do ano, mostra que os cultivares produziram mais sob menor frequência de desfolhação e que o capim Vaquero destacou-se no inverno com produção significativamente superior aos demais capins.

Segundo Van Soest *et al.* (1992), a matéria seca de uma planta forrageira pode ser dividida em duas frações, sendo uma totalmente digestível (conteúdo celular) e outra denominada constituinte da parede celular, cuja digestibilidade é variável.

O conteúdo de parede celular (CPC) de uma forrageira é nutricionalmente importante, pois alimentos com alto CPC apresentam menor digestibilidade e menor consumo pelos ruminantes (GOBBI, 2005). Os tipos de ligações que formam os polissacarídeos, a espessura da parede e a deposição de lignina são fatores que podem aumentar sua resistência à ação dos microrganismos do rúmen, em conseqüência, reduzir a disponibilidade de sua energia para os ruminantes (WILSON; DEINUM; ENGELS, 1991).

A parede celular é composta de polissacarídeos estruturais, como a celulose e a hemicelulose. O aumento na concentração de parede celular durante o desenvolvimento da planta, particularmente o caule, resulta do espessamento das paredes primária e secundária, em que a concentração de pectina decresce, enquanto a de celulose, hemicelulose e lignina aumenta (JUNG; ENGELS, 2002).

A lignina é um polímero fenólico formado por três ácidos: ácido p-coumárico, ácido ferúlico e ácido sinápico, que se interligam em uma malha complexa e resistente à hidrólise ácida e alcalina e a vários complexos enzimáticos, incluindo as enzimas microbianas e as tissulares dos animais (FUKUSHIMA; HATFIELD, 2003). Esse polímero exerce grande influência sobre a taxa de degradação e a degradabilidade efetiva da parede celular dos alimentos volumosos (VAN SOEST, 1994). À medida que a idade fisiológica da planta avança, aumentam as porcentagens de celulose, hemicelulose e lignina, reduzindo a proporção dos

nutrientes, que representam uma queda acentuada na digestibilidade (ATAÍDE JR. *et al.*, 2000; REIS *et al.*, 2006).

Em virtude da extensa variabilidade na composição bromatológica de gramíneas tropicais durante o ano, torna-se de fundamental importância o conhecimento do valor nutricional das pastagens, notadamente das características das frações nitrogenadas bem como o conteúdo e características da fibra em detergente neutro (FDN) dessa forragem (PAULINO *et al.*, 2002).

Medidas de digestibilidade *in vitro* têm sido usadas extensivamente nas análises de alimentos devido à sua alta correlação com a digestibilidade *in vivo* (SILVA; QUEIROZ, 2002). As mesmas simulam a digestão no trato digestivo dos ruminantes, permitindo fazer estimativas do consumo da matéria seca ou de matéria orgânica de um número variado de amostras.

Gonçalves *et al.* (2003), em trabalho para determinar o consumo de matéria seca (MS), a digestibilidade aparente da MS, a matéria orgânica (MO), a proteína bruta (PB), a fibra em detergente neutro (FDN), a digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) e quantificar as frações de proteína e carboidratos do feno de Tifton 85, cortado aos 28, 42, 63 e 84 dias de crescimento, observaram que ocorreu decréscimo no consumo de MS e na digestibilidade aparente da MS, MO, PB e da FDN com o aumento da idade de corte para o feno de Tifton 85. A fração indigestível (C) da proteína e dos carboidratos elevou-se com a idade de corte e, por conseguinte, reduziu a qualidade dos fenos. Diante dos resultados obtidos, a idade de corte recomendada para a produção de feno da Tifton 85 deve ser inferior a 63 dias de crescimento.

A análise dos dados de Oliveira *et al.* (2000b), de Ribeiro *et al.* (2001) e dos trabalhos anteriormente expostos permite concluir que a colheita do Tifton 85 em idade superior a 28 dias pode resultar em forragem de pior qualidade, em decorrência do aumento da senescência e, conseqüentemente, elevação nos teores dos constituintes da parede celular de baixa digestibilidade.

2.2.2 Fatores ambientais

O potencial genético para a produção de forragem de alta qualidade em uma espécie forrageira pode ser afetado pelas condições ambientais, pois de maneira geral as condições que resultam em incremento na produção de matéria seca

redundam em decréscimo no valor nutritivo (VAN SOEST, 1994).

O processo básico a desencadear o crescimento das plantas é a obtenção e transformação da energia solar em compostos orgânicos através do processo fotossintético. A temperatura do ar, radiação solar global incidente e fotoperíodo são os maiores condicionantes, e conseqüentemente, os principais determinantes ambientais das variações estacionais da produção primária (TONATO, 2003), além de água e minerais.

A fertilidade do solo exerce influência sobre a produção e valor nutritivo de plantas forrageiras. A disponibilidade de nutrientes no solo afeta o valor nutritivo das forrageiras, permitindo que as plantas absorvam elementos químicos essenciais aos animais e aumentando a produção de forragem de alta qualidade pelo estímulo do crescimento.

O fornecimento de água não elimina a estacionalidade, tendo seu efeito manifestado sobre a elevação da produtividade, e os resultados estão condicionados à espécie utilizada, ao manejo, à adubação e às condições climáticas, destacando-se a temperatura (NETO *et al.*, 2007).

As espécies tropicais e subtropicais apresentam a máxima taxa de acúmulo de forragem entre 25 e 35°C, e seu crescimento é reduzido até taxas de acúmulo de forragem muito baixas ou nulas sob temperatura abaixo de 10°C e 15°C (TONATO, 2003). A espécie de gramínea *Cynodon dactylon* cv Tifton-85, desde que tenha condições adequadas de fertilidade e umidade, continua a se desenvolver em dias curtos e frios até o limite de 4°C (ALVIM; RESENDE; BOTREL, 1996).

2.2.3 Fatores relacionados ao processamento a campo e sistema de armazenamento

O processo de fenação, tradicionalmente, abrange três etapas principais: corte desidratação ou secagem e armazenamento. O processo consiste basicamente na desidratação da forragem verde com 65- 85% de umidade para 10 a 20%.A desidratação é mais acentuada logo após o corte, diminuindo à medida que atinge valores abaixo de 65% de umidade, até atingir o ponto ideal. A rapidez com que o ponto de feno é obtido concorre para menores perdas de princípios nutritivos nessa fase (CÂNDIDO *et al.*,1999).

Quando uma planta forrageira é cortada, há alterações fisiológicas que

resultam em perdas inevitáveis de nutrientes. As alterações na composição química após o corte ocorrem antes de a forragem ser removida do campo, bem como durante a fase de armazenamento. A forragem, permanecendo cortada no campo, pode sofrer alterações acentuadas em sua composição química e em sua atividade fisiológica. No processo de fenação, vários tipos de perdas podem ocorrer no recolhimento da forragem, além daquelas consideradas inevitáveis, como respiração celular, fermentação, lixiviação, decomposição de compostos nitrogenados e oxidação de vitaminas (REIS *et al.*, 2003).

As perdas de nutrientes iniciam-se imediatamente após o corte e algumas alterações bioquímicas, como a respiração e a oxidação, são inevitáveis durante a secagem. Dessa forma, a remoção de água, tão rápida quanto possível, resultará na diminuição das perdas por esses processos (MUCK; SHINNERS, 2001). O maior percentual da matéria seca perdido é relativo ao conteúdo de compostos solúveis, altamente digestíveis.

Teoricamente, muitas dessas perdas podem ser evitadas se o processo de secagem for rápido. Neres *et al.* (2011) destacam que a taxa de secagem pode variar de acordo com as características estruturais da forrageira, especialmente espessura do colmo, razão folha/colmo, interferindo no tempo de secagem e no teor final de matéria seca.

A respiração celular cessa quando o teor de água da planta atinge valores abaixo de 35 a 40% (MacDONALD; CLARK, 1987). Se a planta permanece respirando, ocorrerá perda de carboidratos solúveis de alta digestibilidade, tais como frutose, sacarose e frutanas, diminuindo assim a qualidade do feno. Outros compostos, como gordura e proteína, podem ser usados no processo de respiração quando se esgotam os carboidratos solúveis (REIS *et al.*, 2003). Desta forma, há diminuição no conteúdo celular e aumento percentual na porção referente aos constituintes da parede celular, resultando em redução do valor nutritivo. Segundo Moser (1995), a secagem ao sol diminui os teores das vitaminas A (β caroteno), C e E em função da oxidação e queima.

As perdas de compostos nitrogenados ocorrem através da conversão da proteína em formas mais simples de nitrogênio não proteico (NNP) solúvel. Assim, o desdobramento da proteína na presença de umidade é muito rápido, e a extensão da degradação é influenciada pelo tempo de secagem (MOSER, 1995). Em média, 2,5% do N são perdidos (REIS *et al.*, 2003). O processo de fermentação pode ocorrer

no campo, principalmente se o tempo de secagem for prolongado em função das condições climáticas inadequadas para a secagem (MOSER, 1995). As chuvas são as principais causadoras de perdas em quantidade e qualidade na produção de fenos (RANKIN; UNDERSANDER, 2004), pois afeta a taxa de secagem e qualidade dos fenos de diferentes formas: prolongamento da vida da célula, permitindo a continuação do processo respiratório; lixiviação de compostos solúveis e minerais; propicia ambiente adequado para o desenvolvimento de microrganismos no campo, resultando em fermentação. As perdas devido à ocorrência de chuvas durante a secagem a campo podem chegar a mais de 30% da matéria seca.

O recolhimento da forragem com umidade, acima de 20%, reduz as perdas no campo, diminuindo os riscos de ocorrência de chuvas e as perdas de folhas, principalmente em leguminosas (REIS; RODRIGUES; RUGGIERI, 1998).

A atividade de microrganismos promove aumento na temperatura do feno, podendo-se registrar valores acima de 65°C e até combustão espontânea. Condições de alta umidade e temperaturas acima de 55°C são favoráveis à ocorrência de reações não enzimáticas entre os carboidratos solúveis e grupos aminas dos aminoácidos, resultando em compostos denominados produtos de reação de Maillard, ou artefatos de lignina, que são dosados nessa fração da parede celular da forragem (MOSER, 1995, McBETH *et al.*, 2001).

A formação de produtos de Maillard em fenos superaquecidos promove diminuição acentuada na digestibilidade da proteína, uma vez que se pode observar aumento considerável nos teores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), o qual não é disponível para os microrganismos do rúmen. Portanto, o aumento de NIDA acarreta decréscimo nos teores de proteína solúvel e elevação na quantidade de proteína bruta (PB) alterada pelo calor (REIS *et al.*, 2003).

A alteração na qualidade nutricional dos fenos, enfardados com alta umidade (acima de 200 g kg⁻¹) durante o período de armazenamento, foi descrita por Turner, Coblenz e Scarbrough (2002). Os autores observaram variações nas concentrações dos componentes fibrosos em feno de *Cynodon dactylon*, verificaram ainda que as concentrações dos componentes fibrosos, fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) aumentaram durante o período de armazenamento assim como ocorreram mudanças significativas nas frações do nitrogênio ligado à fibra, principalmente no nitrogênio insolúvel em detergente ácido.

Coblentz *et al.* (2000) observaram o fluxo de açúcares durante o armazenamento do feno de alfafa e as alterações na qualidade da forragem quando enfardadas com diferentes teores de umidade, 30 e 20%, e verificaram que a planta enfardada com 30% de umidade apresentou maior teor de nitrogênio insolúvel em detergente ácido e menores teores de carboidratos solúveis do que quando armazenadas com 20% de umidade para todos os tempos de estocagem (10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias).

2.3 Tratamentos químicos de forragens

Fenos que sofreram processo prolongado de secagem, ou que receberam chuva durante o processamento a campo ou ainda aqueles oriundos de plantas colhidas no estágio de alongamento de caule apresentam baixo valor nutritivo. O valor nutritivo desses volumosos pode ser alterado com a aplicação de diversos tipos de tratamentos químicos, físicos e biológicos que têm por objetivo melhorar ou manter as características desses volumosos para que possam ser mais bem aproveitados pelos ruminantes.

Os produtos químicos utilizados no tratamento de volumosos podem ser classificados como hidrolíticos ou oxidantes. Dentre os produtos hidrolíticos destacam-se o hidróxido de sódio, de potássio, de cálcio e de amônio, amônia anidra e ureia (SUNDSTOL; COXWORTH, 1984). Dentre os produtos oxidantes destaca-se a utilização do ozônio, peróxido de hidrogênio, dióxido de enxofre, ácido peracético e permanganato (BERGER *et al.*, 1994).

Segundo Rodrigues e Souza (2005), somente alguns produtos têm sido utilizados com bons resultados na prática, destacando-se hidróxido de sódio, hidróxido de cálcio, hidróxido de potássio e hidróxido de amônio, amônia anidra e ureia como fonte de amônia

O baixo valor nutritivo de uma forragem em muitos casos é devido ao incrustamento da parede celular pela lignina, que, no entanto, é solúvel em álcali forte. Assim, produtos alcalinos hidrolisam a lignina, causando expansão ou afrouxamento das fibras vegetais, resultando no aumento da digestibilidade da celulose e da hemicelulose.

O tratamento químico de volumosos com uma fonte de amônia, amonização, utilizando-se amônia anidra ou ureia, vem promovendo resultados bastante

satisfatórios (GRANZIN; DRYDEN, 2003; ROTH *et al.*, 2010; GOBBI *et al.*, 2005; BERTIPAGLIA *et al.*, 2005).

A ureia como fonte de amônia parece ser a alternativa mais adequada para as condições do Brasil, pois, além de ser facilmente encontrada nas diversas regiões do País, sua utilização para suplementação alimentar de ruminantes está bem difundida, e a utilização para tratamento da forragem não requer grandes investimentos (RODRIGUES; SOUZA, 2005).

A ureia (NH_2CONH_2) é um produto químico que se apresenta em estado sólido cristalino, na cor branca, produzida a partir da amônia e do dióxido de carbono e contém aproximadamente 46% de nitrogênio.

A ureia na presença de umidade e sob a ação da enzima urease existente na planta e nos microrganismos sofre hidrólise e produz duas moléculas de amônia (NH_3) e uma de gás carbônico (CO_2) (HENNING *et al.*, 1990), em um processo denominado ureólise, conforme a equação: $\text{NH}_2\text{CONH}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2$. Segundo Sundstol e Coxworth (1984), a atividade da uréase é máxima quando o conteúdo de umidade da forragem varia de 25 a 30% e, somente em casos específicos de forragens muito secas, e que não possam ser umedecidas, a adição de uréase seria necessária.

Duas teorias explicam o efeito da amônia liberada pela ureólise sobre a fração fibrosa das forragens, sendo que a primeira, proposta por Torkov e Feist (1978), é denominada amoniólise. Nesta ocorre reação entre a amônia e um éster, produzindo uma amida, então as ligações do tipo ésteres entre a hemicelulose e a lignina com grupos de carboidratos são rompidas com a consequente formação de amida. A segunda teoria baseia-se na característica da amônia em apresentar alta afinidade com a água, resultando na formação de uma base fraca, o hidróxido de amônio (NH_4OH), durante o tratamento de forragens úmidas. No processo, ocorre hidrólise alcalina resultante da reação do hidróxido de amônio com as ligações ésteres entre os carboidratos estruturais, conforme a reação proposta por Buettner *et al.* (1982).

2.3.1 Fatores que afetam o processo de amonização

De maneira geral, as respostas à amonização estão relacionadas às características químicas das plantas, como o índice de saponificação, poder tampão e a atividade urética, que exercem influência acentuada sobre as respostas ao

tratamento (VAN SOEST, 1994). Além dos aspectos enumerados, as quantidades de ureia aplicada (ROSA; REIS; RESENDE, 1998), o período de tratamento (REIS *et al.*, 1998), a temperatura (SUNDSTOL; COXWORTH, 1984; MASON *et al.*, 1989a) e o conteúdo de água da planta (HUSSAIN; CHEEKE; JOHNSON, 1996) têm influência acentuada sobre as alterações na composição química dos volumosos tratados.

Pesquisas, como as desenvolvidas por Reis *et al.* (2001a, 2001b), Berttipaglia *et al.* (2005) e Pires *et al.* (2006) sobre o tratamento de volumosos com ureia, evidenciaram a importância do conteúdo de umidade da forragem no processo de hidrólise. De acordo com revisão feita por Freitas *et al.* (2002), o conteúdo de umidade pode ser o principal determinante da hidrólise da ureia.

Quando o nível de umidade do volumoso é muito baixo, o umedecimento da forragem é o mais indicado para que se tenha melhor efeito da amonização (GARCIA; NEIVA, 1994).

As informações das quantidades exatas de umidade ou de ureia requeridas para um tratamento ótimo, no sentido de melhorar o valor nutritivo da forragem, variam muito. Na prática, há uma ampla faixa de níveis de umidade e de ureia usados, dependendo, sobretudo das espécies forrageiras, da maturidade das mesmas, do método de armazenamento e de outros fatores (BROWN; ADJEI, 1995). Trabalhos de amonização de volumosos de baixa qualidade recomendam que sejam utilizadas de 3 a 4% de amônia anidra com base na MS (82% N) (GARCIA; NEIVA, 1994), o que equivale de 5,58 a 7,28% de ureia na MS (45% N), respectivamente.

Dentro dos limites citados, para volumosos de baixa qualidade, vários autores também utilizam a ureia, sendo recomendadas doses de 3% de ureia (SANTOS *et al.*, 2004; ZANINE *et al.*, 2007); 4% de ureia (ROCHA *et al.*, 2006); 5% de ureia (CARVALHO *et al.*, 2007); 5,4% de ureia (REIS *et al.*, 2001a); 6% de ureia (REIS *et al.*, 2003); 7% de ureia (GOBBI *et al.*, 2005); 7,5% de ureia (CARVALHO *et al.*, 2006) e 8% de ureia (FARIA *et al.*, 2008).

Roth *et al.*, (2010) avaliando o efeito do tratamento químico com ureia (3 ou 5% na MS) no feno de resíduo pós-colheita de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, contendo diferentes teores de umidade (15, 25 ou 30%), observaram que a dose de 5% de ureia no tratamento com 30% reduziu os teores de FDN de 84,3 para 79,6% em relação ao feno não tratado.

Tonucci (2006), em trabalho com capim Tifton 85 amonizado com diferentes doses de ureia (2, 4, 6, 8 e 10%), com base na matéria seca, teores de umidade (20 e 40%) e período de tratamento (30, 60, e 90 dias), recomendou doses de até 10% de ureia para o feno com 40% de umidade. Para o nível de umidade de 20%, doses de ureia entre 6 e 7% são as mais indicadas por apresentarem melhoria na DIVMS, FDN, FDA e NT.

