

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**URÉIA PROTEGIDA OU NÃO NA SUPLEMENTAÇÃO DE NOVILHOS
ALIMENTADOS COM FENO DE BAIXA QUALIDADE**

EDUARDO BOHRER DE AZEVEDO

Médico Veterinário - UFSM

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de
Mestre em Zootecnia
Área de Concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil
Março de 2007

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, meu exemplo de vida. Meu pai, Carlos Alberto de Azevedo: honestidade, racionalismo e seriedade. Minha mãe, Elisabete Bohrer de Azevedo: passionalidade, fé e perseverança. Minha irmã, Fernanda e Evani (Ni): dedicação, amor e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, pela fé e por guiar meu caminho, mesmo sem eu me lembrar dele em muitos momentos.

Aos meus pais que mais uma vez me apoiaram, e o fazem sem esperar nada em troca, mas simplesmente por ver mais um desejo meu realizado. São minhas referências em tudo o que faço.

A Fernanda, Ni, Luciano e Isabel (irmã, segunda mãe, cunhado e namorada), pessoas importantes na minha vida, e que muitas vezes deixam suas coisas de lado para me atenderem.

Ao Professor Harold, pela confiança depositada em mim desde o início, e seus importantes ensinamentos ao longo de todo o curso.

Ao Professor López, pelas longas e esclarecedoras conversas, sempre ensinando com sua experiência de docente, pesquisador e de homem. Com certeza, um exemplo a ser seguido.

Ao CNPq pela concessão da bolsa, sem a qual não teria realizado o curso.

Aos colegas Maria Helena, Francisco Cortez, Diego OCampos, Daniel Montano, Fábio Medeiros; os alunos de graduação Diogo Del Ré e Cássio Wilbert e o amigo Fabrício Pellissari que auxiliaram na condução do experimento.

Um agradecimento especial a dois amigos: André Silveira (co-co-orientador) com um auxílio diário na condução do experimento, análises laboratoriais e redação da dissertação; com certeza um ótimo professor. E Gilmar Bruning, um parceiro para qualquer lida, que também dividiu as agruras do experimento. Sem estes dois, o experimento não teria saído.

Ao Professor José Laerte Nörnberg, que mesmo de longe sempre me auxiliou, seja pela disponibilização do laboratório, material bibliográfico ou uma boa conversa. E meus amigos do NIDAL, sempre prontos para ajudar no que precisei.

Ao Professor Gilberto Kozloski, e suas alunas Gláucia e Carla pela disponibilização do laboratório e auxílio nas análises de urina.

Ao setor de cirurgia do Hospital de Clínicas Veterinárias da UFRGS, especialmente ao professor Afonso Beck e o mestrando Rafael que prepararam cirurgicamente os animais deste experimento.

Aos professores deste Programa de Pós-Graduação pelos ensinamentos passados ao longo do curso.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia: Ione, Ângela, Débora, Lauro, Mônica, Maria do Carmo e Rosária. Aos funcionários do Departamento de Solos: Adão e "Tonho". E os funcionários da Estação Experimental e da Faculdade de Veterinária pelo auxílio no manejo com os animais.

Aos animais experimentais, meus "filhos", que contribuíram para que o experimento corresse perfeito. Devo-lhes muito.

Aos amigos do apartamento Santo Antônio, os que já casaram (meus afilhados) e os que ainda dividem o apartamento. Foram minha família em Porto Alegre.

Enfim, a todos que contribuíram de uma maneira ou de outra para a realização do curso e deste trabalho.

Muito obrigado!!!!

URÉIA PROTEGIDA OU NÃO NA SUPLEMENTAÇÃO DE NOVILHOS ALIMENTADOS COM FENO DE BAIXA QUALIDADE¹

Autor: Eduardo Bohrer de Azevedo

Orientador: Jorge López

Co-Orientador: Harold Ospina Patiño

RESUMO

Foi realizado um experimento de suplementação com novilhos fistulados no rúmen com o objetivo de verificar a possibilidade de aumentar a utilização de volumoso de baixa qualidade para bovinos com suplementação de proteína degradável no rúmen, bem como a incorporação de uréia encapsulada no concentrado. Os tratamentos foram: Feno + sal mineralizado (SM); Feno + suplemento protéico com uréia comum (SU); Feno + suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula 1 (UE1); Feno + suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula 2 (UE2). O volumoso utilizado foi feno de Tifton (*Cynodon dactylon* L.) de baixa qualidade (PB: 4,62 %, FDN: 83,46 %). Foram realizadas medidas de digestibilidade, consumo, pH e N-NH₃ ruminais, taxa de passagem das fases líquida e sólida, degradabilidade ruminal da FDN e parâmetros de degradação ruminal. Verificou-se efeito ($P < 0,05$) da suplementação nitrogenada na concentração de nitrogênio amoniacal no rúmen; no entanto, a uréia encapsulada não foi diferente ($P > 0,05$) da uréia comum. A relação CPDR/CMOD foi maior ($P < 0,05$) para os tratamentos suplementados com PDR, porém a otimização dessa relação não foi suficiente para alterar os demais parâmetros. Os dados de digestibilidade, taxa de passagem, pH e degradabilidade não foram afetados pelos tratamentos ($P > 0,05$) ao comparar suplementados ou não suplementados com PDR e da mesma forma ao comparar fontes de nitrogênio não-protéico. A suplementação de proteína degradável no rúmen não foi efetiva em alterar os parâmetros estudados, assim como as fontes de uréia encapsulada, mostraram respostas semelhantes à uréia comum.