A temperatura é um fator que afeta a eficiência da amonização. As reações químicas que ocorrem com a amonização se processam mais rapidamente em temperaturas mais altas do que nas baixas. Em temperaturas próximas de 100 °C, as reações são quase imediatas, enquanto que próximas a 0 °C são extremamente lentas (GARCIA; PIRES, 1998). No entanto, condições de alta umidade e temperaturas acima de 55°C são favoráveis à ocorrência de reações não enzimáticas entre os carboidratos solúveis e grupos aminas dos aminoácidos, resultando em compostos denominados produtos de reação de Maillard (MOSER,1995), o que promove diminuição na digestibilidade de proteína (REIS *et al.*, 2001c).

O tempo de tratamento depende da temperatura ambiente e esta, por sua vez, influi na velocidade de hidrólise da ureia. O período de tratamento deve ser suficiente para uma hidrólise máxima da ureia. Tonucci (2006) observou maior teor de nitrogênio total no tratamento com 20% de umidade, 90 dias de amonização e 10% de ureia, e o menor valor foi observado no tratamento com 40% de umidade, 30 dias de amonização e 2% de ureia.

O tipo de forragem tratada também exerce influência sobre o efeito do tratamento, sendo que os resultados de pesquisa mostram efeito mais pronunciado para forragens que apresentam digestibilidade muito baixa (GARCIA; PIRES, 1998).

2.3.2 Efeitos da amonização

A técnica de amonização tem sido utilizada com o intuito de conservar forragens com alto teor de umidade, e também para a melhoria do valor nutritivo de volumosos em geral por meio do fornecimento de nitrogênio não proteico, por redução na fração da fibra em detergente neutro (FDN) e pelo aumento na digestibilidade do material tratado (PIRES *et al.*, 2003). A amonização também pode

ser utilizada com finalidade de preservação de fenos por apresentar efeito fungistático, reduzindo perdas no armazenamento (FREITAS *et al.*, 2002).

Dentre os principais efeitos da ação da amônia sobre as forragens debaixo valor nutritivo, destaca-se a desestruturação do complexo formado pelos componentes da fibra (celulose, hemicelulose, lignina), o que inclui a solubilização da hemicelulose, o aumento da digestão da celulose e da hemicelulose em razão da expansão da fração fibrosa (KLOPFENSTEIN, 1978). A celulose se expande, o que reduz as ligações intermoleculares das pontes de hidrogênio, as quais ligam as moléculas de celulose. Parte da lignina e sílica é dissolvida durante a amonização e as ligações intermoleculares do tipo éster entre o ácido urônico da hemicelulose e da celulose são também rompidos (VAN SOEST, 1994).

Em trabalhos de pesquisa conduzidos com fenos de capins tropicais tratados com ureia, foram registradas diminuições nos teores de FDN e hemicelulose em resposta à amonização (GOBBI, 2005; ROTH *et al.*, 2008), que ocorre em virtude da solubilização parcial da hemicelulose e com menor frequência na redução da celulose (ROSA; FADEL, 2001).

Estudos que pesquisaram os efeitos da amonização sobre os conteúdos de fibra em detergente ácido (FDA), celulose e lignina não são consistentes. A maioria dos trabalhos mostrou a não alteração desses componentes (REIS *et al.*, 1998; BERTIPAGLIA *et al.*, 2005), alguns relatam diminuição nos teores de FDA (GOBBI, 2005; ZANINE *et al.*, 2007), celulose (GROSSI *et al.*, 1993; GOBBI, 2005) e lignina (REIS *et al.*, 1998; ROTH, 2010). Outros trabalhos têm indicado aumentos nos teores de FDA (GROSSI *et al.*, 1993; NEIVA, 1998) e celulose (GIVENS *et al.*, 1988) e lignina (GIVENS *et al.*, 1988).

Os aumentos que têm sido verificados nos conteúdos de FDA, de celulose e de lignina, em forragens amonizadas, são decorrentes, provavelmente, do efeito de concentração causado pela diminuição de um ou mais constituintes da parede celular. Tem-se considerado, também, que parte do aumento dos teores de FDA e de lignina pode ser devido à reação tipo Maillard e à ligação do N adicional à lignina (ROSA; FADEL, 2001).

Os resultados mais consistentes observados nas pesquisas sobre a amonização de volumosos é a elevação nos teores dos compostos nitrogenados, o que é atribuído ao conteúdo de nitrogênio dos produtos usados, a ureia possui 46,5% de N (SUNDSTOL; COXWORTH 1984). De acordo com Van Soest (1994), os

compostos nitrogenados provenientes da amonização podem contribuir para o aumento da digestibilidade dos alimentos fibrosos, por suprir a deficiência de nitrogênio no rúmen.

Trabalhos conduzidos com fenos de gramíneas, em condições tropicais, mostram elevação nos teores de nitrogênio total (NT) após a amonização (REIS *et al.*, 2001c; TONUCCI, 2006, Roth *et al.*, 2010). No entanto, a retenção do nitrogênio adicionado sofre grande variação, o que pode ser atribuído aos diversos fatores que influenciam o processo de amonização, como níveis de aplicação, períodos de amonização, temperatura ambiente, umidade e qualidade do material.

Os compostos nitrogenados são retidos por meio de uma reação da amônia com a água dos materiais tratados ou por uma reação de amonólise. A retenção de nitrogênio seria, portanto, limitada primeiramente pelo teor de umidade do material, bem como pelo número de ligações ésteres susceptível à reação de amonólise (CARDOSO, 2000).

As formas de N mais importantes em termos nutricionais são o N solúvel em água, o N amoniacal (N-NH₃), o N retido na fração insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o N retido na fração insolúvel em detergente ácido (NIDA) (REIS *et al.*, 2001c).

O nitrogênio solúvel em água e o nitrogênio amoniacal podem ser facilmente assimilados pelos micro-organismos ruminais. O que determinará a disponibilidade total de nitrogênio para o animal será a disponibilidade do nitrogênio ligado à parede celular (GORDON; CHESSON, 1983).

O nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) equivale à proteína associada à lignina, complexos proteína-tanino e produtos da reação de Maillard que são altamente resistentes à ação enzimática. A importância de se conhecer os teores de NIDA dos alimentos é baseada no fato de que os compostos nitrogenados presentes nessa forma são indisponíveis para o animal (SNIFFEN *et al.*, 1992).

Estudos conduzidos com gramíneas tropicais mostraram aumento nos teores de nitrogênio total (NT) e de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) em resposta à amonização (REIS *et al.*, 1995).

De acordo com Mason *et al.* (1989b), a retenção do N aplicado, na fração fibrosa dos volumosos tratados, ocorre principalmente no processo com altas temperaturas para o tratamento; no entanto, Rosa, Reis e Resende (1998)

observaram maiores valores de N retidos na parede celular, em fenos de gramíneas tropicais com NH_3 ou com ureia, sob temperatura ambiente.

2.3.3 Avaliação de alimentos volumosos

Durante muitos anos, a composição bromatológica dos alimentos tem sido determinada por meio do sistema de Weende, sem levar em consideração as diferentes frações de carboidratos e de proteína. Sniffen *et al.* (1992) sugeriram que, na avaliação de alimentos, os mesmos tenham os teores de nitrogênio e carboidratos fracionados, possibilitando a formulação de dietas que promovam uma perfeita sincronização entre a disponibilidade de carboidratos e nitrogênio no rúmen, aumentando, assim, a eficiência microbiana e a redução das perdas energéticas e nitrogenadas decorrentes da fermentação ruminal.

Esse subfracionamento foi descrito por Sniffen *et al.* (1992), sendo objeto de entrada de dados para o sistema nutricional denominado “Cornell Net Carbohydrate and Protein System” (CNCPS). O objetivo desse sistema dinâmico é adequar a digestão ruminal de proteínas e carboidratos para se obter o máximo desempenho das comunidades microbianas ruminais, a redução das perdas nitrogenadas ruminais e a estimativa do escape ruminal de nutrientes (SNIFFEN *et al.*, 1992; VAN SOEST; FOX, 1992).

Esse sistema classifica os microrganismos ruminais em dois grandes grupos: os fermentadores de carboidratos estruturais, que utilizam amônia como fonte de nitrogênio, e os fermentadores de carboidratos não estruturais, que utilizam tanto a amônia como aminoácidos ou peptídios como fonte de nitrogênio (RUSSELL *et al.*, 1992). Trata-se de um sistema que vem sendo utilizado para avaliar as frações de proteína e carboidratos e as taxas de digestão dos alimentos (RIBEIRO *et al.*, 2001).

A fração proteica dos alimentos pode ser fracionada em fração A, constituída de compostos nitrogenados não proteicos (NNP), B1 (fração solúvel rapidamente degradada no rúmen), B2 (fração insolúvel, com taxa de degradação intermediária no rúmen), B3 (fração insolúvel lentamente degradada no rúmen) e fração C, que é indigestível durante sua permanência no trato gastrintestinal. Os carboidratos também podem ser fracionados em componentes A (açúcares solúveis com rápida degradação ruminal), B1 (amido e pectina), B2 (correspondente à fibra

potencialmente degradável com taxa de degradação mais lenta) e C, que apresenta característica de indigestibilidade (SNIFFEN *et al.*, 1992).

Roth *et al.* (2010), estudando o efeito do tratamento químico com ureia (3 ou 5% na MS) e amônia anidra (3% na MS) no feno de resíduo pós-colheita de sementes de *Brachiaria brizanta* cv. Marandu, contendo diferentes teores de umidade (15,25 ou 30%), observaram que a fração A do nitrogênio total apresentou teores elevados em todos os tratamentos que passaram pela adição de nitrogênio (ureia ou amônia) quando comparado ao feno controle. Para as frações B1e B2 foi constatado redução dos teores nos fenos tratados em relação aos fenos não tratados. Os valores da fração C, que representa característica de indigestibilidade, não diferiram significativamente, evidenciando a não interferência dos tratamentos, ureia ou amônia, sobre o feno controle.

A determinação da digestibilidade de forragens amonizadas é considerada procedimento de grande importância, quando se pretende avaliar a eficiência da amonização, porque a degradação e o consumo de forragem estão, geralmente, correlacionados (GARCIA; PIRES, 1998).

A concentração de lignina e a sua distribuição pelos tecidos vegetais são os fatores que mais influenciam a digestibilidade dos materiais. Oba e Allen (1999) afirmaram que a porcentagem de FDA e a de lignina correlacionam-se negativamente com a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), assim como o baixo conteúdo de proteína bruta pode limitar a digestibilidade e a ingestão de alimentos devido à falta de substrato nitrogenado para os micro-organismos do rúmen (RAMIREZ, 2010).

A amonização de volumosos promove alterações na composição da fração fibrosa com a solubilização da hemicelulose, resultando em diminuição no conteúdo de FDN, aumentando os teores de nitrogênio não proteico (ROSA *et al.*, 1996). De acordo com Reis *et al.*(2001d), essas alterações permitem aumentar a digestibilidade de volumosos amonizados, ocorrendo também um incremento no consumo de matéria seca de animais alimentados com volumosos tratados.

Segundo Reis *et al.* (2001c), além do efeito sobre os constituintes da parede celular, o qual aumenta a disponibilidade de carboidratos prontamente fermentescíveis para os microrganismos do rúmen, a amonização eleva o conteúdo de nitrogênio não proteico dos volumosos de baixa qualidade. O resultado é um aumento significativo (8 a 12%) na digestibilidade da forragem tratada.

O aumento da digestibilidade da forragem após tratamento e consequente aumento na disponibilidade da energia resulta numa digestão mais rápida e menor tempo de passagem do alimento pelo trato digestivo, o que propicia, finalmente, maior consumo e melhor desempenho animal (BERGER *et al.*, 1994).

REFERÊNCIAS

KLOPFENSTEIN, T.J. Chemical treatment of crop residues. **Journal of Animal Science**, v. 46, p. 841-848, 1978.

ALVIM, M. J.; RESENDE, H.; BOTREL, M. A. Efeito da frequência de cortes e do nível de nitrogênio sobre a produção e qualidade da matéria seca do "Coast-cross". In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO *CYNODON*, 1., 1996, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa/CNPGL, 1996. p. 45-55.

ATAÍDE JR. *et al.* Valor nutritivo do feno de capim-tifton 85 (*Cynodon spp.*) em diferentes idades de rebrota, em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 2193-2199, 2000. Suplemento.

BERGER, L.L. *et al.* Modification of forage quality after harvest. In: FORAGE QUALITY EVALUATION, AND UTILIZATION, 1994, Madison. **Proceedings...** Madison: American Society of Agronomy: Crop Science Society of America, 1994. p. 922- 966.

BERTIPAGLIA, L. M. A.; DE LUCA, S.; MELO, G. M. P.; REIS, R. A. Avaliação de fontes de uréase na amonização de fenos de *Brachiaria brizantha* com dois teores de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.3780-386, 2005.

BROWN, W.F.; ADJEI, M. Urea treatment to improve the nutritional value of tropical forages. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIVESTOCK IN THE TROPICS, Gainesville, 1995. **Proceedings...** Gainesville: University of Florida, 1995. p.71-77.

BUETTNER, M.R.; LECHTENBERG, V.L., HENDRIX, K.S. *et al.* Composition and digestion of ammoniated tall fescue (*Festuca arundinaceae* Schreb) hay. **Journal Animal Science**, v.54, n.1, p.173-178, 1982.

CÂNDIDO, M.J.D. *et al.* Avaliação do valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.928-935, 1999.

CARDOSO, G.C. **Desempenho de novilhos simental alimentados com rações contendo palhada de arroz amonizada, silagem de sorgo, cana-de-açúcar e ureia.** Viçosa: UFV, 2000. 50p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

CARVALHO, G.G.P. *et al.* Degradabilidade *in situ* da matéria seca e da fração fibrosa do bagaço de cana-de-açúcar tratado com ureia. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.8, n.3, p.447-455, 2007.

CARVALHO, G.G.P. *et al.* Valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com quatro doses de ureia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.1, p.125-132, 2006.

CARVALHO, M.S.S. **Desempenho agrônômico e análise de crescimento de capins do gênero *Cynodon* em resposta à frequência de corte**. 2011. 95 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

CARVALHO, W.T.V. **Valor nutricional de Tifton 85 em diferentes idades de corte**. 2011. 95 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, 2012.

COBLENTZ, W.K., *et al.* Storage characteristics and nutritive value changes in bermudagrass hay as affected by moisture content and density of rectangular bales. **Crop Science**, v. 40, n. 5, p. 1375-1383, 2000.

CORSI, M.; MARTHA JUNIOR, G.B. Manejo de pastagens para a produção de carne e leite. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p.55-84.

DETMANN, E. *et al.* Consumo de fibra em detergente neutro por bovinos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.6, p.1763-1777, 2003. Suplemento.

EVERS, G.W.; PARSONS, M.J. Comparison of seeded and increased with time. Overton: Overton Forage-Livestock Field Day Report, 2002, p.41-42.

EVERS, G.W.; PARSONS, M.J.; BUTLER, T.J. Production of seeded and vegetatively planted bermudagrasses. In: ANNUAL CONFERENCE OF FORAGE AND GRASSLAND COUNCIL, 2001, Springdale. **Proceedings...** Springdale: AFGC, 2001. p. 207-211.

EVERS, G.W.; REDMON, L.A.; PROVIN, T.L. Comparison of bermudagrass, bahiagrass, and kikuyugrass as a standing hay crop. **Crop Science**, Madison, v.44, p1370-1378, 2004.

FARIA, M.M. *et al.* Composição bromatológica do co-produto do desfibramento do sisal tratado com ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.3, p.377-382, 2008.

FREITAS, D.; COAN, R. M.; REIS, R. A.; PEREIRA, J. R. A.; PANIZZI, R. C. Avaliação de fontes de amônia para conservação do feno de alfafa (*Medicago sativa* L.) armazenado com alta umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.866-874, 2002 (suplemento).

FONTES, P.C.R. *et al.* Produção e níveis de nutrientes em alfafa (*Medicago sativa* L.) no primeiro ano de cultivo, na zona da mata de Minas Gerais. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 22, n. 2, p.205-211, 1993.

FUKUSHIMA, R.S.; HATFIELD, R D. Composição fenólica de ligninas dioxano determinadas pela reação oxidativa com o nitrobenzeno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 3, p. 373-378, 2003.

GARCIA, R.; NEIVA, J.N.M. Utilização da amonização na melhoria da qualidade de volumosos para ruminantes. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 5., 1994, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Nordestina de Produção Animal, 1994. p. 41-61.

GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. Tratamento de volumosos de baixa qualidade para utilização na alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE ZOOTECNIA, Viçosa, 1998. **Anais...** Viçosa: AMEZ, 1998. p. 33-60.

GERDES, L. *et al.* Avaliação de características agronômicas e morfológicas das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia aos 35 dias de crescimento nas estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 955-963, 2000.

GIVENS, D.I.; ADAMSON, A.H.; COBBY, J.M. The effect of ammoniation on the nutritive value of wheat, barley measurement "in vivo" and their prediction from laboratory measurements. **Animal Feed Science and Technology**, v.19, n.1-2, p.173-184, 1988.

GOBBI, K. F. *et al.* Composição química e digestibilidade in vitro do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf. tratado com ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**,

Viçosa, v. 34, n. 3, p. 720-725, 2005.

GONÇALVES, G.D.; SANTOS, G. T.; JOBIM, C. C. *et al.* Determinação do consumo, digestibilidade e frações protéicas e de carboidratos do feno de Tifton 85 em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 4, 2003.

GORDON, A.H.; CHESSON, A. The effect of prolonged storage on the digestibility and nitrogen content of ammonia-treated barley straw. **Animal Feed Science and Technology**, v.8, n.2, p.147-153, 1983.

GRANZIN, B.C.; DRYDEN, G.McL. Effects of alkalis, oxidants and urea on the nutritive value of rhodes grass (*Chlorisgayana* cv. Callide). **Animal Feed Science and Technology**, v.103, p.113-122, 2003.

GROSSI, S.F. *et al.* Tratamento de volumosos com amônia anidra ou ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.22, n.4, p.651-659, 1993.

HADDAD, C.M.; CASTRO, F.G.F. Produção de feno. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15, 1998. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p.151-171.

HARLAN, J.R.; DE WET, J.M.J.; RAWAL, K.M. Geographic and distribution of the species of *Cynodon* L.C.Rich. (Gramineae). **East African Agriculture and Forestry Journal**, Grahamstown, v. 19, p. 465-469, 1970.

HENNING, J.C.; DOUGHERTY, C.T.; O'LEARY, J. *et al.* Urea for preservation of moist hay. **Journal of Feed Science and Technology**, v.31, n.3, p.193-204, 1990.

HILL, G.M.; GATES, R.N.; BURTON, G.W. *et al.* Forage quality and grazing steer performance from Tifton 85 and Tifton 78 bermudagrass pastures. **Animal Feed Science and Technology**, Savoy, v.71, p. 3219-3225, 1993.

HUSSAIN, I.; CHEEKE, P.R.; JOHNSON, D.E. Evaluation of grass straw: Corn juice silage as a ruminant feedstuff: Digestibility, straw ammonization and supplementation with by-pass protein. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, n. 1-2, p.1-13, 1996.

JUNG, H.G.; ENGELS, F.M. Alfafa stem tissues cell wall deposition, composition, and degradability. **Crop Science**, v. 62, p. 524-534, 2002.

LIMA, J.A; VILELA, D. **Formação e manejo de pastagens de *Cynodon***. In: *Cynodon: forrageiras que estão revolucionando a pecuária brasileira*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005. p. 11-32.

LIVESTOCK. In: ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. PSD: production, supply and distribution online. **Reports**. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture - USDA, 2011. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline>>. Acesso em: abril 2013.

MACDONALD, A.D., CLARK, E.A. 1987. Water and quality loss during field drying of hay. **Advances in Agronomy**, v.41, p.407-437, 1987.

MASON, V.C.; DHANOA, M.S.; HARTLEY, R.D. *et al.* Relationships between chemical composition, digestibility in vitro and cell wall degradability of wheat straw treated with different amounts of ammonia and at elevated temperature. **Animal Feed Science and Technology**, v. 24, n.3-4, p.293-306, 1989a.

MASON, V.C.; KEENE, A.S.; COOK, J.E. *et al.* Oven and stack ammoniation of grass hays. 1. Changes in chemical composition in relation to digestibility in vitro and cell wall degradability. **Animal Feed Science and Technology**, v. 24, n 3-4, p.299-311,1989b.

McBETH, L.J. *et al.* Impact of heating degree accumulation during bermudagrass hay storage on nutrient utilization by lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 79, n. 10, p. 2698-2703, 2001.

MOSER, L.E. Post-harvest physiological changes in forage plants. In: POST-HARVEST PHYSIOLOGY AND PRESERVATION OF FORAGES, 1995, Madison, Wisconsin. **Proceedings ... Wisconsin: American Society of Agronomy Inc.**, 1995. p. 1-19.

KLOPFENSTEIN, T.J. Chemical treatment of crop residues. **Journal of Animal Science**, v. 46, p. 841-848, 1978.

MOTT, G. O. Evaluación de la producción de forrajes In: HUGHES, H. D.;HEATH, M. E.; METCALFE, D. S. (Ed.) **Forrajes – la ciencia de la agricultura basada em la producción de pastos**. México.1970, p.131-141.

MUCK, R.E.; SHINNERS, K.J. Conserved forage (silage and hay): progress and priorities. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, XIX. 2001. São Pedro.

- Proceedings...** Piracicaba: Brazilian Society of Animal Husbandry, 2001. p.753-762.
- NEIVA, J.N.M. *et al.* Características químicas da silagem e do rolão de milho amonizados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.27, n.3, p.461-465, 1998.
- NERES, M.A. *et al.* Production of tifton 85 hay over seeded with White oats or ryegrass. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 40, n. 8, p. 1638- 1644, 2011.
- NETO, G. B. *et al.* Características agronômicas e viabilidade do tifton-85 (*Cynodon* spp) irrigado num sistema de produção de leite. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 44, n. 4, p. 235-242, 2007.
- NUSSIO, L. G.; MANZANO, R. P.; PEDREIRA, C. G. S. Valor alimentício em plantas do gênero *Cynodon*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 203-242.
- OLIVEIRA, M.A *et al.* Características morfogênicas e estruturais do capim-bermuda Tifton 85 (*Cynodon* spp) em diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1939-1948, 2000.
- PAULINO, M. F. *et al.* Bovinocultura de ciclo curto em pastagens. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, III,2002, Viçosa. **Anais...**Viçosa: UFV, 2002. p. 153-196.
- PEDREIRA, C.G.S.; NUSSIO; L.G.; SILVA, S.C. da. Condições edafo-climáticas para produção de *Cynodon* spp. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 15., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 85-114.
- PEDREIRA, J.V.S; MATTOS, H.B. Crescimento estacional de vinte e cinco espécies ou variedades de capins. **Boletim de Indústria Animal**, v.38, n.2, p. 117 – 143, 1981.
- PEREIRA, O.G.; RIBEIRO, K.G. Suplementação de Bovinos com Forragens Conservadas. In: Simpósio de Produção de Gado de Corte, II,Viçosa, 2002. **Anais...** 2002. p. 261-290.
- PEREIRA; O.P. Conservação de forragens como opção para o manejo de pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. p. 507- 539.

PIRES, A.J.V.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; BERNARDES, T.F. *et al.* Composição química do feno de *Brachiaria brizantha* amonizado em diferentes umidades. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 55, n. 212, p. 393-396, 2006.

RAMIREZ, M. A.. **Consumo e digestibilidade de fenos de *Brachiaria decumbens*, staf cultivar basiliski cortados em três diferentes idades**. 2010. 49 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, 2010

RANKIN, M.; UNDERSANDER, D. **Rain damage to forage during hay and silage making**. Disponível em <http://www.cce.cornell.edu/scnyag/dairy/newsletter>. Acesso em: 30 abr. 2013.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; PEDROSO, P. Avaliação das fontes de amônia para o tratamento de volumosos de baixa qualidade. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.24, n.4, p. 486-492, 1995.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; RUGGIERI, A.C. *et al.* Avaliação de fontes de amônia para o tratamento de fenos de gramíneas tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p.563-565.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; PEREIRA, J.R.A. *et al.* Composição química e digestibilidade de fenos tratados com amônia anidra ou ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.666-673, 2001a.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; RESENDE, K.T. *et al.* Avaliação de fontes de amônia para o tratamento de fenos de gramíneas tropicais. 1. Constituintes da parede celular, poder tampão e atividade ureática. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.674-681, 2001b.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; RESENDE, K.T. *et al.* Avaliação de fontes de amônia para o tratamento de fenos de gramíneas tropicais. 2. Compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.682-686, 2001c.

REIS, R.A.; MOREIRA, A.L.; PEDREIRA, M.S. Técnicas para produção e conservação de fenos de forrageiras de alta qualidade. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001d. p. 1-39.

REIS, R.A.; ROSA, B.; MOREIRA, A.L. Tratamento químico de volumosos: amonização. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2002. p.407-436.

REIS, R. A.; BERCHIELI, T.T.; ANDRADE, P.; MOREIRA, A.L.; SILVA, E.A. Valor nutritivo do feno de capim coast-cross (*Cynodon dactylon* L. Pers) submetido a amonização. **Ars. Veterinária**, v. 19, n. 2, p. 143-149, 2003.

REIS, R.A. *et al.* Impacto da Qualidade de Forragem na Produção Animal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** SBZ, 2006. 480-505.

RIBEIRO, K.G.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C. *et al.* Caracterização das frações que constituem as proteínas e os carboidratos, e respectivas taxas de digestão, do feno de capim-Tifton 85 de diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.589-595, 2001.

ROCHA, F.C. *et al.* Amonização sobre a composição química e digestibilidade da silagem de capim-elefante. **Revista Ceres**, Viçosa, v.53, n.306, p.228-233, 2006.

RODRIGUES, L.R.A; REIS, R.A.; SOARES FILHO, C.V. Estabelecimento de pastagens de *Cynodon*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15, 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998. p.115-128.

RODRIGUES, A. A.; SOUZA, F. H. D. **Utilização da palhada residual da produção de sementes de capim na alimentação de ruminantes**. São Carlos: Embrapa: Pecuária Sudeste, 2005. 13p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 42).

ROSA, B. *et al.* Degradabilidade *in situ* do feno de *Brachiária decumbens* Stapf cv. Basilisk amonizado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p.324-326.

ROSA, B.; REIS, R.A.; RESENDE, K.T. *et al.* Valor nutritivo do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf. cv. basilisk submetido a tratamento com amônia anidra e ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n .4, p. 815-822, 1998.

ROSA. B.; FADEL, R. Uso de amônia anidra e de ureia para melhorar o valor alimentício de forragens conservadas. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá:

UEM/CCA/DZO, 2001. p. 41-63.

ROTH, M. T. P.; REIS, R.A.; RESENDE, F.D. *et al.* Chemical treatment of post-harvest Marandu grass seed residues with different moisture contents. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 3, 2010

RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3351-3561, 1992.

SANTOS, J.; CASTRO, A.L.; PAIVA, P.C.A.; BANYS, V.L. Efeito dos tratamentos físicos e químicos no resíduo de lixadeira do algodão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.4, p.919-923, 2004.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: Métodos Químicos e Biológicos**, 3 ed. Viçosa. UFV. Impr. Univ. 2002, 235 p.

SILVA, V.J. da. **Desempenho produtivo e análise de crescimento de capins do gênero *Cynodon* em resposta à frequência de desfolhação**. 2012. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B.A. Net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diet. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 12, p. 3562-3577, 1992.

SOARES FILHO, C.V.; RODRIGUES, L.R.A.; PERRI, S.H.V. Produção e valor nutritivo de dez gramíneas forrageiras na região Noroeste do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum. Animal Science**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1377-1384, 2002.

SUNDSTOL, F.; COXWORTH, E.M. Ammonia treatment. In: SUNDSTOL, F.; OWEN, E. **Straw and others fibrous by-products as feed**. Amsterdam: ELSEVIER PRESS, 1984, p.196-247.

TONATO, F. **Determinação de parâmetros produtivos e qualitativos de *Cynodon* spp. em função de variáveis climáticas**. 2003. 86p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

TONUCCI, R.G. **Valor nutritivo do feno de capim-Tifton 85 amonizado com ureia**. 2006. 41f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

TORKOV, H.; FEIST, W.C.A mechanism for improving the digestibility of lignocelulosic material with dilute alkali and liquid ammonia. **Advances in Chemistry Series**, v.26, n.1, p.13-21, 1978.

TURNER, J.E.; COBLENTZ, W.K.; SCARBROUGH, D.A. *et al.* Changes in nutritive value of bermudagrass hay during storage. **Agronomy Journal**, v.94, p.109-117, 2002.

VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G. Discounts for net energy and protein-fifth revision. In: CORNELL NUTRITIONAL CONFERENCE, 1992, Ithaca. **Proceedings...** Ithaca: University of Cornell, 1992. p.40-68.

VAN SOEST, P.J. Lignin. In: Van SOEST, P.J. (Ed.). **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University, Cornell University Press, 1994. p.177-195.

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; FERREIRA, D.J; PEREIRA, O.D. Efeito de níveis de ureia sobre o valor nutricional do feno de capim-Tanzânia. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**. v.28, n.2, p.333-340, 2007.

3 CONSTITUINTES DA PAREDE CELULAR, FRACIONAMENTO DE NITROGÊNIO E DIGESTIBILIDADE *IN VITRO* DA MATÉRIA SECA E MATÉRIA ORGÂNICA DO FENO DE *Cynodon* - Vaquero ADITIVADO COM UREIA E SUBMETIDO A DIFERENTES TEORES DE UMIDADE

RESUMO

O objetivo do experimento foi avaliar as alterações da fração fibrosa, a digestibilidade *in vitro* e o fracionamento de nitrogênio do feno de *Cynodon dactylon* (capim Vaquero) tratado com doses crescentes de ureia (0, 2,5 e 5%) com base na matéria seca (MS) em diferentes teores de umidade (12, 18, 24 e 30%). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x3, com quatro repetições. A ureia foi dissolvida em quantidade suficiente de água para elevar o teor de umidade do feno para os valores de umidade desejada. O feno tratado foi armazenado em sacos plásticos, vedados por 30 dias e, após abertura, foram coletadas amostras para as análises laboratoriais. O teor de MS foi reduzido à medida que se elevaram os níveis de umidade e de ureia. Os teores de nitrogênio total (NT) aumentaram com as doses crescentes de ureia e foram decrescentes para a elevação do teor de umidade. Os valores de NIDN em relação ao nitrogênio total (NIDN/NT) foram reduzidos com o aumento da dose de ureia, e os maiores decréscimos foram observados para os tratamentos com menor umidade. Os teores de NIDA em relação ao nitrogênio total (NIDA/NT) foram reduzidos com maiores doses de ureia e maior redução ocorreu para teores de 30% de umidade. A amonização dos fenos aumentou os teores da fração A em relação ao nitrogênio total, mas não afetou B1. Contudo, as frações B3 e C diminuíram em resposta à amonização. O aumento na dose de ureia promoveu redução nos teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. Os conteúdos de hemicelulose e celulose diminuíram com as doses crescentes de ureia, sendo mais pronunciadas nas matérias com maior teor de umidade. Não foi observado efeito ($P > 0,05$) das doses de ureia, teor de umidade na quantidade de lignina. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi influenciada pela dose de ureia ($P < 0,05$) e pelos teores umidade ($p < 0,05$). A digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica não foi influenciada ($p > 0,05$) por nenhuma das variáveis. A aplicação de ureia associada a 12, 18, 24 ou 30% de umidade foi favorável para aumentar o valor

nutritivo do feno de capim Vaquero.

Palavras-chave: Amonização. Fibra. Nitrogênio total. Digestibilidade.

3 CONSTITUENTS OF CELL WALL, NITROGEN FRACTIONATION, AND DIGESTIBILITY OF *in vitro* DRY AND ORGANIC MATTER OF HAY *Cynodon* – Vaquero TREATED WITH UREA AND SUBMITTED TO DIFFERENT LEVELS OF MOISTURE

ABSTRACT

The objective of the experiment was to evaluate the changes of the fiber, the *in vitro* digestibility and nitrogen fractionation of *Cynodon dactylon* hay (Vaquero grass) treated with increasing doses of urea (0, 2.5 and 5 %) based on the dry matter (DM), at different moisture contents (12, 18, 24 and 30%). The experiment was performed by a completely randomized design in a 4x3 factorial design with four replications. Urea was dissolved in sufficient water quantity to raise the moisture content of the hay to the desired moisture values. The material was stored in plastic bags, which were sealed for 30 days. Afterwards, they were opened and samples were collected for laboratory analysis. The DM content was reduced as one raised the moisture and urea levels. The total nitrogen (TN) increased with increasing doses of urea, and it was reduced to make the moisture content higher. NDIN values in relation to total nitrogen (NDIN/TN) decreased with increasing dose of urea, and the largest decreases were observed in treatments with lower moisture. The contents of ADIN in relation to the total nitrogen (ADIN/TN) were reduced with higher doses of urea, and higher levels of reduction occurred in 30% moisture. The ammoniated hay increased the levels of fraction A in relation to the total nitrogen, but did not affect B1. However, the B3 and C decreased in response to ammoniation. The increase in the dose of urea promoted a reduction in the levels of neutral detergent fiber and acid detergent fiber. The contents of hemicellulose and cellulose decreased with increasing doses of urea which is more pronounced in subjects with higher moisture content. There was no effect ($P > 0.05$) of urea doses and moisture content in lignin. The *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) was influenced by the dose of urea ($P < 0.05$) and the moisture content ($P < 0.05$). The *in vitro* digestibility of organic matter was not affected ($P > 0.05$) for any variable. The urea application with 12, 18, 24 or 30% moisture was favorable for improving the nutritional value of the Vaquero grass.

Keywords: Ammoniation. Fiber. Total nitrogen digestibility.

3.1 Introdução

em função da sazonalidade no crescimento de forrageiras no Brasil, uma das opções para o aproveitamento mais eficiente da matéria seca disponível nos períodos de maior produção é a fenação, que permite a produção de volumosos para uso na época de escassez de alimentos e é uma técnica complementar ao manejo das pastagens e dos campos de produção de sementes.

A fenação é o processo de conservação de forragens por meio da desidratação parcial da planta forrageira em condição de campo. O processo pode ocasionar perda do valor nutritivo e de matéria seca em função das condições inadequadas para a plena desidratação no campo da forrageira usada como feno.

Fenos que sofreram processo prolongado de secagem, que receberam chuva durante o processamento a campo, que foram oriundos de plantas colhidas no estágio de alongamento de caule ou ainda fenos confeccionados com alto teor de umidade apresentam baixo valor nutritivo (REIS *et al.*, 2001a), ocasionados pelo elevado conteúdo de parede celular, alto teor de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), teor elevado de lignina, baixa disponibilidade de compostos nitrogenados e baixa digestibilidade da matéria seca.

A alteração do valor nutritivo de volumoso é possível com a utilização de tratamentos biológicos, físicos ou químicos, para que os mesmos possam ser utilizados de forma eficiente na alimentação de ruminantes.

Dentre as diferentes alternativas para o tratamento químico de volumosos, a amonização, utilizando-se ureia como fonte de amônia, vem promovendo resultados bastante satisfatórios (GRANZIN; DRYDEN, 2003; GOBBI *et al.*, 2005; ROTH *et al.*, 2010).

Diversos resultados de pesquisa têm mostrado que o valor nutritivo de volumosos armazenados pode ser elevado de forma significativa quando tratados com ureia, elevando seu consumo e aproveitamento pelos animais (ROTH *et al.*, 2010; RODRIGUES, 2010).

O tratamento com amônia anidra ou ureia promove alterações acentuadas na composição química do volumoso, principalmente nos componentes da fração fibrosa (REIS *et al.*, 2001a; FERNANDES *et al.*, 2002) e nos compostos nitrogenados (REIS *et al.*, 2001c; TONUCCI, 2006).

O tratamento de forragens com ureia é o resultado de dois processos que ocorrem simultaneamente no interior da massa de forragem a ser tratada: a ureólise que transforma a ureia em amônia e o subsequente efeito produzido pela amônia nas paredes celulares da forragem (CHENOST; BESLE, 1993). Segundo Sundstol e Coxworth (1984), a atividade da urease presente nos volumosos é máxima quando o conteúdo de água da forragem varia de 25 a 30%.

As informações das quantidades exatas de umidade ou de ureia requeridas para melhorar o valor nutritivo da forragem variam muito. Na prática, há uma ampla faixa de níveis de umidade e de ureia usados, dependendo das espécies forrageiras, da maturidade das mesmas, do método de armazenamento e de outros fatores (BROWN; ADJEI, 1995a).

O objetivo proposto neste estudo foi avaliar o efeito do tratamento químico com doses crescentes de ureia sobre a composição química, a digestibilidade *in vitro* e o fracionamento da fração nitrogenada do feno de *Cynodon dactylon* – Vaquero submetido a diferentes teores de umidade.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Local e material utilizado no experimento

O feno foi produzido em uma área de 6,05 ha, implantada com capim Vaquero em 2010, localizada na Linha Barro Preto, município de Marechal Cândido Rondon - Paraná. A área está localizada a 24° 29'10.35" de latitude sul e 54° 07'. 27" de longitude oeste do Meridiano de Greenwich e a uma altitude de 506 metros. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico (EMBRAPA, 2006). A área é destinada exclusivamente à produção de feno.