¹Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (89 p.) Março, 2007.

COATED UREA OR NOT IN THE SUPPLEMENTATION TO STEERS FED ON LOW QUALITY HAY²

Autor: Eduardo Bohrer de Azevedo

Orientador: Jorge López

Co-Orientador: Harold Ospina Patiño

ABSTRACT

A supplementation trial was accomplished with rumen fistulated steers with the objective to verify the possibility of increase for steers the use of low quality hay with degradable protein supplementation, as well as coated urea incorporation in the concentrate. The treatments were: hay + mineral supplement (MS); hay + proteic supplement with common urea (US); hay + proteic supplement with coated urea formula 1 (CU1); hay + proteic supplement with coated urea formula 2 (CU2). The forage used was Tifton (*Cynodon dactylon* L.) hay of low quality (CP: 4.62 %, NDF: 83.46 %). The measures were: digestibility, intake, ruminal pH and N-NH₃, particulate and fluid digesta kinetics, rumen degradability of NDF and ruminal degradation parameters. Effect ($P < 0.05$) of the nitrogen supplementation in the ruminal ammonia nitrogen concentration was verified, however the coated urea was not different ($P > 0.05$) of the common urea. The relation DIP/DOMI was higher ($P < 0.05$) for the treatments supplemented with DIP; however, the optimization of this relation was not so great for modifying the other parameters. The data of digestibility, particulate and fluid digesta kinetics, ruminal pH and degradability of NDF were not affected by the treatments ($P > 0.05$) when comparing supplemented or not supplemented diets with DIP and in the same way when comparing non-proteic nitrogen sources. The ruminal degradable protein supplementation was not effective in modifying the studied parameters, as well as the coated urea sources showed to be similar to the common urea.

²Master of Science Dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil (89 p.) March, 2007.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	Importância da suplementação na nutrição de ruminantes	3
2.2	Suplementação protéica.....	4
2.2.1	Fontes de nitrogênio no suplemento	9
2.3	Sincronização de nutrientes no rúmen	15
2.4	Nível e tipo de suplemento nitrogenado e seus efeitos sobre o desempenho e alguns parâmetros digestivos	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1	Local e duração do experimento	24
3.2	Animais experimentais	24
3.3	Tratamentos	24
3.4	Condução do experimento.....	25
3.4.1	Alimentos e alimentação	26
3.4.2	Feno	26
3.4.2.1	Concentrados.....	27
3.4.3	Determinações	28
3.4.3.1	Digestibilidade e consumo	28
3.4.3.2	Taxa de passagem da fase sólida	29
3.4.3.3	Taxa de passagem da fase líquida	30
3.4.3.4	pH ruminal e nitrogênio amoniacal.....	32
3.4.3.5	Degradabilidade ruminal da FDN.....	32
3.5	Análises laboratoriais	34
3.6	Delineamento experimental e análises estatísticas	35
3.7	Modelos matemáticos.....	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1	Nitrogênio amoniacal e pH ruminal.....	37
4.2	Coeficientes de digestibilidade	41
4.3	Consumo das frações nutritivas	45
4.4	Taxa de passagem da fase sólida e da fase líquida.....	49
4.5	Degradabilidade ruminal da FDN e parâmetros de degradação.....	51
5	CONCLUSÕES.....	56
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

7 APÊNDICES	64
8 VITA.....	89

RELAÇÃO DE TABELAS

Tabela 1. Composição bromatológica, nutrientes digestíveis totais (NDT) e proteína degradável no rúmen (PDR) do feno e dos concentrados, onde: SM (sal mineralizado); SU (suplemento protéico com uréia); UE1 (suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 1) e UE2 (suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 2).....	27
Tabela 2. Composição dos concentrados dos diferentes tratamentos, na base úmida, onde: SM (sal mineralizado); SU (suplemento protéico com uréia); UE1 (suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 1) e UE2 (suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 2).....	28
Tabela 3. Valores médios da concentração de nitrogênio amoniacal no líquido ruminal para cada tratamento e horário de amostragem expressa em mg/100 ml.....	37
Tabela 4. Valores médios de pH do líquido ruminal para cada tratamento e horário de amostragem.....	41
Tabela 5. Médias de digestibilidade aparente da matéria orgânica (DMO, %), digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN, %), da celulose (DCEL, %), da hemicelulose (DHEM, %) e digestibilidade real da matéria orgânica (DMOr, %) com suas respectivas médias e coeficientes de variação (CV)	42
Tabela 6. Médias de consumo de matéria seca (CMS, % do peso corporal), consumo de nitrogênio (CN, g/UTM), consumo de matéria orgânica total (CMO, g/UTM), consumo de fibra em detergente neutro (CFDN, g/UTM), consumo de matéria orgânica digestível (CMOD, g/UTM), consumo de matéria orgânica do feno (CMOf, g/UTM) e relação de consumo de proteína degradável no rúmen com o CMOD (CPDR/CMOD, %) com suas respectivas médias e coeficientes de variação (CV)	46
Tabela 7. Taxa de passagem da fase sólida pelo rúmen-retículo (k1, %/hora), pelo baixo trato (k2, %/hora), tempo de retenção ruminal (TRR, horas), tempo de retenção no baixo trato (TRC, horas), tempo de trânsito (TT, horas), tempo total de retenção da digesta (TTR, horas) e taxa de passagem da fase líquida (Tx. FL, %/hora) com suas respectivas médias e coeficientes de variação (CV)	51
Tabela 8. Valores médios do desaparecimento ruminal da fibra em detergente neutro para cada tratamento e horário de amostragem expresso em %	52