O clima local, classificado segundo Koppen, é do tipo Cfa, subtropical com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes (OMETTO, 1981). As temperaturas médias do trimestre mais frio variam entre 17 e 18 °C, e do trimestre mais quente entre 28 e 29 °C. Os totais anuais médios normais de precipitação pluvial para a região variam de 1.600 a 1.800 mm, com trimestre mais úmido apresentando totais entre 400 a 500 mm (IAPAR, 2007).

Os dados climáticos referentes ao período experimental (Tabela1) foram obtidos em estação meteorológica do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Estadual do

Oeste Paraná - *Campus* Marechal Cândido Rondon, distante 25 km da área de produção de feno e 35 Km do local de armazenamento do feno

Tabela 1 - Média de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica da região, durante o período experimental

Meses	Temperatura (°C)			Umidade relativa do ar (%)			Precipitação (mm)
	Máxima	Mínima	Médias	Máxima	Mínima	Médias	
Abril	27,1	16,8	21,3	91,8	54,5	77,6	251,8
Mai	24,5	13,9	18,5	92,7	56,0	78,8	112
Junho	22,2	12,9	16,9	94,9	63,7	83,8	13,0
Julho	23,0	11,9	16,8	91,3	51,5	75,4	50,8
Agosto	20,9	15,0	20,9	80,7	35,5	60,0	6,6
Setembro*	33,8	16,5	24,4	69,6	19,4	44,6	0,0

*1º a 8 de setembro

Fonte: Estação Meteorológica da Fazenda Experimental, Marechal C. Rondon-PR, outubro, 2012.

Em março de 2012 foi realizada a amostragem de solo na camada 0-20 cm, e, segundo análise química realizada no Laboratório SOLANALISE – Cascavel, Paraná, o solo apresentava as seguintes características químicas: pH em CaCl₂: 5,30; P (Melich): 35,55 mg/dm³; K (Melich-1): 0,74 Cmol_c/dm³; Ca⁺² (KCl 1mol/L): 5,31 Cmol_c/dm³; Mg⁺² (KCl 1mol/L): 2,44 Cmol_c/dm³; Al⁺³ (KCl 1mol/L): 0,00 Cmol_c/dm³; H+Al: 4,61 Cmol_c/dm³ ; SB: 8,49 Cmol_c/dm³; CTC: 13,10 Cmol_c/dm³ V: 64,81%, Matéria Orgânica: 32,68 g/dm³ e a seguinte granulometria: areia: 20%; silte: 17,50% e argila: 62,50%.

Em 30 de abril de 2012 foi realizado o corte de uniformização, em seguida realizada a adubação com 54 kg⁻¹ ha de nitrogênio na forma de ureia.

A fenação foi mecanizada, eo corte da forragem foi realizado com 56 dias de rebrota. A fenação ocorreu quando a forragem apresentava média de 15% de umidade, foram confeccionados fardos retangulares com peso médio de 11,39 kg.O enfardamento ocorreu em 26 de junho de 2012. A umidade no momento do enfardamento foi medida com medidor de umidade digital AGROLOGIC AL-104.

Em 30 de junho foram escolhidos ao acaso 48 fardos para realização do estudo. De cada fardo foram retiradas três amostras simples, que depois de homogêneas constituíram uma única amostra por fardo. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e congeladas até a realização das análises laboratoriais. A determinação dos teores de matéria seca de cada fardo possibilitou o cálculo da quantidade de água para reconstituição da umidade e da quantidade de

ureia a ser aplicada em cada tratamento.

A composição nutricional do feno de capim Vaquero utilizado no ensaio experimental encontra-se na Tabela 1.

Em 2 de julho de 2012, os fardos foram transportados para Maripá – Paraná, onde foi conduzido o experimento. Os fardos foram colocados sobre estrado de madeira, em galpão de alvenaria, localizado a 24° 25'27.28" de latitude sul e 54° 49'24. 70" de longitude oeste do Meridiano de Greenwich e a uma altitude de 322 m, onde permaneceram até o final do período experimental.

Tabela 2– Teores médios (g/kg⁻¹MS) de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), nitrogênio total (NT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), celulose (CEL), lignina (LIG), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido, relação NIDN/NT e relação NIDA/NT

Composição química	Valor
Matéria Seca	918,89
Matéria Mineral	84,25
Extrato Etéreo	16,47
Nitrogênio Total	29,69
Proteína Bruta	185,58
FDN	744,62
FDA	294,84
HEM	449,78
CEL	256,12
LIG	38,77
NIDN	16,02
NIDA	1,58
NIDN do NT ¹	53,95
NIDA do NT ¹	5,32

¹Valores expressos em %

3.2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 4 x 3, oriundo da combinação de quatro teores de

umidade (12, 18, 24 e 30%) e três doses de ureia (0, 2,5, 5,0%), com base na matéria seca (MS), e quatro repetições.

Cada tratamento foi constituído por um fardo de feno colocado em saco plástico com capacidade para 200 litros. Após o tratamento os sacos foram vedados, etiquetados e armazenados em galpão de alvenaria fechado, sobre estrado de madeira.

3.2.3 Aplicação da ureia e correção do teor de umidade

A quantidade de ureia e de água aplicada foi calculada em função da média da matéria seca (MS) apresentada para cada grupo de quatro fardos de feno. A determinação da MS foi realizada com as amostras retiradas após o enfardamento.

O ajuste do teor de umidade foi realizado com a adição de água aplicada por aspersão com auxílio de regador na quantidade calculada para se elevar o conteúdo de umidade para 12, 18, 24 e 30%.

A quantidade de água (kg) para reumedecimento dos fardos até a umidade desejada foi calculada tomando-se o peso médio da MS de cada quatro fardos de feno dividido pelo teor de MS desejado, obtendo-se assim o peso de matéria natural para o teor de MS desejado, em seguida foi feita a subtração do peso de material natural desejado do peso do material natural existente, e esse é o peso de água a ser adicionado para elevar a umidade ao nível desejado.

$$\text{Quantidade de Água} = \left[\frac{\text{Peso MS} \times 100}{\text{Teor MS desejado}} \right] - \text{Peso Material Natural}$$

Utilizou-se ureia na forma de fertilizante granulado contendo 45% de N, a qual foi diluída na quantidade de água calculada com o auxílio de uma colher de pau. Após a diluição, a solução de água e ureia foi distribuída com regador sobre o feno no interior do saco plástico, de forma homogênea, de modo a garantir que todo material tivesse contato com a solução. Os sacos foram fechados, amarrados com

cordão, observando as recomendações de Dolberg (1991) e de Joyet *et al.* (1992) e identificados por tratamento.

3.2.4 Coleta e preparo das amostras

Após o período de tratamento de 30 dias (8 de agosto a 8 de setembro de 2012), em condições hermeticamente fechadas, os sacos contendo os fardos de feno foram abertos para eliminação do excesso de amônia que não reagiu com os volumosos. Após 24 horas, os 48 fardos foram desamarrados e retirou-se cada fardo uma amostra composta de três subamostras, que foram acondicionadas em sacos plásticos e congeladas até a data das análises laboratoriais.

3.2.5 Análises laboratoriais

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Oeste Paraná - *Campus Marechal Cândido Rondon*.

As amostras após descongelamento foram identificadas, pesadas e colocadas em estufa de ventilação regulada para 55°C por 72 horas. O material foi moído em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm de diâmetro e acondicionado em frascos de plástico com tampa, para posterior análise químico-bromatológica. As determinações dos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e nitrogênio total (NT) foram realizadas de acordo com Silva e Queiroz (2002). As análises de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDIN) e em detergente ácido (NIDA) foram realizadas segundo procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2002).

Foram efetuados os fracionamentos de nitrogênio descritos pelo sistema Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS), onde as frações A, B1, B2, B3 e C foram determinadas de acordo com metodologia descrita por Licitra *et al.*, 1996.

A fração A foi determinada a partir do tratamento de 0,5 g de amostra com 50 mL de água, por 30 minutos, adicionando-se, em seguida, 10 mL de ácido tricloroacético (TCA) por mais 30 minutos. A seguir, procedeu-se à filtragem da amostra, por sucção a vácuo em cadinho de vidro, dosando-se o nitrogênio residual pelo método kjeldahl. A fração A foi determinada pela diferença entre o teor de nitrogênio total e o nitrogênio insolúvel em TCA.

O nitrogênio insolúvel total foi determinado a partir do tratamento de 0,5 g da amostra com tampão borato-fosfato ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ a 12,2 g/L + $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ a 8,91g/L + 100 mL/L de álcool butílico terciário) e 1 mL de solução de azida sódica (10%) durante 3 horas, sendo determinado o nitrogênio residual. Pela diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio insolúvel total, foi obtido o nitrogênio solúvel total (NNP + proteína solúvel), do qual foi descontada a fração A para obtenção da fração B1.

A fração B3 foi calculada pela diferença entre o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA). A fração C foi considerada como o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), e a fração B2, determinada pela diferença entre 100 e as frações A, B1, B3 e C como porcentagem da proteína.

As determinações da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram realizadas segundo o método "Filter Bag Technique" da ANCON®, usou-se o determinador de fibra (Marconi® 444/GL), com modificação do material do saquinho utilizado (5,0 x 5,0 cm, porosidade de 100 μm), confeccionado utilizando-se tecido não tecido (TNT - 100 g/m^2) segundo metodologia proposta por Casali *et al.* (2008) e Valente *et al.* (2011). Após a extração, os sacos foram lavados em água destilada até que todo o detergente fosse retirado, e depois lavados com acetona e em seguida levados para estufa a 105 °C por 24 horas. Os teores de FDN e FDA foram obtidos pela diferença entre o peso dos sacos antes e depois do tratamento com o detergente.

A lignina (LIG) foi analisada com o resíduo do FDA, pelo método do ácido sulfúrico a 72%. Os teores de hemicelulose (HEM) e de celulose (CEL) foram calculados por diferença entre FDN e FDA e diferença entre FDA e LIG, respectivamente.

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) foram determinadas de acordo com metodologia descrita por Tilley e Terry (1963), modificada para o uso do fermentador de rúmen artificial, através do uso da incubadora *in vitro*, desenvolvida pela Tecnal® (TE-150), com modificação do material do saquinho utilizado (5,0 x 5,0 cm), confeccionado utilizando-se tecido não tecido (TNT -100 g/m^2), conforme proposto por Casali *et al.* (2008) e Valente *et al.* (2011).

Os efeitos de ureia, umidade e interação ureia x umidade sobre as variáveis

dependentes foram verificados por meio de análise de variância e estimados por modelos de regressão linear múltipla. A qualidade de ajuste dos modelos foi avaliada pelo coeficiente de determinação. O nível de 0,05 de significância foi utilizado em todos os testes de hipóteses. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o Minitab Statistical Software®: Release 16.1.0. Avaliação gratuita.

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Matéria seca (MS)

Não houve interação significativa ($P > 0,05$) entre os teores de umidade e as doses de ureia adicionadas, em relação aos teores médios de matéria seca (MS) do capim Vaquero, foi observado efeito negativo ($P < 0,05$) das doses de ureia (UR) e do teor de umidade (U) no teor de MS (Figura 1 e Tabela 3).

A Figura 1 mostra o comportamento dos valores de MS em função dos teores de umidade (U) e doses de ureia (UR), estimados pela seguinte equação de regressão: $\hat{Y} = 858,23 - 3,45597U - 10,253UR$ ($R^2 = 89,76\%$).

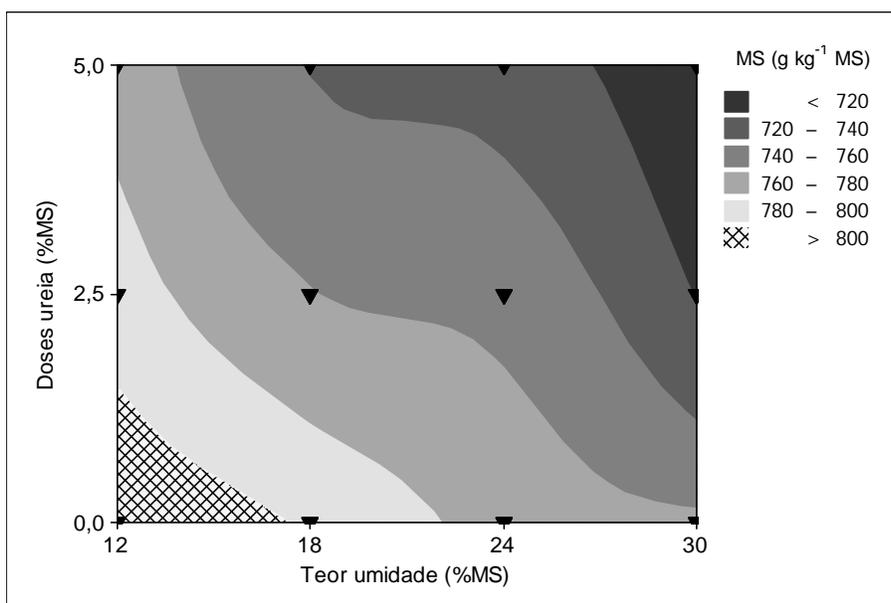


Figura 1 - Estimativa da matéria seca (MS) do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.

O menor valor estimado de MS foi observado para o tratamento com 30% de

umidade e dose de ureia de 5% (703,28 g kg⁻¹ MS). A redução nos teores de matéria seca de materiais amonizados pode ocorrer devido ao elevado poder higroscópico da ureia, fazendo com que o material absorva umidade do ambiente (CÂNDIDO *et al.*, 1999).

Estudo desenvolvido Zanine *et al.* (2007), com capim Tanzânia amonizado com ureia, evidenciou redução no teor de matéria seca do material tratado com 3% de ureia em relação à testemunha não tratada. Entretanto, alguns resultados de pesquisa indicaram que a MS não é alterada pela amonização (SARMENTO *et al.*, 1999).

As principais causas de perdas de MS durante o armazenamento de fenos com alta umidade estão relacionadas com a continuação do processo de respiração celular e o desenvolvimento de bactérias, fungos e leveduras (BARON; GREER, 1988).

Tabela 3 - Valores médios (g kg⁻¹ de MS) de matéria seca (MS), do feno de capim vaquero, em função dos teores de umidade e doses de ureia

Teor Umidade (% MS)	Níveis de ureia (% MS)			Média
	0	2,5	5	
12	817,64	790,06	772,51	793,40
18	797,60	760,87	739,16	765,87
24	772,22	753,38	729,86	751,82
30	763,48	719,07	704,36	728,97
Média	787,73	755,85	736,47	
CV (%)	4,38			

3.3.2 Matéria mineral (MM) e Extrato etéreo (EE)

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos teores de umidade e doses de ureia sobre o conteúdo de matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE) do feno de capim Vaquero, apresentando valores médios de 85,21 g kg⁻¹ MS e 18,36 g kg⁻¹ MS, respectivamente (Tabela 4).

O conteúdo de MM do feno não foi alterado em função das doses de ureia aplicadas, o que pode ser explicado pelo fato de a ureia ser hidrolisada pela urease em amônia, composto volátil que não se acumula no material tratado. Pádua *et al.*, (2011), em estudo sobre efeito de diferentes doses de ureia em feno de *Paspalum notatum*, também não observaram efeito da dose de ureia sobre os teores de

matéria mineral.

Tabela 4 – Valores médios (g kg^{-1} MS) de matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE) do feno de capim Vaquero, em função dos teores umidade e dose de ureia

Teor Umidade (% MS)	Níveis de ureia (% MS)			Média
	0,0	2,5	5,0	
	Matéria mineral (MM)			
12	86,17	85,89	84,39	85,49
18	85,78	85,67	83,97	85,14
24	85,44	85,53	84,35	85,11
30	85,67	85,50	84,14	85,10
Média	85,77	85,65	84,21	85,21
CV (%)	4,38			
	Extrato etéreo (EE)			
12	18,08	17,81	18,64	18,18
18	17,18	18,86	19,17	18,41
24	18,66	17,98	18,47	18,37
30	17,21	19,06	19,14	18,47
Média	17,78	18,43	18,86	18,36
CV (%)	8,93			

Calixto Júnior *et al.* (2012) não observaram efeito dos teores de umidade (12, 16 e 25%) para feno de grama-estrela sobre a composição da MM. No mesmo estudo, os teores de EE mostraram diferença significativa para o tratamento com 16% de umidade em relação ao tratamento com 12% de umidade. Segundo os autores, o resultado observado pode ser atribuído ao efeito de diluição em relação a outros componentes expressos na MS ou mesmo à variabilidade de amostras.

De acordo com Church (1988), a grande maioria das forrageiras apresenta pequena quantidade de EE em sua constituição, podendo alcançar até 3,5% na MS, sendo esse um fator positivo, uma vez que os bovinos são tolerantes até níveis de 7,0% na MS na dieta total.

3.3.3 Compostos nitrogenados

Observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) dos teores de umidade (U) e das doses de ureia (UR) para a variável nitrogênio total (NT).

Os teores de NT aumentaram com os níveis crescentes de ureia adicionada, no entanto a quantidade de NT decresceu com a elevação do teor de umidade. O comportamento da variação nos teores de NT estimados pela equação de regressão

$\hat{Y} = 32,0263 + 0,115541U + 1,85199UR - 0,138941UR^2$ ($R^2 = 83,22\%$) podem ser verificados na Figura 2. Os valores médios de NT encontram-se na Tabela 5.

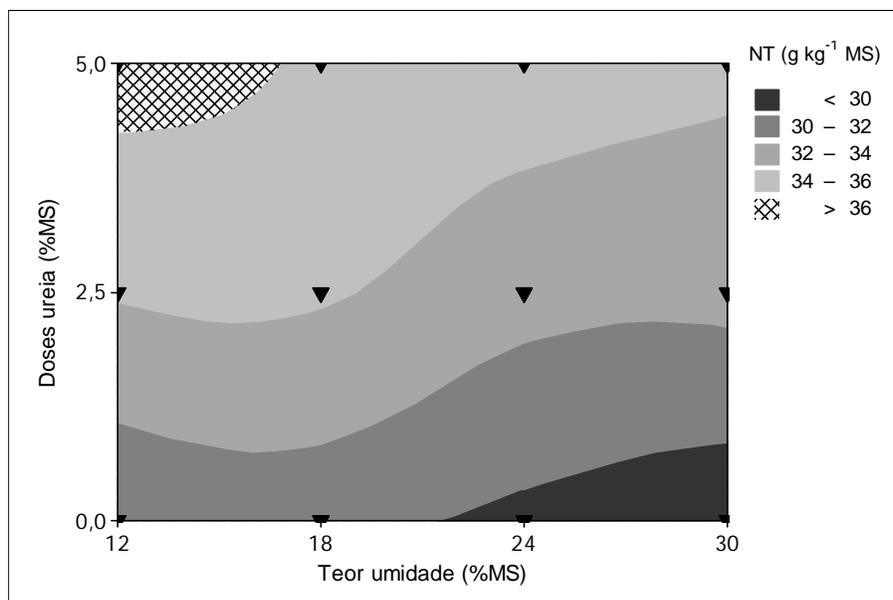


Figura 2 - Estimativa da quantidade de nitrogênio total (NT) do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.