Tabela 9. Parâmetros de degradação da fibra em detergente neutro: fração rapidamente degradável (a, %), fração potencialmente degradável (b, %), taxa de degradação (c, %/hora), tempo de colonização (TC, horas) e degradação efetiva (DE, %) com suas respectivas médias e coeficientes de variação (CV)⁵⁴

RELAÇÃO DE FIGURAS

Figura 1. Efeito dos tratamentos na relação entre o tempo de coleta pós-alimentação (horas) e o nitrogênio amoniacal (N-NH ₃ , mg/100 ml).	40
Figura 2. Efeito dos tratamentos na relação entre o tempo de incubação no rúmen (horas) e degradabilidade da FDN (%).	53

LISTA DE ABREVIATURAS

ADE: complexo vitamínico contendo as vitaminas A, D e E
CFDN: Consumo de fibra em detergente neutro
CMO: consumo de matéria orgânica
CMOD: consumo de matéria orgânica digestível
CMOf: Consumo de matéria orgânica do feno
CMS: Consumo de matéria seca
CN: Consumo de nitrogênio
Co: Cobalto
CPDR:CMOD: relação entre o consumo de proteína degradável no rúmen e o consumo de matéria orgânica digestível, expressa em percentagem
Cr: cromo
CV: Coeficiente de variação
DCEL: digestibilidade da celulose
DE: degradabilidade efetiva
DFDN: digestibilidade da FDN
DHCEL: digestibilidade da hemicelulose
DMO: digestibilidade aparente da matéria orgânica
DMOr: digestibilidade real da matéria orgânica
FDA: Fibra em detergente ácido
FDN: Fibra em detergente neutro
 k_1 : medida quantitativa da velocidade fracional de passagem do marcador pelo rúmen-retículo
 k_2 : medida quantitativa da velocidade fracional de passagem do marcador pelo ceco e cólon proximal
LANUR: Laboratório de nutrição de ruminantes
LDA: Lignina em detergente ácido
LEZO: Laboratório de Ensino Zootécnico
LNA: Laboratório de nutrição animal
MO: Matéria orgânica
MOD: matéria orgânica digestível
MPS: Matéria pré-seca
MS: matéria seca
N: nitrogênio
NDT: nutrientes digestíveis totais
N-NH₃: nitrogênio amoniacal
NNP: nitrogênio não protéico
NT: Nitrogênio total
PB: proteína bruta

PC: peso corporal (kg)
PDR: proteína degradável no rúmen
SM: sal mineralizado
SU: sal proteinado com uréia
TC: tempo de colonização
TGI: trato gastrintestinal
TRC: tempo médio de retenção do marcador no trato digestivo posterior
TRR: tempo médio de retenção do marcador no rúmen-retículo
TT: tempo de trânsito
TTR: tempo total médio de retenção do marcador no TGI
UE1: sal proteinado com uréia encapsulada fórmula número 1
UE2: sal proteinado com uréia encapsulada fórmula número 2
ULL: Uréia de liberação lenta
UTM: unidade de tamanho metabólico ($PC^{0,75}$)

1 INTRODUÇÃO

A exploração da pecuária de corte sob condições de pastejo convive em muitas situações com marcada produção estacional das pastagens que gera uma grande diferença na capacidade de suporte entre os períodos ótimos e críticos de crescimento das pastagens. Nestas condições, tanto a baixa disponibilidade de matéria seca como baixa qualidade nutricional durante o outono-inverno ou estação seca fazem com que os animais diminuam drasticamente o seu peso corporal, aumentando, com isto, a idade de abate, prejudicando a qualidade da carne e a rentabilidade do sistema de produção. Em condições onde a disponibilidade não seja limitante ao consumo do volumoso de baixa qualidade, a utilização de suplementos protéicos que disponibilizam em nível ruminal nutrientes tais como nitrogênio e fósforo, podem estimular a fermentação ruminal e aumentar a oferta de energia e proteína para o animal, através do maior consumo de matéria orgânica digestível e maior síntese de proteína microbiana.

No Brasil, os suplementos protéicos mais usados são os sais proteinados, compostos basicamente por nitrogênio não-protéico, proteína verdadeira, carboidratos rapidamente fermentáveis, regulador de consumo e mistura de minerais. Em muitas situações, os resultados obtidos com a utilização de sais proteinados têm ficado abaixo das expectativas, devido, principalmente, a teores excessivos de uréia, independentemente do tipo e

qualidade da pastagem. Nestas condições, o excesso de amônia gerado pela suplementação é metabolizado no fígado e excretado na forma de uréia pelos rins com conseqüente gasto de energia. A otimização da utilização de volumosos de baixa qualidade através da suplementação protéica com fontes de compostos nitrogenados degradáveis deve levar em conta que as bactérias celulolíticas precisam, além de disponibilidade constante de amônia, também de outros substratos tais como os ácidos graxos de cadeia ramificada e isoácidos. Diante disso, a utilização de compostos nitrogenados não-protéicos com liberação lenta ou gradual poderia evitar ou minimizar estes problemas.