Os teores de NT estimados em função das doses de ureia (0,0; 2,5; e 5,0%) foram de 30,63; 34,40; 36,42 g kg⁻¹ da MS para 12% de umidade e 28,56; 32,32 e 34,34 g kg⁻¹ da MS, para teor de umidade de 30%.

O aumento na quantidade de NT em materiais amonizados ocorre em função da liberação de compostos nitrogenados provenientes da liberação da amônia durante o processo de amonização.

Maior concentração de NT nos materiais com menor teor de umidade é consequência da baixa atividade da urease ou do baixo teor de umidade, que resultou em alto teor de nitrogênio não proteico (NNP), em virtude da pequena perda de nitrogênio na forma de amônia devido a menor teor de umidade.

Aumento no valor de NT, em decorrência do processo de amonização, com níveis crescentes de ureia, é observado em diversos trabalhos de pesquisa. Trabalhos realizados por Granzin e Dryden, (2003), Gobbi *et al.* (2005) e Tonucci (2006), com capim Rhodes, feno de *Brachiaria decumbens* e feno de Tifton 85, respectivamente, também evidenciaram que o teor de NT aumentou em função dos níveis crescentes de ureia.

Gobbi *et al.* (2005), estudando feno de *Brachiaria decumbens* com diferentes doses de ureia, observou aumento nos teores de NT de 0,87% para 4,03%, quando o nível de ureia, com base na matéria seca, foi elevado de 0 para 10%, o que pode ser explicado pela adição de nitrogênio não protéico, em doses crescentes, via amonização.

Rosa, Souza e Rodrigues (2006), avaliando a adição de 2, 4 e 6% de ureia na MS e de água para corrigir os teores de umidade para 20, 30 e 40% em feno de *B. brizantha* cv. Marandu, verificaram que a adição de 4% de ureia e a correção do teor de umidade para 20% foi a combinação que apresentou melhor resultado em relação à composição do feno amonizado. Resultados semelhantes foram observados por Tonucci (2006) que, estudando feno de Tifton 85 amonizado com diferentes teores de ureia e teores de 20 e 40% de umidade, observou redução nos teores de NT quando o teor de umidade do material subiu de 20 para 40%.

O tratamento do feno com ureia e o conseqüente aumento no teor de NT podem contribuir para suprir a demanda por nitrogênio para síntese microbiana, reduzindo a necessidade de uma fonte suplementar de nitrogênio para o rebanho (GOBBI *et al.*, 2005).

Tabela 5 – Valores médios (g kg⁻¹ de MS) de nitrogênio total (NT) do feno de capim Vaquero, em função dos teores umidade e doses de ureia

Teor Umidade (% MS)	Níveis de ureia (% MS)			Média
	0,0	2,5	5,0	
12	30,04	34,13	36,54	33,57
18	30,54	34,19	35,83	33,52
24	29,52	32,63	34,99	32,38
30	28,28	32,47	34,16	31,64
Média	29,59	33,36	35,38	
CV (%)	3,80			

Alguns pesquisadores têm utilizado os valores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) como indicadores da quantidade de nitrogênio preso covalentemente aos componentes da parede celular das forragens amonizadas (LIMA; VILELA, 2005).

O nitrogênio insolúvel em detergente neutro, mais solúvel em detergente ácido, é digestível, mas de lenta degradação no rúmen. O nitrogênio na forma de NIDA parece ser resistente e praticamente indigestível, estando geralmente associado à lignina e a outros compostos de difícil degradação (VAN SOEST;

MASON, 1991; LICITRA; HERNANDEZ; VAN SOEST, 1996).

Houve interação significativa ($P < 0,05$) entre os teores de umidade e doses de ureia adicionada em relação às quantidades médias de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN). Os valores de NIDN em função dos teores de umidade (U) e doses de ureia (UR) foram estimados pela equação de regressão $\hat{Y} = 16,0217 + 0,71749U + 0,0187511U \cdot UR - 0,108785UR^2$ ($R^2 = 80,60\%$) e encontram-se representados na Figura 3.

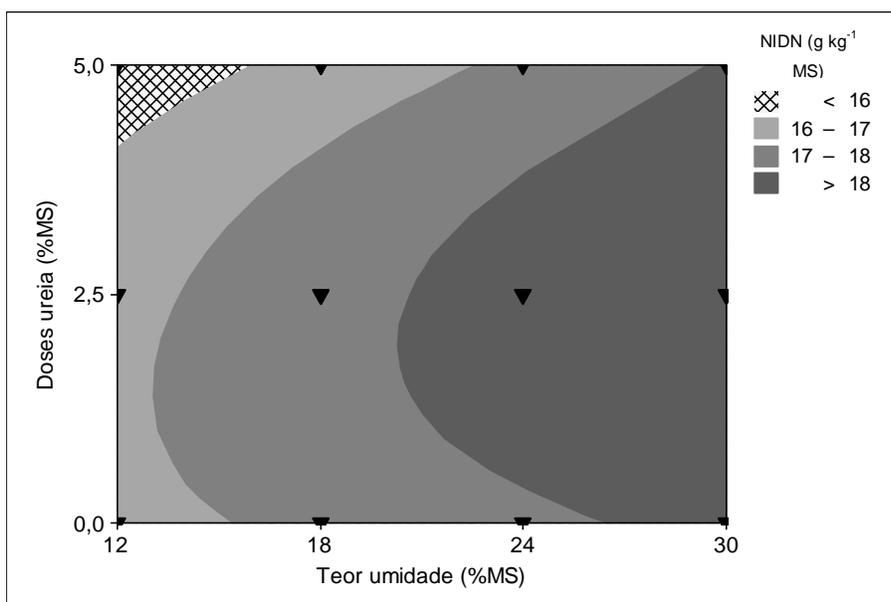


Figura 3 - Estimativa da quantidade de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.

As quantidades estimadas de NIDN aumentaram em função do aumento do teor de umidade e decresceram com o aumento da dose de ureia aplicada ao material. O menor valor estimado de NIDN foi observado para o nível de 5,0% de ureia e 12% de umidade ($15,28 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$), e o maior valor estimado foi observado para o material com 30% de umidade e tratado com dose de 2,5% de ureia. Os teores médios de NIDN são apresentados na Tabela 6.

A aplicação de ureia pode diminuir a retenção de nitrogênio na parede celular. A redução do NIDN em decorrência da amonização pode ser explicada pela solubilização parcial da hemicelulose. É importante considerar que os compostos nitrogenados presentes na forma de NIDN são pouco aproveitados pelos animais (SNIFFEN *et al.*, 1992).

Na literatura, são reportados efeitos contraditórios a respeito dos efeitos da amonização sobre esse parâmetro. Gobbi *et al.* (2005) relataram aumentos dos teores de NIDN para o feno de *Brachiaria decumbens* amonizado com ureia, ao passo que Fernandes *et al.* (2002) e Tonucci (2006) não observaram alterações significativas nessa fração em feno de *Brachiaria decumbens* e Tifton 85, respectivamente, amonizados com ureia.

Foi detectado efeito ($P < 0,05$) das doses de ureia e do teor de umidade, não se constatando efeito ($P > 0,05$) da interação dos fatores no conteúdo de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) do feno de capim Vaquero.

A Figura 4 mostra o comportamento dos valores de NIDA em função dos teores de umidade (U) e doses de ureia (UR), estimados pela seguinte equação de regressão: $\hat{Y} = 1,21915 + 0,0756065U - 0,0714625UR$. Os valores médios de NIDA encontram-se no Tabela 6.

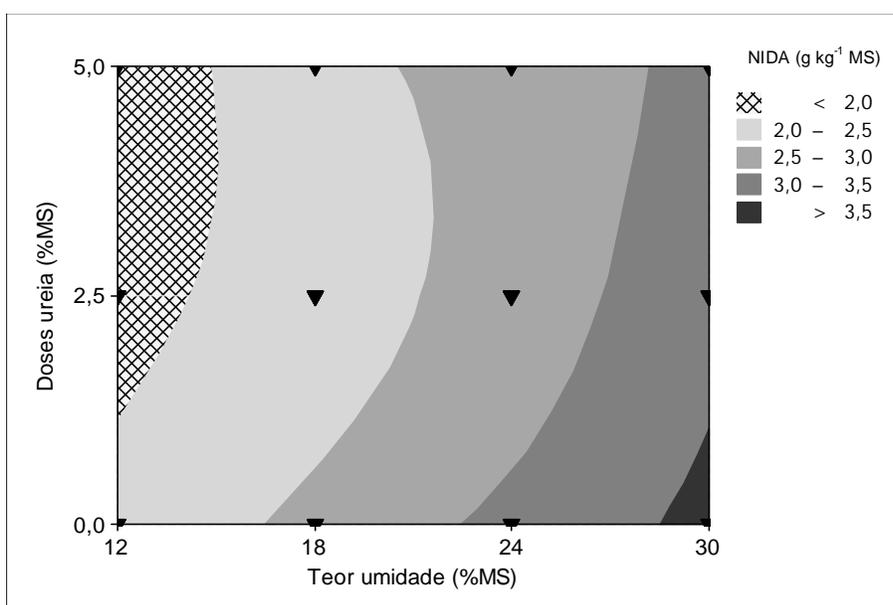


Figura 4 - Estimativa da quantidade de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.

Os valores de NIDA aumentaram em função dos teores de umidade e decresceram à medida que se aumentou a dose de ureia. O menor valor estimado de NIDA ($1,76 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$) foi observado para o material tratado com 5% de uréia e teor de 12% de umidade, e o maior valor estimado de NIDA ($3,48 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$) foi observado para o material com 30% de umidade e não amonizado.

Condições de alta umidade e temperatura acima de 55°C são favoráveis à ocorrência de reações não enzimáticas entre os carboidratos solúveis e grupos amins dos aminoácidos, resultando em compostos denominados produtos de reação de Maillard, com conseqüente diminuição acentuada na digestibilidade da proteína, em virtude do aumento nos teores de NIDA, o qual é indisponível para os micro-organismos do rúmen (VAN SOEST, 1994).

Os valores de NIDA têm sido correlacionados à disponibilidade de compostos nitrogenados para o animal. De acordo com Krishnamoorth *et al.* (1982), uma vez que o nitrogênio retido na forma de NIDA é indisponível para o animal, torna-se importante salientar que a redução desse componente eleva o valor nutritivo da forragem.

Tabela 6 – Valores médios (g kg^{-1} MS) de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) do feno de capim Vaquero, em função dos teores umidade e doses de ureia

Teor Umidade (% MS)	Níveis de ureia (% MS)			Média
	0,0	2,5	5,0	
Nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN)				
12	16,65	16,68	15,37	16,23
18	17,41	17,88	16,17	17,16
24	17,49	18,17	17,38	17,69
30	18,28	18,94	18,08	18,44
Média	17,46	17,92	16,75	
CV (%)	2,85			
Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA)				
12	2,12	1,87	1,70	1,90
18	2,60	2,55	2,46	2,54
24	3,05	2,42	2,70	2,72
30	3,62	3,34	3,09	3,35
Média	2,85	2,55	2,49	
CV (%)	13,69			

Bertipaglia *et al.* (2005) observaram maiores valores de NIDA para os fenos não tratados de *Brachiaria brizantha*, comparados aos que receberam ureia na dose de 5% da MS. Na literatura, são observados efeitos contraditórios a respeito dos efeitos da amonização sobre esse parâmetro. Roth *et al.* (2010) e Reis *et al.* (2001c) relataram aumentos dos teores de NIDA para os fenos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Brachiaria decumbens* e capim-jaraguá, respectivamente, ao passo que Gobbi *et al.* (2005) não observaram alterações significativas nessa fração para feno de *Brachiaria brizantha* quando amonizado com doses crescentes de ureia.

Foi observado efeito dos teores de umidade e doses de ureia para os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro em relação ao nitrogênio total (NIDN/NT) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido em relação ao nitrogênio total (NIDA/NT) ($P < 0,05$), não se constatando efeito ($P > 0,05$) da interação doses de ureia x teores de umidade.

O comportamento dos teores de NIDN/NT e NIDA/NT estimados pelas equações $\hat{Y} = 47,8295 + 0,54724U - 2,32832UR$ ($R^2 = 87,95\%$) e $\hat{Y} = 4,19531 + 0,251996U - 0,549343UR$ ($R^2 = 78,87\%$), respectivamente, pode ser verificado pelos dados das Figuras 5 e 6.

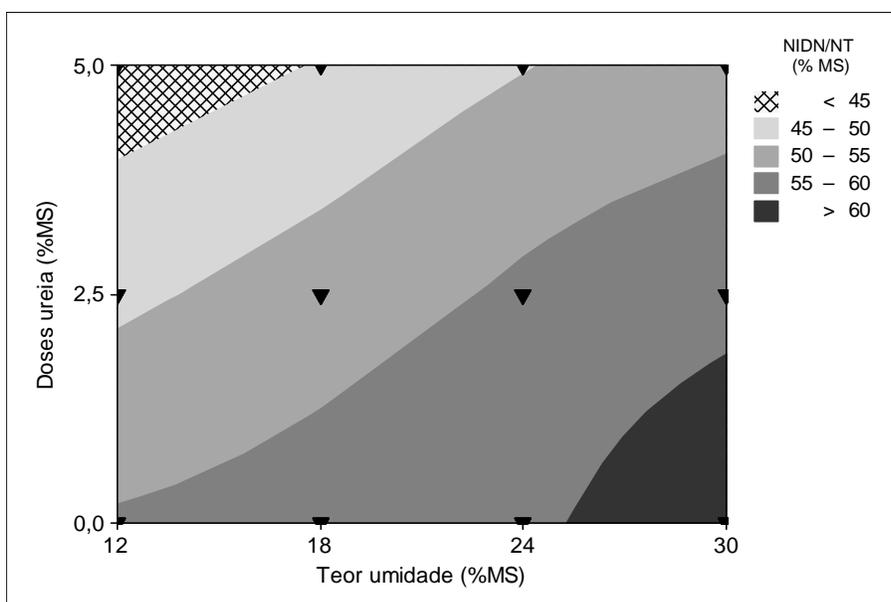


Figura 5 - Estimativa da quantidade de nitrogênio insolúvel em detergente neutro em relação ao nitrogênio total (NIDN/NT) do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.

Os valores da relação NIDN/NT e NIDA/NT apresentaram decréscimos com a elevação das doses de ureia.

A menor relação NIDN/NT foi observada para o tratamento com 12% de umidade e dose de 5% de ureia, e a maior relação NIDN/NT foi constatada para o tratamento com 30% de umidade e não amonizado, 42,76 e 64,26%, respectivamente. Foram estimadas reduções na relação NIDN/NT de 21,40; 20,18; 19,09 e 18,11%, quando os materiais foram amonizados com 5% em relação aos materiais não amonizados, para os teores de umidade de 12, 18, 24 e 30%, respectivamente.

Para a relação NIDA/NT, foi observado o menor valor estimativo, 4,47%, para o menor teor de umidade, assim como para a maior dose de ureia.

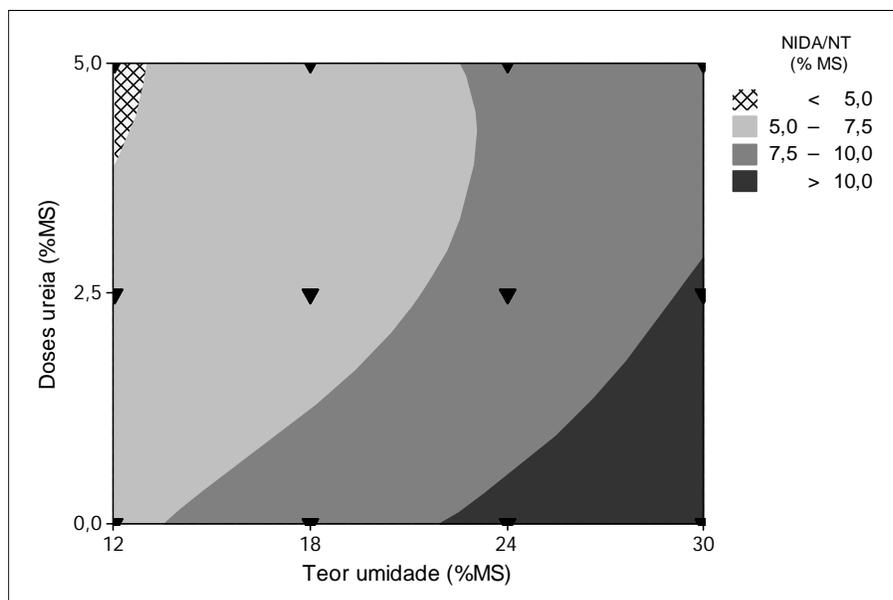


Figura 6 - Estimativa da quantidade de nitrogênio insolúvel em detergente ácido em relação ao nitrogênio total (NIDA/NT) do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.

A redução nas relações NIDN/NT e NIDA/NT com o aumento das doses de ureia pode ser atribuída ao fato de a aplicação de ureia aumentar o conteúdo de nitrogênio não proteico (NNP), causando aumento no teor de NT e de nitrogênio disponível, diminuindo essa razão (REIS *et al.*, 2001c).

Forragens com teores de NIDA superiores a 20% do nitrogênio total têm sua utilização comprometida em razão de reduções na disponibilidade de nitrogênio e na digestibilidade da matéria seca (VAN SOEST; MANSON, 1991). No presente estudo, a maior relação estimada de NIDA/NT foi encontrada para o material não amonizado e com 30% de umidade (12,59%).

Reis *et al.* (2001c), utilizando feno de *Brachiaria decumbens* e Jaraguá sem tratamento e tratados com amônia anidra, ureia e ureia mais labe-labe, relataram que a amonização acarretou diminuição acentuada ($P < 0,05$) nas relações NIDN/NT e NIDA/NT, observando-se menores valores para os fenos tratados com uréia e labe-labe ou com amônia anidra.

Souza *et al.* (2001), avaliando os efeitos da amonização sobre a composição químico-bromatológica da casca de café com 16% e 30% de umidade, tratada com

amônia anidra (0; 2,2; 3,2 e 4,2% na matéria seca), detectou efeito das doses de amônia para o NIDN/NT e NIDA/NT, não se constatando efeito do teor de umidade e da interação níveis de amônia e teor de umidade em ambas as variáveis.

Diferentemente dos resultados obtidos no presente trabalho, Lines e Weiss (1996), ao tratarem feno de alfafa (16% de umidade) com 2% de amônia anidra, por um período de três semanas, verificaram que o valor de NIDN/NT aumentou de 15,0 para 30,8% em relação ao feno não amonizado, e o teor de NIDA/NT permaneceu constante.

Tabela 7 – Valores médios de nitrogênio insolúvel em detergente neutro em relação ao nitrogênio total (NIDN/NT) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido em relação ao nitrogênio total (NIDA/NT) do feno de capim Vaquero, em função dos teores de umidade e doses de ureia

Teor Umidade (% MS)	Níveis de ureia (% MS)			Média
	0,0	2,5	5,0	
	Nitrogênio insolúvel em detergente neutro em relação ao nitrogênio total (NIDN/NT)			
12	55,52	48,97	42,08	48,86
18	57,07	52,34	45,22	51,54
24	59,25	55,79	49,70	54,92
30	64,67	58,41	52,94	58,58
Média	59,13	53,88	47,49	
CV (%)	4,51			
	Nitrogênio insolúvel em detergente ácido em relação ao nitrogênio total (NIDA/NT)			
12	7,06	5,57	4,66	5,77
18	8,48	7,45	6,88	7,61
24	10,67	7,39	7,71	8,60
30	12,59	10,30	8,55	10,48
Média	9,70	7,68	6,96	
CV (%)	12,25			

Foi observado efeito ($P < 0,05$) dos teores de umidade e doses de ureia para a fração A ou nitrogênio não proteico (NNP), em relação ao nitrogênio total (NT), não se constatando efeito ($P > 0,05$) da interação entre as variáveis. Os valores médios das frações nitrogenadas podem ser observados na Tabela 8.

Os valores da fração A em relação ao nitrogênio total em função dos teores de umidade (U) e doses de ureia (UR) estimados pela equação de regressão $\hat{Y} = 40,1233 - 0,658993U + 1,84637UR$ ($R^2 = 78,03\%$) são demonstrados graficamente na Figura 7.

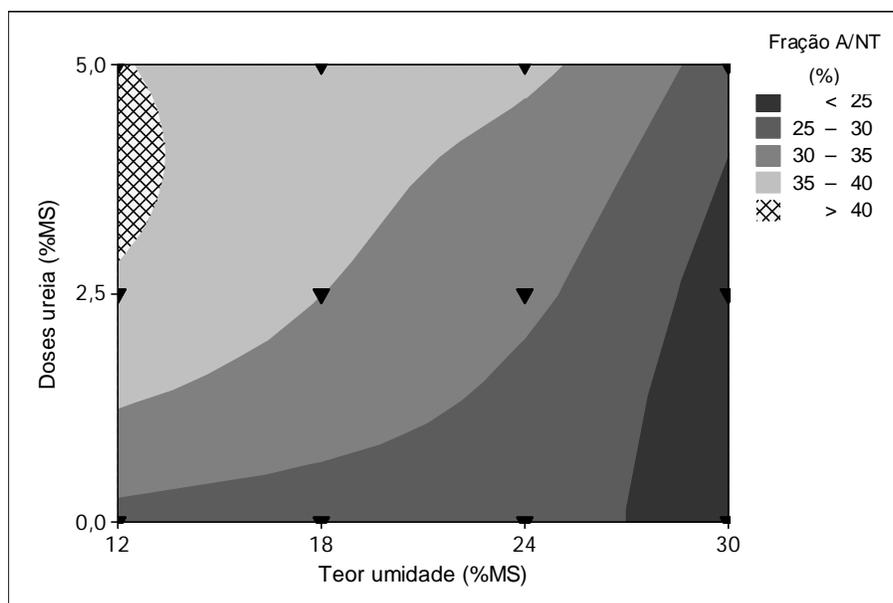


Figura 7 - Estimativa da quantidade da fração A em relação ao NT do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.

A fração A em relação ao nitrogênio total apresentou maiores teores para os tratamentos que passaram pela adição de ureia quando comparado ao feno não amonizado; no entanto, os valores estimados foram menores à medida que aumentaram os teores de umidade.

O valor estimado mínimo e máximo da fração A (NNP) foi de 20,35 e 41,44% em relação ao NT, respectivamente, para o tratamento não amonizado e com 30% de umidade e o tratamento com 12% de umidade e 5% de ureia.

A proporção de nitrogênio não proteico (NNP), representada pela fração A, nos tratamentos com 12% de umidade, apresentou valores estimados de 32,21 e 41,44%, quando amonizados com 0 e 5%, respectivamente, enquanto o feno com 30% de umidade apresentou valores estimados de 20,35 e 29,58%, quando amonizados com as mesmas doses de ureia.

Segundo Berger *et al.* (1994), a principal forma de retenção do nitrogênio, via ureia, no processo de amonização, é a de nitrogênio não proteico, ou seja, a fração de N solúvel da forragem.

Bertipaglia *et al.* (2005), estudando o efeito da amonização com ureia (5,0% matéria seca) do feno de *Brachiaria brizantha*, com dois teores de umidade (15 e 30%) e três fontes de urease, observaram que os fenos tratados com ureia e 15% de umidade apresentaram maiores valores da fração A do que os tratamentos com 30% de umidade. Segundo Russell *et al.* (1992), fontes de NNP são fundamentais para o

bom funcionamento ruminal, pois os microrganismos ruminais, fermentadores de carboidratos estruturais, utilizam amônia como fonte de N. Todavia, altas proporções de NNP podem resultar em perdas nitrogenadas, se houver a falta do esqueleto de carbono prontamente disponível para a síntese de proteína microbiana.

Houve efeito ($P < 0,05$) dos teores de umidade e das doses de ureia para a proporção de proteína solúvel rapidamente degradável no rúmen (B1), mas não foi observado efeito ($P > 0,05$) da interação entre os teores de umidade e doses de ureia.

O comportamento dos valores da fração B1 em função dos teores de umidade (U) e doses de ureia (Figura 8) foi estimado pela seguinte equação de regressão:
 $\hat{Y} = 1,01307 + 0,0135878U - 0,0463842UR$ ($R^2 = 74,13\%$).

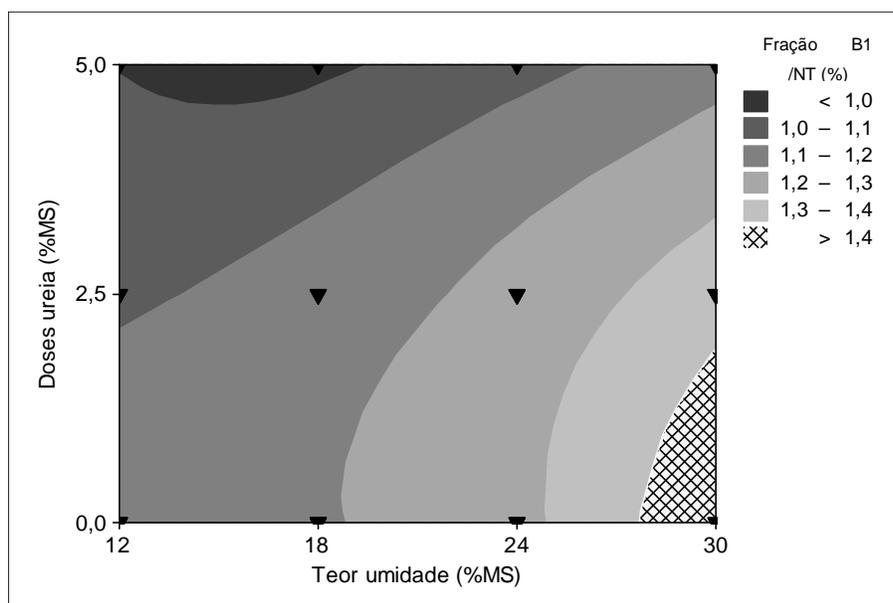


Figura 8 - Estimativa da quantidade da fração B1 em relação ao NT do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.

Foi observado efeito decrescente dos níveis de ureia na proporção da fração B1, com redução de 0,046 unidade percentual a cada 1% de aumento na dose de ureia e efeito positivo para os teores de umidade. O menor valor estimado de fração B1 (0,94%) foi observado no tratamento com teor de umidade de 12% e dose de ureia de 5%, enquanto o valor máximo estimado foi de 1,42% para o tratamento não amonizado e com 30% de umidade.

Roth *et al.* (2010) observaram redução dos teores de fração B1 nos fenos tratados com 3 e 5% de ureia e teores de umidade de 25 e 30%, quando

comparados ao feno não tratado, e entre os fenos tratados não foi constatada diferença.

Houve efeito ($P < 0,05$) dos conteúdos de umidade e das doses de ureia avaliadas para a proporção de proteína insolúvel, com taxa de degradação intermediária (B2).

A Figura 9 mostra o comportamento dos valores estimados da fração B2 em função dos teores de umidade (U) e doses de ureia (UR), estimados pela seguinte equação de regressão: $\hat{Y} = 4,82308 + 0,286314U + 1,2616UR$ ($R^2 = 67,36\%$).

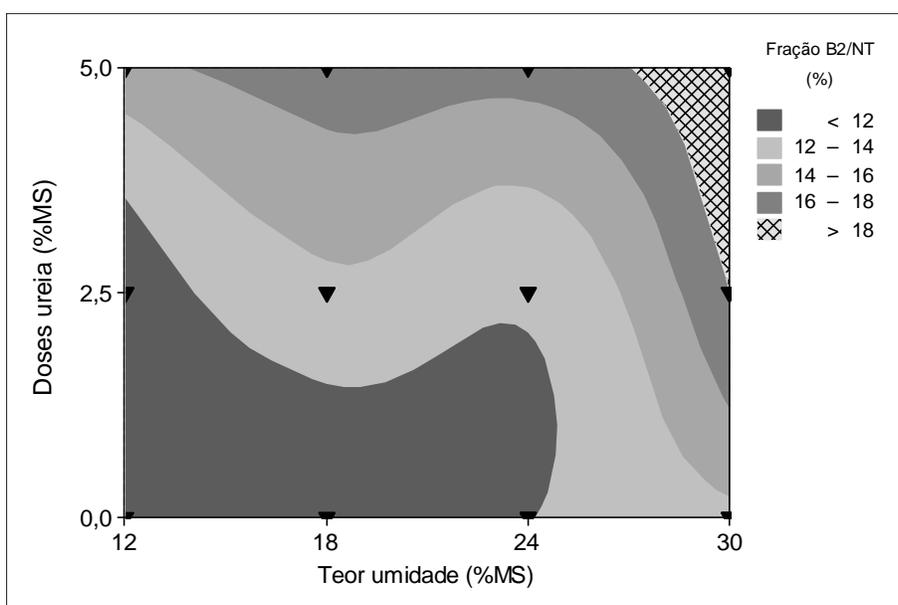


Figura 9 - Estimativa da quantidade da fração B2 em relação ao NT do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.

Foram observados menores valores estimados de B2 para os tratamentos com 12, 18 e 24% para os tratamentos não amonizados e amonizados com 2,5% de ureia; no entanto, o teor de fração B2 aumentou para as doses crescentes de ureia.

Ressalta-se que, nos tratamentos em que o efeito da ureia foi mais expressivo em elevar a fração A, ocorreu diminuição das frações B1 e B2 em relação ao NT. Contudo, a fração B2 apresentou maior participação, quando relacionada ao NT, comparada à fração B1 (Tabela 1). As frações B1 + B2, por sua maior taxa de degradação ruminal em comparação à fração B3, tendem a ser extensivamente degradadas no rúmen, contribuindo para o atendimento aos requisitos de nitrogênio dos microrganismos. Os teores de proteína associada à parede celular e de lenta

degradação, representada pela fração B3, foram influenciados ($P < 0,05$) pelos teores de umidade e doses de ureia, e não foi observado efeito da interação entre as variáveis.

Os valores da fração B3, em função dos teores de umidade (U) e doses de ureia (UR) foram estimados pela equação de regressão $\hat{Y} = 44,2679 + 0,268139U - 1,8363UR$ ($R^2 = 79,02\%$), graficamente representada na Figura 10.

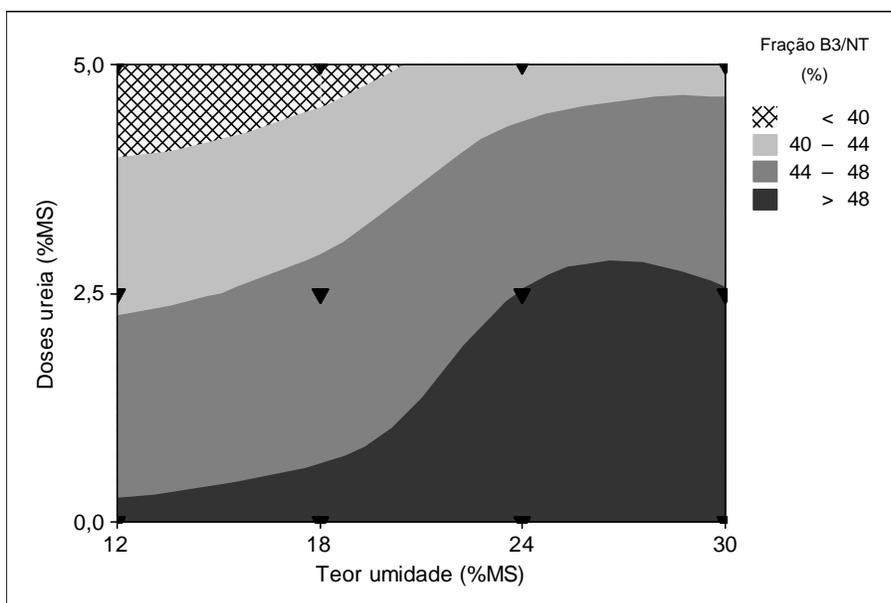


Figura 10 - Estimativa da quantidade de fração B3 em relação ao NT do feno de capim Vaquero para teores de umidade e ureia.

A análise dos dados relacionados à fração B3 evidencia maiores valores estimados ($P < 0,05$) para os fenos não tratados, em comparação aos tratados com ureia. O valor máximo estimado da fração B3 (52,31%) foi observado para o tratamento não amonizado e com teor de umidade de 30%, enquanto que para o tratamento com 12% de umidade e 5% de ureia o valor estimado foi de 38,30%. A maior redução da fração B3 (19,34%) ocorreu nos tratamentos com teor de umidade de 12%, observando-se valores estimados de 47,49% e 30,30% para as doses de 0 e 5% de ureia, respectivamente. Normalmente, a fração B3 é reduzida pela aplicação de ureia ou amônia, pois essas soluções propiciam hidrólise da fração da parede celular onde a fração B3 está fixada (ROTH *et al.*, 2010).

Bertipaglia *et al.* (2005), em trabalho conduzido com feno de *Brachiaria brizantha*, não tratados e tratado com ureia (5% na MS) e fontes de urease em dois teores de umidade (15 e 30%), observaram que fração B3 foi maior para os fenos

não tratados, em comparação aos tratados com ureia.

Os teores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), correspondentes à fração C, foram influenciados pelo teor de umidade e pela dose de ureia ($P < 0,05$), não se constatando interação entre as variáveis ($P > 0,05$).

Os valores da fração C (Figura 11) em função dos teores de umidade (U) e doses de ureia (UR) foram estimados pela equação de regressão $\hat{Y} = 4,30433 + 0,249911U - 0,549395UR$ ($R^2 = 80,91\%$).

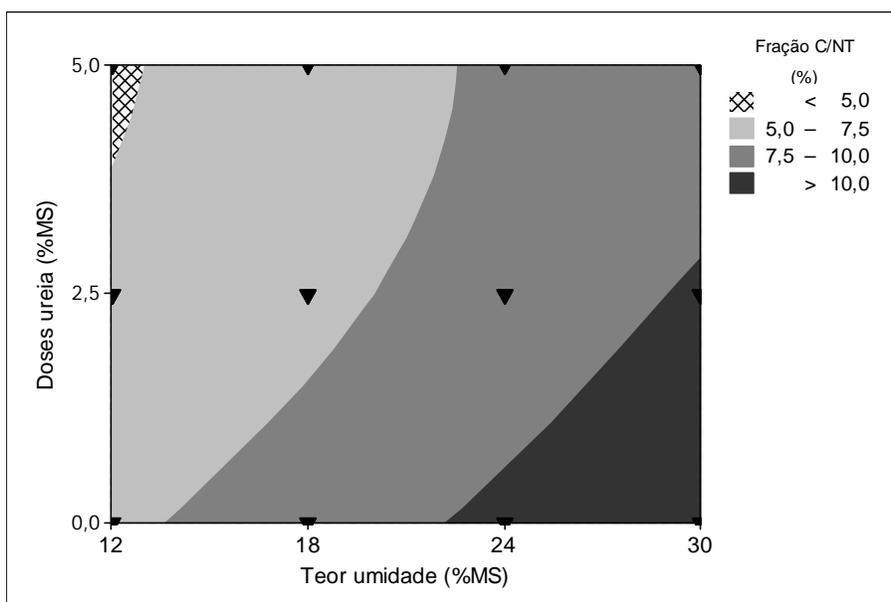


Figura 11 - Estimativa da quantidade de fração C em relação ao NT do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.

As menores proporções de fração C foram observadas para os fenos amonizados com menor teor de umidade e maiores doses de ureia, observando-se valores estimados de 7,30; 5,92 e 4,55% para o tratamento com teor de umidade de 12% e doses de 0, 2,5 e 5% de ureia, enquanto para o tratamento com 30% de umidade foram observados valores estimados de 11,80; 10,42 e 9,05% para 0, 2,5 e 5% de ureia.

Ocorreu maior redução da fração C para o tratamento com menor teor de umidade (37,61%) quando comparado com o tratamento com maior teor de umidade, que apresentou redução de 23,70%, quando amonizados com 0 e 5% de ureia.