O objetivo do trabalho foi o de verificar a possibilidade de aumentar a utilização de volumoso de baixa qualidade para bovinos com a utilização de suplementação de proteína degradável no rúmen, bem como a incorporação de uréia encapsulada no concentrado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância da suplementação na nutrição de ruminantes

Os sistemas de criação de animais em pastejo sempre tiveram sua importância estabelecida na pecuária de corte brasileira e, principalmente, no Rio Grande do Sul. Como qualquer produção agrícola, esse sistema é extremamente dependente de fatores climáticos, o que gera oscilações nos seus níveis produtivos durante o ano. Procurando contornar certas adversidades, buscam-se sistemas que melhorem a utilização de recursos de baixo custo e já disponíveis na propriedade. No caso da suplementação de animais em pastejo, o foco é diminuir os efeitos deletérios da estacionalidade produtiva e qualitativa das plantas forrageiras de forma a melhorar a utilização destas.

As exigências atuais de mercado norteiam mudanças nos sistemas criatórios que usam pastagens como base alimentar, principalmente no que diz respeito a suas possibilidades de suprir a quantidade de nutrientes necessários para que o animal possa alcançar seu ótimo desempenho (Poppi & McLennan, 1995). O uso de pastagens diferidas no período de déficit forrageiro tem sido uma alternativa de baixo custo. Contudo, muitas vezes, o que se observa é diminuição de peso do animal, mesmo com excedente de volumoso, resultante, principalmente, da baixa qualidade do pasto maduro, uma vez que o nível e a

digestibilidade das forrageiras diminuem com o envelhecimento da planta (Olson et al., 1999). Por isso, o uso de suplementos que complementem a quantidade de proteína necessária para o melhor aproveitamento do volumoso disponível pode ser benéfico para o desempenho animal (Delcurto et al., 1990).

Se o volumoso serve como base alimentar fornecendo a maior quantidade de nutrientes na dieta do ruminante, é importante que o suplemento forneça os nutrientes que estão faltando, sem impacto negativo no consumo e no metabolismo dos nutrientes fornecidos pela planta (Cochran et al., 1998). Os autores ainda definiram como o suplemento ideal aquele que fornece os nutrientes insuficientes na dieta base, maximizando o uso do volumoso. Considerando a suplementação como sistema importante para se atingir bons índices produtivos, a mesma tem um âmbito importante nesse contexto.

2.2 Suplementação protéica

A utilização da suplementação se faz necessária em sistemas que utilizam principalmente plantas forrageiras como alimento principal, visto que nesses tipos de produção a suscetibilidade aos fatores ambientais provoca alterações na qualidade das plantas, de maneira a diminuir a disponibilidade de nutrientes para um bom desempenho do rebanho. No caso da suplementação nitrogenada, sua utilização se daria em situações onde a proteína bruta do volumoso fosse limitante.

Cochran et al. (1998) citaram a proteína como o principal limitante no uso de pastagens de baixa qualidade. Nesse tipo de sistema de criação, o primeiro fator nutricional limitante do desempenho animal é a disponibilidade de energia e, para a microbiota ruminal, a disponibilidade de proteína e minerais

(Ospina & Medeiros, 2003). O efeito da suplementação nitrogenada no rúmen é indireto, pois promove aumento no aporte de energia para o animal, através do simples suprimento nutritivo para as atividades metabólicas dos microorganismos ruminais.

De acordo com Peruchena (1999), a utilização de suplementos nitrogenados associados com dietas à base de volumosos de baixa qualidade permite corrigir dietas desequilibradas, melhorando a conversão alimentar e os ganhos de peso e, por consequência, diminuindo os ciclos da pecuária de corte.

Uma forma de suplementar nitrogênio é o sal proteinado, sendo composto basicamente por uma fonte de nitrogênio não protéico (uréia, amiréia), uma fonte de proteína verdadeira (farelos de soja, trigo, algodão), uma fonte de carboidrato com alta taxa de fermentação (milho, melação), um regulador de consumo (cloreto de sódio) e uma mistura mineral, podendo ainda ser adicionado algum aditivo. Este tipo de suplemento é consumido entre 0,1 e 0,5 % do peso vivo (Ospina & Medeiros, 2003).

Os sais proteinados são considerados como uns dos responsáveis pelo grande crescimento da pecuária de corte na última década. Estes suplementos minimizam a acentuada diminuição na qualidade das forragens que ocorre nas diversas regiões do Brasil durante o inverno, e que ocasionam baixo desempenho produtivo e reprodutivo dos animais (Lopes, 1998).

As respostas aditivas encontradas com a utilização de sais proteinados durante o inverno ocorrem porque nesta época, as forragens propiciam baixa disponibilidade ruminal de nutrientes tais como nitrogênio e fósforo, que limitam o consumo e a digestibilidade das forragens. Desta forma, é possível estimular

a fermentação ruminal, aumentando a oferta de proteína de forma direta e de energia de forma indireta para o animal, através do maior consumo de matéria orgânica digestível e maior síntese de biomassa microbiana (Ospina et al., 2002).

Poppi & McLennan (1995), revisando uma série de resultados na literatura, comentaram que suplementos protéicos fornecidos a animais pastejando volumoso de baixa qualidade promovem maior ganho de peso comparado aos animais não suplementados.

Alguns estudos realizados no Brasil comprovaram a superioridade da suplementação protéica em relação à suplementação mineral, no ganho de peso de animais em pastagens de baixa qualidade (Lopes et al., 1999; Zanetti et al., 2000). No entanto, não há unanimidade nos resultados da literatura a esse respeito. Knorr et al. (2006), em experimento conduzido durante inverno em pastagem nativa do Rio Grande do Sul, verificaram que o sal proteinado só foi superior ao sal mineralizado por ocasião da inclusão de levedura.

Brüning et al. (2006), em pastagem de baixa qualidade (domínio de 80-90% de *Eragrostis plana* Ness, conhecido como capim Annoni – 2), verificaram diferença significativa da suplementação protéica quanto ao ganho de peso (0,424 kg/dia) em relação ao sal comum (0,218 kg/dia), que por sua vez diferiu do sal mineralizado (0,280 kg/dia). Os autores mantiveram uma oferta de forragem de 20 kg de MS/100 kg de PC de forma que a quantidade de volumoso oferecido não fosse limitante no consumo e desempenho.

McCullum & Horn (1989) afirmaram que os suplementos protéicos geralmente aumentam o desempenho animal em pastagens, devido a vários fatores, principalmente pelo aumento na ingestão de forragem. No caso de

pastagem com menos de 7 % de proteína, o nitrogênio suplementar fornecido aos microorganismos aumenta a síntese protéica e a taxa de digestão. O maior fluxo de proteína no intestino melhora a eficiência da utilização da energia, em nível de tecido, pelo fornecimento de aminoácidos deficientes, provendo substratos glicogênicos e também melhorando o aporte ruminal de nitrogênio por intermédio da reciclagem deste. De acordo com Van Soest (1994), uma quantidade reduzida de proteína na dieta de ruminantes é um fator limitante ao crescimento dos microorganismos ruminais o que leva à diminuição na taxa de degradação, maior tempo de retenção de alimento no rúmen e, por conseqüência, à redução da ingestão de nutrientes por parte do animal.

No entanto, algumas questões ainda devem ser esclarecidas visto que, na prática, este tipo de suplemento, na maioria das vezes, é formulado de forma empírica, sem um conhecimento real dos ingredientes e suas funções no processo digestivo do animal. Geralmente, trabalha-se na formulação utilizando fontes de nitrogênio de rápida disponibilidade ruminal; porém, seu nível de utilização dependerá da disponibilidade de matéria orgânica fermentável no rúmen para o trabalho de síntese da microflora ruminal. Os trabalhos realizados com suplementação de proteína degradável (Koster et al., 1996; Bodine et al., 2001) demonstraram que as melhores respostas dependem da otimização da relação entre a proteína degradável no rúmen (PDR) e a matéria orgânica digestível (MOD). Cochran et al. (1998) afirmaram que o principal critério para avaliação desse tipo de suplementação, é o consumo de matéria orgânica digestível, que combina os efeitos no consumo e na digestão do alimento, sendo uma medida do consumo de energia do animal.

O NRC (1996) propôs que a exigência de proteína degradável no

rúmen, para animais consumindo volumoso de baixa qualidade varie entre 5 e 11 % do NDT, valor semelhante ao proposto pelo AFRC (1992). Valores semelhantes são citados pela literatura, tais como 11,1 % (Koster et al., 1996) e 9 % (Klevesahl et al., 2003) que utilizaram o método da regressão segmentada para cálculo do ponto ótimo desta relação. Mallmann et al. (2006), usando o mesmo método, encontraram o valor de 5,9 % quando utilizaram amiréia como suplemento.

Mallmann et al. (2006), trabalhando com novilhos alimentados com feno de baixa qualidade, verificaram que a inclusão de níveis crescentes de uréia no suplemento determinou um comportamento quadrático no consumo de matéria orgânica digestível, demonstrando que, a partir de determinado ponto, a suplementação protéica deprimiu o consumo, chegando a valores próximos ao controle. Isso confirma a hipótese de que a eficiente utilização da suplementação protéica com volumoso de baixa qualidade precisa levar em consideração a otimização de relações nutricionais que favoreçam o desenvolvimento, crescimento e trabalho dos microorganismos ruminais.

Alguns resultados de pesquisa, no entanto, não têm apresentado os efeitos positivos comentados por alguns autores. Kozloski et al. (2006, no prelo), com feno de *Cynodon* sp. (PB: 5,1 %, FDN: 76,7 %, DMO: 54 %), não verificaram efeito ($P > 0,05$) da suplementação de uréia no consumo, digestibilidade e eficiência da síntese microbiana. Da mesma forma, Silveira (2007) não observou aumento no consumo ao suplementar proteína isolada de soja e amiréia em dieta baseada em feno de baixa qualidade (5,5 % de PB e 78,6 % de FDN) para ovinos.