Tabela 8 - Valores médios de fração solúvel, ou NNP (A); fração rapidamente degradada no rúmen (B1); fração insolúvel, com taxa de degradação intermediária no rúmen (B2), fração insolúvel lentamente degradada no rúmen (B3) e fração insolúvel no rúmen e indigestível no trato gastrintestinal (C); expressos em porcentagem do nitrogênio total do feno de capim Vaquero, em função dos teores de umidade e doses de ureia

Teor Umidade (% MS)	Níveis de ureia (% MS)			Média
	0,0	2,5	5,0	
Fração A (% NT)				
12	28,28	39,24	40,36	35,96
18	27,36	35,01	36,67	33,01
24	27,10	30,82	35,79	31,23
30	20,50	22,28	27,34	23,37
Média	25,81	31,84	35,04	
CV (%)	8,13			
Fração B1 (% NT)				
12	1,19	1,13	0,99	1,11
18	1,19	1,14	0,98	1,10
24	1,24	1,23	1,01	1,16
30	1,58	1,36	1,08	1,34
Média	1,30	1,21	1,01	
CV (%)	7,88			
Fração B2 (% NT)				
12	10,9	10,6	15,04	12,18
18	9,7	13,5	16,9	13,37
24	11,9	12,4	16,9	13,73
30	13,5	17,9	19,9	17,10
Média	11,50	13,60	17,19	
CV (%)	24,62			
Fração B3 (% NT)				
12	48,46	43,44	37,41	43,10
18	48,74	44,88	38,62	44,08
24	48,9	48,05	41,98	46,31
30	51,85	48,11	43,2	47,72
Média	49,49	46,12	40,3	
CV (%)	4,85			
Fração C (% NT)				
12	7,06	5,57	4,66	5,76
18	8,48	7,45	7,46	7,80
24	10,67	7,51	7,71	8,63
30	12,59	10,3	8,55	10,48
Média	9,70	7,71	6,95	
CV (%)	12,38			

A fração C corresponde ao nitrogênio indisponível e é constituída de proteínas e compostos nitrogenados associados à lignina, aos complexos tânico-proteicos e aos produtos de Maillard, que são altamente resistentes ao ataque das enzimas de origem microbiana e do hospedeiro (SNIFFEN *et al.*, 1992; VAN SOEST, 1994) e, dessa forma, sua diminuição na forragem é de suma importância para melhoria da qualidade nutricional dos volumosos de baixo valor nutritivo

Na literatura, são reportados efeitos contraditórios a respeito dos efeitos da amonização sobre a fração C. Bertipaglia *et al.* (2005) relataram redução do teor da fração C para o feno de *Brachiaria brizantha*, quando tratado com ureia em relação ao feno não tratado, ao passo que Fernandes *et al.* (2002) e Reis *et al.* (2003) não observaram alterações significativas nessa fração.

Os teores médios estimados de nitrogênio total (Tabela 5), para os tratamentos com 12, 18 24 e 30% de umidade e com doses de 0, 2,5 e 5% de ureia, correspondem a 18,50; 20,85 e 22,11% de proteína bruta (PB), respectivamente. Esses valores são superiores ao intervalo crítico de 6-8% da matéria seca, recomendado para que não ocorra diminuição na eficiência do crescimento microbiano e na capacidade de degradação da fibra (VAN SOEST, 1994), porém mais de cinquenta pontos percentuais da proteína presente no capim Vaquero apresentaram-se como frações B3 e C. Para o tratamento não amonizado, o valor médio estimado de B3 + C na PB foi de 59,45%, ocorrendo redução para 53,48% e 47,20%, quando a dose de ureia foi aumentada para 2,5 e 5%, respectivamente.

3.3.4 Constituintes da parede celular

Os teores médios de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) são apresentados na Tabela 7. Ao submeter esses dados à técnica de regressão linear múltipla, não foi observada interação entre teor de umidade e doses de ureia ($P > 0,05$), porém foi observado efeito ($P < 0,05$) das dose de ureia (UR) e teores de umidade (U), em ambas as variáveis.

O comportamento dos valores da FDN estimados pela equação de regressão: $\hat{Y} = 728,428 + 1,89701U - 6,47748UR$ ($R^2 = 77,20\%$) pode ser observado na Figura 12.

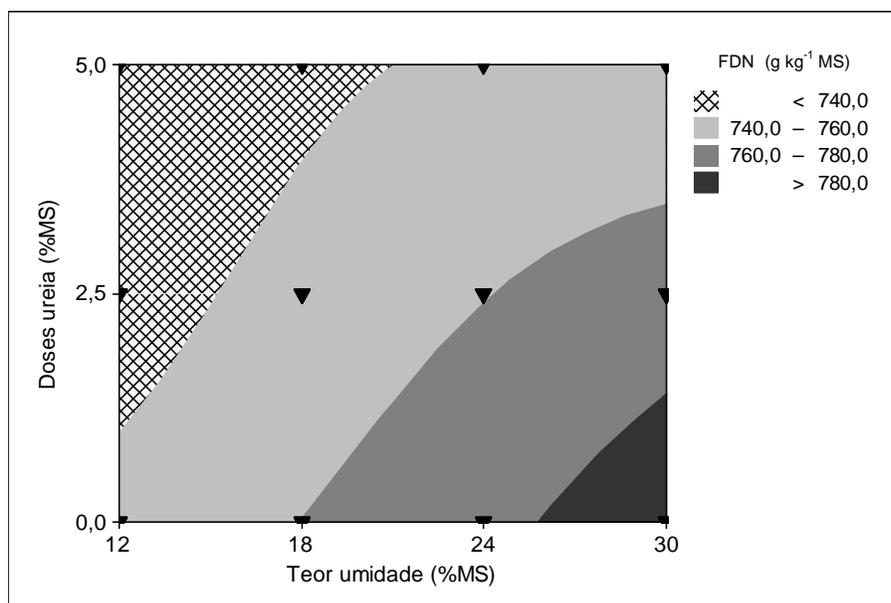


Figura 12 - Estimativa da quantidade de fibra em detergente neutro (FDN) do feno de capim Vaquero para teores de umidade idosos de ureia.

Ao avaliar as doses de ureia dentro de cada teor de umidade, constatou-se que, para os teores de umidade de 12, 18, 24 e 30%, os menores teores estimados de FDN foram, respectivamente, 780,80; 730,19; 741,57 e 752,95 g kg⁻¹ de MS, para a dose de 5% de ureia.

A amonização, geralmente, promove alterações físico-químicas nos teores dos constituintes da parede celular (GARCIA; PIRES, 1998). Uma das principais alterações na composição química da fração fibrosa de volumosos tratados com ureia pode ser atribuída à diminuição nos conteúdos de hemicelulose e lignina em decorrência da hidrólise alcalinada ligações do tipo éster, existentes entre a lignina e os carboidratos estruturais, resultando em diminuição no conteúdo de FDN (REIS *et al.*, 2001b).

Resultados semelhantes a este estudo foram obtidos por Bertipaglia *et al.* (2005), que, estudando o efeito da amonização com ureia (5,0% matéria seca) do feno de *Brachiaria brizantha*, com dois teores de umidade (15 e 30%) e três fontes de urease, observaram que o menor valor de FDN ocorreu para o tratamento com 15% de umidade, tratado com 5% de ureia, sem fonte de uréase.

Nos trabalhos conduzidos por Reis *et al.* (2001a), em capim braquiária e jaraguá, Gobbi *et al.* (2005) e Fernandes *et al.* (2002), em feno de capim braquiária e Zanini *et al.* (2007), em feno de capim-Tanzânia, também se observou redução nos

teores de FDN ao se tratar os volumosos com ureia.

Rosa *et al.* (2000), trabalhando com feno de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, com teores de umidade de 20, 30 e 40% e 2, 4 e 6% de ureia na base da matéria seca, não observaram diferenças significativas entre os teores médios de FDN.

A quantidade de fibra em detergente ácido (FDA) foi influenciada ($P < 0,05$) de forma negativa pela dose de ureia aplicada e de forma positiva pelos teores de umidade e não foi observado efeito da interação ($P > 0,05$) dos teores de umidade e doses de ureia. O comportamento da variação nos teores de FDA estimados pela equação de regressão $\hat{Y} = 315,139 + 0,729133U - 2,04834UR$ ($R^2 = 71,23\%$) pode ser observado na Figura 13.

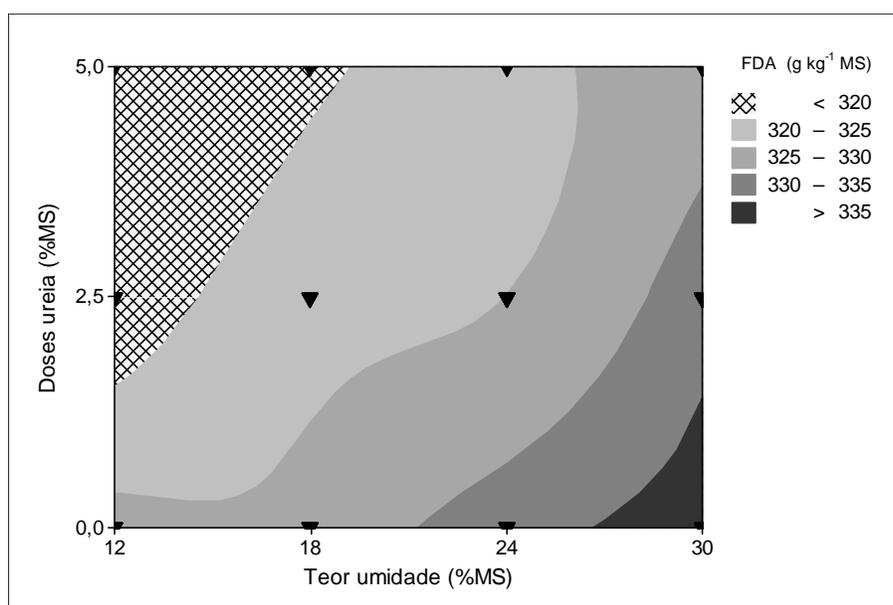


Figura 13 - Estimativa da quantidade de fibra em detergente ácido (FDA) do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.

Ao se avaliar as doses de ureia em cada teor de umidade, constatou-se que, nos teores de umidade de 12, 18, 24 e 30%, os menores teores estimados de FDA foram de 313,82; 318,20; 322,57 e 326,95, respectivamente, para a utilização da dose de 5% de ureia.

No tratamento com teor de umidade de 12% e aplicação de 5% de ureia ocorreu a maior redução estimada de FDA, alcançando 3,16%. Segundo Klopfenstein *et al.* (1978), a redução no conteúdo de FDA nos materiais amonizados está associada com a solubilização de lignina e celulose, presumidamente como um

resultado da redução da cristalinidade da celulose e também devido a sua expansão e saponificação das ligações éster entre lignina e hemicelulose.

Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Tonucci (2006), que observou decréscimo nos teores da FDA de 47,6 para 44,1% com o aumento da dose de ureia aplicada de 2 para 10% em feno de Tifton 85 com teores de umidade de 20 e 40%.

Rosa *et al.* (2000) relataram interação ($P < 0,05$) entre doses de ureia e de água adicionadas em relação aos teores médios de FDA, em feno de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, sendo que as doses de 4 e 6% com 40% de água permitiram maior redução dos teores médios de FDA. Reis *et al.* (2001a) e Gobbi *et al.* (2005) também observaram redução de FDA em fenos de *Brachiaria brizantha* amonizados com ureia.

No entanto, Roth *et al.* (2010) e Fernandes *et al.* (2002) não observaram efeito da amonização sobre a FDA de forragens tratadas com ureia.

Tabela 9 - Valores médios (g kg^{-1} MS) de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) do feno de capim Vaquero, em função dos teores de umidade e doses de ureia

Teor Umidade (% MS)	Níveis de ureia (% MS)			Média
	0,0	2,5	5,0	
Fibra em detergente neutro (FDN)				
12	746,53	731,55	722,66	733,58
18	758,78	746,18	740,33	748,43
24	777,01	758,72	737,99	757,91
30	791,78	769,74	743,57	769,36
Média	768,52	751,55	736,14	
CV (%)	1,31			
Fibra em detergente ácido (FDA)				
12	326,97	316,86	313,44	319,09
18	326,42	323,07	318,94	322,81
24	332,85	325,05	323,73	327,21
30	337,33	332,79	326,5	332,21
Média	330,89	324,44	320,65	
CV (%)	1,35			

Não houve interação ($P > 0,05$) entre doses de ureia e dos teores de umidade quanto aos teores médios de hemicelulose (HEM), porém ocorreu efeito ($P < 0,05$) das doses de ureia e teor de umidade sobre as quantidades de hemicelulose.

A equação obtida pela análise de regressão linear múltipla do parâmetro HEM

para os teores de umidade (U) e doses de ureia (UR) foi $\hat{Y}=406,105 + 1,22656U - 3,99176UR$ ($R^2= 76,03\%$).

Os teores de hemicelulose reduziram para os níveis crescentes de ureia e aumentaram em função dos teores de umidade, sendo que as reduções foram mais pronunciadas para os materiais com menor teor de umidade (Figura 14).

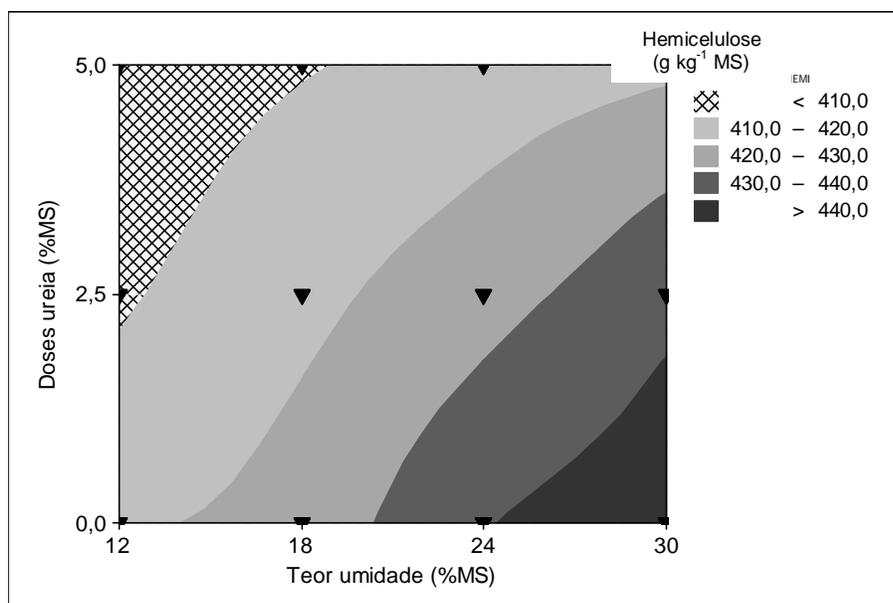


Figura 14 - Estimativa da quantidade de hemicelulose (HEM) do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.

A maior quantidade estimada de hemicelulose foi obtida para o material não amonizado e com 30% de umidade ($442,90 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$). A menor quantidade de hemicelulose foi observada para o feno amonizado com 5% de ureia e teor de umidade de 12% ($400,86 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$). Os valores médios para HEM são apresentados na Tabela 8.

Uma das principais alterações na composição química da fração fibrosa de volumosos tratados com fontes de amônia é a solubilização da hemicelulose (REIS *et al.*, 2001a). A solubilização ocorre porque as ligações intermoleculares do tipo éster entre o ácido urônico da hemicelulose e da celulose são rompidos (VAN SOEST, 1994).

Os resultados de alguns estudos mostram decréscimo nos teores de hemicelulose, quando se aumentam as doses da fonte amônia (ROSA; FADEL, 2001). Em trabalhos de pesquisa conduzidos com fenos de capins tropicais tratados

com ureia (BROWN; ADJEI, 1995; REIS *et al.*, 2001a), foram relatadas diminuições nos teores de hemicelulose em resposta à amonização, assim como em fenos de *Brachiaria brizantha* (BERTIPAGLIA *et al.*, 2005) e fenos de capim-Tanzânia (FERNANDES *et al.*, 2002).

Constatou-se que os teores de celulose decresceram ($P < 0,05$) com o aumento das doses de ureia aplicada e que esses decréscimos foram mais acentuados nos tratamentos com menor teor de umidade (12%).

O comportamento dos valores de celulose estimado pela equação $\hat{Y} = 251,294 + 0,389283U - 2,70992UR$ ($R^2 = 73,22\%$) pode ser observado na Figura 15.

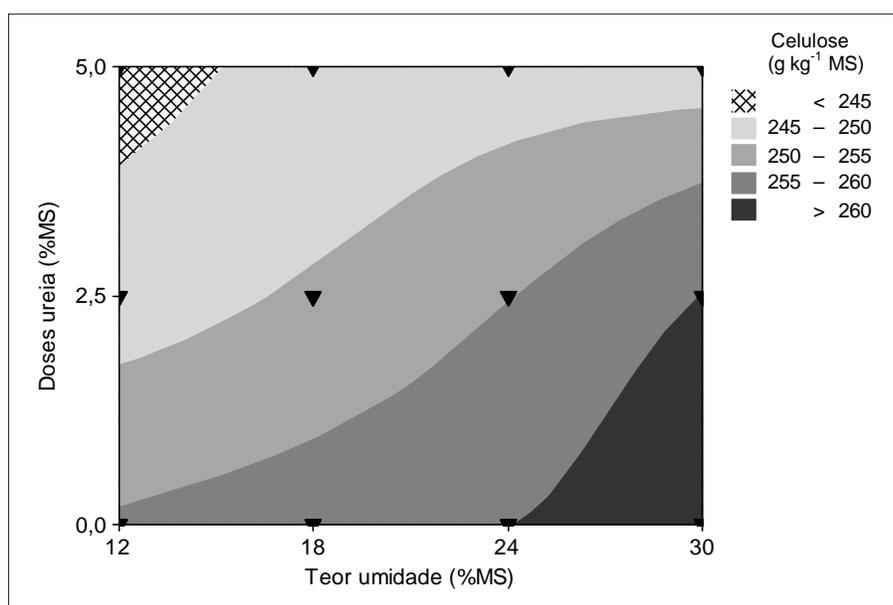


Figura 15 - Estimativa da quantidade de celulose (CEL) do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.

Ao se avaliar as doses de ureia em cada teor de umidade, constatou-se que, nos teores de umidade de 12, 18, 24 e 30%, os menores teores estimados de celulose foram 242,41; 244,75; 247,08 e 249,42 g kg⁻¹ MS, respectivamente, quando se aplicou a dose de 5% de ureia.

Para o tratamento com teor de umidade de 12%, a dose de ureia de 5% promoveu uma redução estimada de 5,29 pontos percentuais em relação ao tratamento com 0% de ureia, enquanto para o tratamento com 30% de umidade a dose de ureia de 5% promoveu redução de 5,15 pontos percentuais.

Esse comportamento pode ser justificado pelo fato de que, quando materiais fibrosos são tratados com produtos alcalinos, como a ureia, as ligações intermoleculares, mais especificamente as pontes de hidrogênio, entre as moléculas de celulose se rompem, solubilizando parte desse componente da parede celular (VAN SOEST, 1994). A celulose se expande quando tratada com agentes alcalinos e isso reduz as ligações intermoleculares das pontes de hidrogênio, as quais ligam as moléculas de celulose (ROSA; FADEL, 2001). Os efeitos da amonização sobre os teores de celulose em fenos amonizados têm sido variáveis, com aumentos, reduções ou sem alteração dos teores dessas frações (GARCIA; PIRES, 1998).

Tonucci (2006), em trabalho com Tifton 85 amonizado com ureia em diferentes teores de umidade (20 e 40%), observou que os teores de celulose decresceram com o aumento das doses de ureia aplicada, e que esses decréscimos foram mais acentuados nos tratamentos com menos teor de umidade (20%), quando comparado com o tratamento com alta umidade (40%).

Outros autores também observaram redução no teor de celulose em fenos tratados com ureia (ALFAYA *et al.*, 2002; GOBBI, 2005; FERNANDES *et al.*, 2009).