Alguns pontos têm sua importância estabelecida nesse tipo de

suplementação, tais como efeitos no desempenho e a forma como o nitrogênio deve ser incluído na dieta levando em consideração os demais nutrientes que estão sendo ingeridos pelo animal.

2.2.1 Fontes de nitrogênio no suplemento

A utilização de uma ou outra fonte de nitrogênio nos suplementos deve-se basear em dois componentes principais: biológico e econômico. No sentido biológico, a fonte escolhida deve se adaptar à dieta de forma que o animal possa obter o desempenho esperado. No entanto, a questão econômica surge como um contraponto e, de forma significativa, norteia o sistema produtivo direcionando a escolha dos ingredientes da dieta. Nesse sentido, existem compostos nitrogenados não-protéicos que ganham destaque por apresentarem menor custo.

As fontes de proteínas se comportam de maneiras distintas ao longo do trato digestivo, com diferentes taxas de degradação, sítios de absorção e diferentes espécies de microorganismos que as utilizam, podendo afetar os processos digestivos do ruminante. Cochran et al. (1998) consideraram que o conhecimento dos efeitos da suplementação de proteína degradável, dependendo da fonte de nitrogênio a ser disponibilizada para a microbiota ruminal, se torna importante pelo fato de que as fontes de proteína verdadeira são comumente um dos componentes mais caros da dieta.

Há o conceito de que uma única e exclusiva fonte de nutrientes não é a forma mais correta de se alimentar um animal, e isso se justifica pela alta heterogeneidade e conseqüente complexidade da microbiota ruminal e da anatomo-fisiologia do trato gastrointestinal do ruminante. Dessa forma é

recomendável que se estabeleçam associações entre diferentes fontes de nutrientes buscando otimizá-los. A suplementação exclusiva com fonte de nitrogênio não protéico em volumosos com baixo teor de proteína pode limitar a síntese de proteína microbiana por deficiência de fatores de crescimento, como os ácidos graxos voláteis de cadeia ramificada, peptídeos e aminoácidos (Russell et al., 1992). No entanto, Knaus et al. (2002) não encontraram efeito da utilização de proteína verdadeira, o que forneceria isoácidos, sobre a digestibilidade, quando esta foi comparada à uréia.

O que justifica parcialmente a utilização de fonte de nitrogênio não-protéico em associação à proteína verdadeira é o benefício causado pelos chamados “fatores de crescimento” dos microorganismos. Baseados nessa hipótese, Cochran et al. (1998) aconselharam que o suplemento devesse conter no mínimo 25 % de proteína degradável na forma de proteína verdadeira. No entanto, deve-se atentar ao fato de que esse valor pode variar em função da composição da dieta base.

As bactérias ruminais são dependentes de nitrogênio protéico e não-protéico (NNP) para a sua multiplicação. As bactérias celulolíticas utilizam principalmente NNP para degradarem a celulose. Assim sendo, a carência de NNP pode resultar em uma reduzida taxa de digestão, com crescimento microbiano de baixa eficiência (Russel et al., 1992).

Algumas fontes de nitrogênio na forma de nitrogênio não-protéico visam suprir a necessidade das bactérias celulolíticas, sendo as mais utilizadas, a uréia e a amiréia. Alguns experimentos de desempenho (Knorr et al., 2005; Seixas et al., 1999) não verificaram diferenças no ganho de peso de bovinos ao comparar uréia com amiréia.

Ao substituir a caseína por uréia como fonte de nitrogênio disponível no rúmen em dieta baseada em feno de baixa qualidade, Köster et al. (1997) observaram redução na digestão da FDN quando o NNP substituiu mais de 50 % da caseína, demonstrando que se deve ter cuidado na utilização da uréia como fonte de proteína degradável neste tipo de dieta. No entanto, os autores não verificaram diferenças significativas no consumo de matéria orgânica total e do volumoso. Oliveira Júnior et al. (2004) observaram maior consumo de matéria seca (7,55 vs 5,85 kg/dia), quando suplementaram, respectivamente, com uréia e farelo de soja, uma dieta deficiente em proteína degradável no rúmen (PDR). Os autores justificaram pelo fato de haver menor quantidade de proteína degradável no rúmen no tratamento com farelo de soja, prejudicando a fermentação ruminal.

Recentemente, Farmer et al (2004), trabalhando com vacas em pastagem de baixa qualidade (73 % de FDN e 4,1 % de PB), observaram maiores perdas de peso com efeito quadrático ($P < 0,02$) quando a uréia substituiu a proteína verdadeira de suplementos com teores de PB maior que 40%. Os animais que receberam suplemento com PDR unicamente de fonte vegetal perderam 47,6 kg no período de 4 meses, enquanto os animais do tratamento com 45 % de substituição de proteína verdadeira por uréia, perderam 101,9 kg. Os autores, inclusive, mencionaram que houve recusa do suplemento por alguns animais sob tratamento com 45 % de substituição.

A uréia é amplamente utilizada na formulação de dietas para ruminantes pelo seu baixo custo por unidade de nutriente, sendo incluída na substituição parcial de fontes de proteína verdadeira, procurando, dessa maneira, fornecer quantidades adequadas de proteína degradável no rúmen,

para melhor eficiência de digestão da fibra e síntese de proteína microbiana. Porém, sua alta taxa de hidrólise se torna um problema pela rápida liberação de amônia e acúmulo de N-NH_3 no rúmen, que precisa ser absorvida e levada ao fígado, para metabolização e conversão em uréia, forma pela qual é excretada pela urina. Entretanto, este processo gasta energia, diminuindo a disponibilidade de energia para o animal. Quando absorvida em grande quantidade, a amônia pode exceder a capacidade hepática de detoxificação, acumular-se no sangue e causar intoxicação, podendo levar à morte do animal.

A uréia constitui a principal forma pelo qual os compostos nitrogenados são eliminados do organismo de mamíferos. Quando a taxa de síntese de amônia supera a sua utilização pelos microrganismos, observa-se elevação da concentração de amônia no rúmen, com conseqüente aumento da excreção de uréia e incremento do custo energético da produção de uréia, resultando, dessa forma, em perda de proteína (Russel et al., 1992). Esta detoxificação, no entanto, em termos produtivos pode prejudicar o desempenho, pois tem um custo de 3 ATP por mol de uréia sintetizada (Mcbride & Kelly, 1990) juntamente com o custo extra associado à manutenção dos órgãos viscerais responsáveis por esse processo, visto que o fígado aumenta de tamanho nessas situações (Marini et al., 2004).

Pelas características citadas nos parágrafos anteriores, torna-se necessário um período de adaptação dos animais por ocasião da inclusão de uréia na dieta. Emerick (1988) comentou sobre a importância do período de adaptação (utilizando doses crescentes de uréia na dieta, ao longo dos dias) assim como a relação nitrogênio não-protéico/proteína verdadeira, de maneira que essas medidas possam prevenir possíveis quadros de intoxicação.

Observando a preocupação dos pesquisadores no sentido da adaptação dos animais à uréia e com base na hipótese de sincronização das taxas de degradação de nutrientes no rúmen, desde a década de 60 têm sido buscada uma fonte de nitrogênio que mantenha os níveis de amônia ruminal constantes ao longo do dia. Este problema pode ser superado usando as fórmulas de nitrogênio não-protéico de lenta liberação (Forero et al., 1980; Ferreira et al., 2005), mas estas alternativas são geralmente mais caras do que a uréia.

De acordo com o NRC (1996), a otimização do uso de proteína degradável no rúmen (inclusive as fontes de nitrogênio não protéicas) ocorre quando as taxas de degradação dos carboidratos e da proteína são simultâneas. A liberação lenta de NNP também favorece a digestão de celulose, desde que promove um ambiente ruminal com disponibilidade de amônia por um longo período de maneira constante para ser usado pelas bactérias celulolíticas. Cass & Richardson (1994) consideraram que qualquer metodologia que efetivamente torne a uréia solúvel à taxa mais lenta do que quando fornecida *in natura* poderia conduzir à sua otimização em dietas para ruminantes, desde que adequadamente balanceadas para esse fim. A liberação gradual de NH_3 permitiria aos microrganismos do rúmen síntese contínua de proteína celular diminuindo a dependência da reciclagem.

Alguns produtos foram lançados no mercado caracterizados por processamentos que diminuem as suas taxas de hidrólise. Um dos mais conhecidos é a “amiréia” que é obtida pela extrusão de uma mistura de amido e uréia, sob condições de alta temperatura e pressão, levando à gelatinização do amido (Bartley & Deyoe, 1975). Outras maneiras de “proteção” da uréia contra

sua rápida degradação incluem o seu encapsulamento por polímeros (Tedeschi et al., 2002; Galo et al., 2003) e ligação da mesma ao cálcio (Cass & Richardson, 1994; Huntington et al., 2006).

Os resultados, no entanto, são bastante variáveis. Os ensaios de liberação de amônia *in situ* são favoráveis ao uso do produto, pois comprovam uma liberação mais gradual. Ferreira et al. (2005) mediram a liberação de amônia ruminal, e verificaram uma liberação mais lenta e constante de amônia da uréia protegida com polímero. Os autores concluíram que a uréia encapsulada deve ser usada para favorecer a liberação mais lenta de N-NH₃ no rúmen e de forma contínua. Huntington et al. (2006) concluíram, com experimentos *in vivo*, que a uréia ligada ao cálcio foi efetiva no sentido de diminuir a taxa de liberação da mesma, com efeitos benéficos nos metabolismos do nitrogênio, glicose e lactato. Os autores avaliaram dietas ministradas em confinamento, com alto teor de grãos e dietas a base de volumoso de baixa qualidade (76 % de FDN e 8,6 % de PB), e verificaram que na dieta com maior quantidade de volumoso houve maior absorção de nitrogênio ($P < 0,05$) ao utilizar uréia de liberação lenta. Já na dieta com altas quantidades de concentrado não se verificou diferença entre uréia comum e uréia ligada ao cálcio ($P > 0,05$).