Rosa *et al.* (1998) não observaram efeito da amonização com ureia (3,6 e 5,4% com base na MS) no teor de celulose do feno de *Brachiaria decumbens*, o mesmo ocorrendo com feno de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* no trabalho de Reis *et al.* (2001 a).

Não foi observado efeito ($P > 0,05$) das doses de ureia, teor de umidade e da interação das variáveis para a quantidade de lignina (LIG), registrando-se valor médio de 48,04 g kg⁻¹ MS (Tabela 8).

Normalmente, não se observa efeito significativo da amonização com NH₃ sobre os teores de LIG de volumosos de baixo valor nutritivo. Segundo Males (1987), resultados dessa natureza são passíveis de ocorrer com os teores de LIG em forragem amonizada com ureia, uma vez que a deslignificação acontece primeiramente a partir de pH acima de 8 e valores de pH dessa ordem são obtidos principalmente quando da utilização de álcalis fortes (hidróxido de sódio, hidróxido de potássio), que promovem uma deslignificação mais eficiente. No caso da amonização com ureia, que é uma base mais fraca que os álcalis, ocorre menor deslignificação (VAN SOEST, 1994).

No entanto, as respostas do teor de lignina de volumosos em relação à amonização são bastante variáveis e contraditórias. Fischer *et al.* (1985) observaram

aumento nessa fração devido à amonização do feno de capim-bermuda, enquanto Fernandes *et al.* (2002) observaram decréscimo no percentual de lignina para feno de *Brachiária decumbens* amonizado com 5% de ureia.

Tabela 10 - Valores médios (g kg⁻¹ MS) de hemicelulose (HEM), celulose (CEL) e lignina (LIG) do feno de capim Vaquero, em função das variáveis umidade (U) e doses de ureia (UR)

Teor Umidade (% MS)	Níveis de ureia (% MS)			Média
	0,0	2,5	5,0	
Hemicelulose (HEM)				
12	419,54	408,81	405,56	411,30
18	424,31	417,29	409,29	416,96
24	439,32	426,35	414,32	426,66
30	443,35	436,94	417,5 a	432,60
Média	431,63	422,34	411,67	
CV (%)	1,58			
Celulose (CEL)				
12	255,72	247,96	243,36	249,01
18	260,61	248,57	246,36	251,85
24	258,29	257,08	245,81	253,73
30	261,78	260,07	246,66	256,17
Média	259,1	253,42	245,55	
CV (%)	1,34			
Lignina (LIG)				
12	44,89	44,88	44,85	44,74
18	47,07	47,34	42,57	45,66
24	54,65	40,77	49,97	48,47
30	55,39	49,41	55,13	53,31
Média	50,4	45,6	48,13	
CV (%)	17,52			

Este estudo está de acordo com os resultados observados por Gobbi *et al.* (2005) e Reis *et al.* (2001a), que também não detectaram efeito da amonização sobre o teor de lignina, sobre feno de *Brachiária decumbens*, *Brachiária brizantha* e jaraguá, respectivamente.

Resultados dessa natureza são passíveis de ocorrer com os teores de LIG em forragem amonizada com ureia, uma vez que a deslignificação acontece primeiramente a partir de pH acima de 8 e valores de pH dessa ordem são obtidos principalmente quando da utilização de álcalis fortes (hidróxido de sódio, hidróxido de potássio), que promovem uma deslignificação mais eficiente (MALES, 1987). No caso da amonização com ureia, que é uma base mais fraca que os álcalis, ocorre

menor deslignificação (VAN SOEST, 1994).

3.3.5 Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO)

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi influenciada pelas doses de ureia (UR) ($P < 0,05$) e pelos teores de umidade (U) ($P < 0,05$), não ocorrendo interação entre as variáveis, enquanto que a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) não foi influenciada ($P > 0,05$) por nenhuma das variáveis (Figura 16).

O valor máximo estimado de DIVMS foi de 899,09 g kg⁻¹ MS para o nível de 5% de ureia no tratamento com 30% de umidade, conforme a equação de regressão: $\hat{Y} = 727,363 + 3,1831U + 29,1999UR - 2,79033 UR^2$ ($R^2 = 86,98\%$).

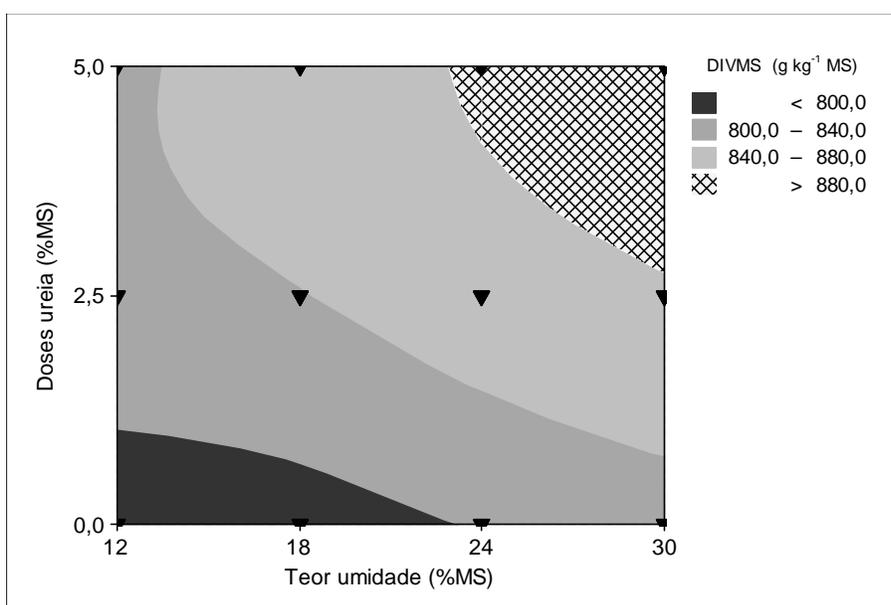


Figura 16 - Estimativa da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) do feno de capim Vaquero para teores de umidade e doses de ureia.

Os menores valores estimados de DIVMS (765,56; 784,66; 803,76 e 822,86 g kg⁻¹ MS) foram observados para os tratamentos não amonizados e teores de umidade de 12, 18, 24 e 30%, respectivamente.

Os maiores valores estimados de DIVMS foram observados para os tratamentos com teor de umidade de 30%; no entanto, o maior acréscimo de DIVMS,

9,95 pontos percentuais, foi observado para os tratamentos com 12% de umidade, quando a dose de ureia foi elevada de 0 para 5%. Os valores médios para a DIVMS podem ser observados na Tabela 11.

No presente estudo, a amonização do feno promoveu uma solubilização parcial dos constituintes da parede celular (FDN, FDA, HEM e CEL), o que, provavelmente, resultou em incremento no conteúdo de carboidratos prontamente digestíveis para os micro-organismos do rúmen (VAN SOEST, 1994a). A amonização do feno também promoveu um aumento no conteúdo de nitrogênio total (NT) e promoveu redução do nitrogênio solúvel em detergente ácido (NIDA), o que propicia melhor condição para a ação dos microrganismos ruminais, aumentando a digestibilidade da forragem.

A amonização pode promover a solubilização da lignina, contudo, neste estudo não foi observada solubilização significativa dessa fração, que seria considerada como digerida pela técnica da digestão “*in vitro*”, de Tilley e Terry (1963), promovendo uma superestimativa dos valores de digestibilidade (VAN SOEST; MASON, 1991).

Trabalhos com volumosos amonizados revelaram que pode ocorrer aumento de 8 a 15 unidades percentuais na DIVMS (VAN SOEST, 1994). Neste estudo para os tratamentos com 30% de umidade, a diferença entre os tratamentos amonizados com 5% de ureia e não amonizados foi de 9,26 unidades percentuais. Da mesma forma, Bertipaglia *et al.* (2005) observaram aumento de 10 pontos percentuais na DIVMS do feno de capim *Brachiaria brizantha*, tratado ou não com ureia e fontes de urease, para teores de umidade de 30% em relação ao teor de 15% de umidade.

O presente estudo está de acordo com o trabalho de Roth *et al.* (2010), que demonstrou que a maior eficiência do tratamento com ureia pode ser obtida quando a forragem possui umidade de 30%, e a ureia é aplicada na dosagem de 5,0% em relação a MS do feno.

Tonucci (2006), em estudo com feno de Tifton 85 amonizado com doses crescentes de ureia e com teores de umidade de 20 e 40%, observou que os tratamentos com maior teor de umidade (40%) apresentaram maiores valores de DIVMS para uma mesma dose de ureia aplicada.

O aumento na DIVMS de materiais amonizados deve-se à ação da amônia sobre os constituintes da parede celular. A amônia pode agir sobre as moléculas de hemicelulose, promovendo o rompimento de ligações e a solubilização parcial desse

componente (KLOPFENSTEIN, 1978). Além disso, a amônia pode promover o rompimento das pontes de hidrogênio entre as moléculas de celulose, causando sua solubilização parcial (VAN SOEST, 1994), e entre as moléculas de celulose e hemicelulose, permitindo uma hidratação mais rápida e eficiente da parede celular, facilitando o acesso dos microrganismos ruminais e aumentando a digestão (BERGER *et al.*, 1994).

Tabela 11 - Valores médios (g kg^{-1} MS) da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) do feno de capim Vaquero, em função dos teores de umidade e doses de ureia.

Teor Umidade (% MS)	Níveis de ureia (% MS)			Média
	0,0	2,5	5,0	
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS)				
12	774,14	824,14	834,18	810,83
18	781,01	838,61	858,15	825,92
24	802,52	859,89	884,56	848,99
30	804,75	876,42	896,81	859,33
Média	790,61	849,76	868,43	
CV (%)	2,22			
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DIVMO)				
12	948,94	958,01	959,33	955,43
18	961,00	960,80	960,11	960,64
24	964,91	969,02	968,70	967,54
30	973,93	968,10	979,38	973,80
Média	962,2	963,98	966,88	
CV (%)	1,49			

O processo de amonização, em geral, provoca aumento na DIVMO (SUNDSTOL; COXWORTH, 1984). Neste estudo, apesar do aumento da DIVMS, a DIVMO não foi influenciada pelas doses de ureia e por teores de umidade, registrando-se o valor médio estimado de $964,48 \text{ g kg}^{-1}$ MS.

Rosa *et al.* (1998), trabalhando com feno de *Brachiaria decumbens*, amonizado com NH_3 e ureia, observaram que o tratamento com amônia permitiu aumento da DIVMO superior aos materiais tratados com ureia.

3.4 Conclusões

A amonização com ureia proporcionou melhoria no valor nutritivo do feno de capim Vaquero com teores de umidade de 12, 18, 24 e 30% – caracterizado pela elevação no teor de nitrogênio total, bem como pela redução dos conteúdos de FDN, FDA, CEL, HEM, NIDN E NIDA, das relações NIDN/NT e NIDA/NT – assim como aumentou a proporção de fração A e reduz as frações B3 e C em relação ao nitrogênio total.

Para todos os teores de umidade estudados, a dose de 5% de uréia (base na MS) propiciou os melhores resultados no valor nutricional do feno de capim Vaquero em relação ao material não amonizado, não ocorrendo benefícios no uso de maior teor de umidade (de 12 para 30%), com exceção da DIVMS, quando o melhor resultado foi observado para o tratamento com 30% de umidade.

REFERÊNCIAS

ALFAYA, H. *et al.* Efeito da amonização com ureia sobre os parâmetros de qualidade do feno do capim-Annoni 2 (*Eragrotis plana* Nees). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.2, p.842-851, 2002. Suplemento.

BARON, V.S.; GREER, G.G. Comparison of six commercial hay preservative under simulated storage conditions. **Canadian Journal of Animal Science**, v.68, n.4, p.1195-1207, 1988.

BERGER, L.L. *et al.* Modification of forage quality after harvest. In: FORAGE QUALITY EVALUATION, AND UTILIZATION, 1994, Madison. **Proceedings...** Madison: American Society of Agronomy: Crop Science Society of America, 1994. p. 922- 966.

BERTIPAGLIA, L. M. A.; DE LUCA, S.; MELO, G. M. P.; REIS, R. A. Avaliação de fontes de uréase na amonização de fenos de *Brachiaria brizantha* com dois teores de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.3780-386, 2005.

BROWN, W.F.; ADJEI, M.B. Urea ammonization effects on the nutritive value of Guinea grass (*Panicum maximum*) hay. **Journal Animal Science**, v.73, p.3085-3093, 1995.

CALIXTO Junior, M.; JOBIM, C.C; CECATO, U. *et al.* Curva de desidratação e composição químico-bromatológica do feno de grama-estrela (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) em função do teor de umidade no enfardamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 6, p. 2411-2422, 2012.

CÂNDIDO, M.J.D. *et al.* Avaliação do valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.928-935, 1999.

CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C. *et al.* Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 37, n. 2, p. 335-342, 2008.

CHENOST, M.; BESLE, J.M. Ammonia treatment of crop residues via ureolysis: some reflection on the treatment and on the utilization of the treated material. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INCREASING LIVESTOCK PRODUCTION

THROUGH UTILIZATION OF FARM AND LOCAL RESOURCES, Beijing, China, 1993. **Proceedings...** Beijing, China, 1993. p. 153-171.

CHURCH, D.C. **The ruminant animal:** digestive physiology and nutrition. Englewood Cliffs: OeBBroks, 1988.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos.** Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.

FERNANDES, L. de O. *et al.* Qualidade do Feno de *Brachiariadecumbens* Stapf. Submetido ao Tratamento com Amônia Anidra ou Ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 1325-1332, 2002.

FERNANDES, F.E.P.; GARCIA, R.; PIRES, J.V. *et al.* Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de ureia em dois períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 11, 2009 .

FISCHER, R. E. *et al.* Nutritive value of coastal bermudagrass hay as influenced by ammoniation. **Arkans Farm Research**, v. 34, n.3, p.8, 1985.

GOBBI, K. F. *et al.* Composição química e digestibilidade in vitro do feno de *Brachiariadecumbens* Stapf. tratado com ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 720-725, 2005.

GRANZIN, B.C.; DRYDEN, G. McL. Effects of alkalis, oxidants and urea on the nutritive value of rhodes grass (*Chlorisgayana* cv. Callide). **Animal Feed Science and Technology**, v.103, p.113-122, 2003.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná.** Disponível

em:<<http://200.201.27.14/Site/Sma/CartasClimáticas/ClassificacaoClimáticas.htm>>.

Acesso em: 30 abr. 2013.

KLOPFENSTEIN, T.J. Chemical treatment of crop residues. **Journal of Animal Science**, v. 46, p. 841-848, 1978.

KRISHNAMOORTH, U.; MUSCATTO, T. V.; SNIFFEN, C.J. Nitrogen fraction in selected feed stuffs. **Journal of Dairy Science**, v. 65, n.2, p. 217-225, 1982.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology** ,

v.57, p.347 - 358, 1996.

LIMA, J.A; VILELA, D. **Formação e manejo de pastagens de *Cynodon***. In: *Cynodon: forrageiras que estão revolucionando a pecuária brasileira*. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005. p. 11-32.

LINES, L.W.; WEISS, W.P. Use of nitrogen from ammoniated alfalfa hay, urea, soybean meal, and animal protein meal by lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.79, n.11, p.1992-1999, 1996.

MALES, J.R. Optimizing the utilization of crop residues for beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.65, n.4, p.1124-1130, 1987.

MINITAB INC. **Minitab Statistical Software®**: Release 16.1.0. Avaliação gratuita. Minitab Inc. 2010. Disponível em <http://www.minitab.com/pt-BR/products/minitab/> Acesso em: fev. 2013.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda., 1981. 440p.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; PEREIRA, J.R.A. *et al.* Composição química e digestibilidade de fenos tratados com amônia anidra ou ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.666-673, 2001a.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; RESENDE, K.T. *et al.* Avaliação de fontes de amônia para o tratamento de fenos de gramíneas tropicais. 1. Constituintes da parede celular, poder tampão e atividade ureática. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.674-681, 2001b.

REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; RESENDE, K.T. *et al.* Avaliação de fontes de amônia para o tratamento de fenos de gramíneas tropicais. 2. Compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.682-686, 2001c.

RODRIGUES, J.F.H. **Aditivos químicos em ensilagem e fenação de capim-tifton 85**. Jaboticabal, 2010. 81f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2010.

ROSA, B.; REIS, R.A.; RESENDE, K.T. *et al.* Valor nutritivo do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf. cv. basilisk submetido a tratamento com amônia anidra e ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n .4, p. 815-822, 1998.

ROSA, B.; SOUZA, H.; RODRIGUES, K.F. Composição química do feno de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu tratado com diferentes proporções de ureia e de água. **Ciência Animal Brasileira**, v. 1, n.2, p.107-113, 2000.

ROSA, B.; FADEL, R. Uso de amônia anidra e de ureia para melhorar o valor alimentício de forragens conservadas. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p. 41-63.

ROTH, M. T. P.; REIS, R.A.; RESENDE, F.D. *et al.* Chemical treatment of post-harvest Marandu grass seed residues with different moisture contents. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 3, 2010.

RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3351-3561, 1992.

SARMENTO, P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; NASCIMENTO, A. Tratamento do bagaço de cana-de-açúcar com ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1203-1208, 1999.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: Métodos Químicos e Biológicos**, 3 ed. Viçosa. UFV. Impr. Univ. 2002, 235 p.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B.A. net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diet. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 12, p. 3562-3577, 1992.

SOUZA, A.L.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G.; CECON, P.R.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F. *et al.* Composição químico-bromatológica da casca de café tratada com amônia anidra e sulfeto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3 , p.983- 991, 2001. Suplemento.

SUNDSTOL, F.; COXWORTH, E.M. Ammonia treatment. In: SUNDSTOL, F.; OWEN, E. **Straw and others fibrous by-products as feed**. Amsterdam: ELSEVIER PRESS, 1984, p.196-247.

TILLEY, J.A.; TERRY, A.R. A two-stage technique for *in vitro* digestion of forage crops. **Journal British Grassland Society**, v.18, n.1, p.104-111, 1963.

TONUCCI, R.G. **Valor nutritivo do feno de capim-Tifton 85 amonizado com**

ureia. 2006. 41f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

VALENTE, T.N.P.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. *et al.* Evaluation of neutral detergent fiber contents in forages, concentrates and cattle feces ground at different particle sizes and using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 5, p.1148-1154, 2011.

VAN SOEST, P.J.; MASON, V.C. The influence of Maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.32, n.1-3, p.45-53, 1991.

VAN SOEST, P.J. Lignin. In: Van SOEST, P.J. (Ed.). **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University, Cornell University Press, 1994. p.177-195.

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; FERREIRA, D.J; PEREIRA, O.D. Efeito de níveis de ureia sobre o valor nutricional do feno de capim-Tanzânia. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**. v.28, n.2, p.333-340, 2007.