Em experimentos de consumo, digestibilidade e desempenho não têm sido verificadas vantagens no uso de uréia de liberação lenta, se comparado à uréia comum. Cass & Richardson (1994) não verificaram diferença no consumo e digestibilidade da matéria seca ao comparar uréia-cálcio (de lenta liberação) à uréia comum. Com animais confinados em terminação, constatou-se não haver diferença significativa no consumo, ganho de peso e características de

carcaça (Tedeschi et al., 2002). O ganho de peso do tratamento com uréia comum na fase de terminação foi de 1,638 kg/dia, em comparação à uréia de liberação lenta (ULL) com 1,483 kg/dia. Em outro trabalho, Gelinski et al. (2000) observaram menores ganhos de peso nos animais que receberam nitrogênio de lenta liberação. Os autores verificaram um ganho de peso de 1,913 kg/dia dos animais que receberam o tratamento testemunha (somente com proteína de origem vegetal) e 1,483 kg/dia dos animais que receberam uréia de lenta liberação na dieta, valor esse numericamente igual ao observado no trabalho anterior, resultado negativo, provavelmente, pelo menor consumo observado em relação ao testemunha ($P < 0,05$).

Galo et al. (2003) trabalharam com vacas leiteiras da raça Holandês, nos EUA, usando três tratamentos: 18 % PB sem ULL (uréia de liberação lenta), 18 % PB com ULL e 16 % PB com ULL. Não foram observadas diferenças significativas no consumo de matéria seca e composição do leite. Em termos de produção de leite, o tratamento 18 % PB sem ULL foi superior estatisticamente (35,6 kg/dia) ao 16 % PB com ULL (33,8 kg/dia), com o 18 % PB com ULL (34,8 kg/dia) assumindo uma posição intermediária. Deve-se, no entanto, atentar para o fato de que eram animais com capacidade de alta produção, e recebendo dietas baseadas em volumosos de boa qualidade (silagem de milho e feno de alfafa).

2.3 Sincronização de nutrientes no rúmen

O rúmen constitui um ecossistema dependente de fatores como a ingestão alimentar, a composição química dos ingredientes da ração, a frequência de alimentação, a qualidade da forragem, o tamanho de partícula e

a relação volumoso:concentrado. A qualidade e a quantidade dos produtos da fermentação ruminal são dependentes das atividades e tipo de microorganismos no rúmen (Russel et al., 1992). A produção de biomassa microbiana está relacionada com a quantidade de substrato disponível e com a energia usada para a manutenção que, por sua vez, está em função da exigência de manutenção e da taxa de crescimento dos microorganismos (Dewhurst et al., 2000). A otimização da fermentação e a maximização da eficiência de síntese microbiana poderão, portanto, ser obtidas por intermédio da manipulação de componentes dietéticos.

A hipótese de sincronização de nutrientes no rúmen baseia-se no fato de que para a otimização da síntese de proteína microbiana é necessário que haja sincronia na disponibilidade de energia fermentável e compostos nitrogenados disponíveis no rúmen, ou seja, deve-se fornecer alimentos com quantidades adequadas das diferentes frações, de modo que a microflora ruminal tenha ao mesmo tempo quantidade suficiente de energia (carboidratos) e de proteína (nitrogênio) para a manutenção e crescimento. O uso de rações sincronizadas para a liberação de N e energia no rúmen tem sido avaliado em diversos experimentos e os resultados são controversos em relação aos benefícios na produção microbiana, na digestibilidade e na produção animal (Henning et al., 1993; Shabi et al., 1998; Fregadolli et al., 2001; Valkeners et al., 2004).

Entre os argumentos para explicar a falta de efeito da sincronização, afirma-se que, frente a um excesso de glicídios na dieta, as bactérias ruminais sintetizam e acumulam amido (podem ter até 75 % na sua constituição) estocado para posterior utilização quando o suprimento for adequado

(Dewhurst et al., 2000). Outro ponto seria a reciclagem de nitrogênio no organismo, onde a uréia do plasma pode ser considerada como um *pool* de reserva de nitrogênio, que é utilizado durante períodos de disponibilidade excessiva de N no rúmen, podendo, então, ser reciclado e voltar ao rúmen durante períodos subseqüentes de deficiência. (Valkeners et al., 2004). Bach et al. (2005) revisaram a literatura em relação ao metabolismo de nitrogênio nos ruminantes e comentaram sobre a falta de dados conclusivos em relação à sincronização e seus efeitos sobre a síntese de proteína microbiana, citando a complexidade do ecossistema dos microorganismos ruminais, além de afirmarem que o nitrogênio reciclado para o rúmen pode contribuir para a estabilização do crescimento microbiano, mesmo quando o suprimento de N e energia não é bem sincronizado.

Partindo-se do princípio de que os níveis de amônia ruminal e sanguínea estão inter-relacionados, supõe-se a perpetuação da reciclagem de nitrogênio no organismo, principalmente em situações onde o alimento é deficiente em proteína. Em situações onde há baixo consumo de proteína, uma grande quantidade de nitrogênio é reciclado, diminuindo drasticamente as porções deste na urina (Van Soest, 1994). Owens & Zinn (1988) relataram que o sistema de reciclagem de nitrogênio no rúmen se adapta facilmente à rapidez de liberação de amônia pelas fontes de nitrogênio não protéico, desde que as concentrações não atinjam níveis tóxicos.

2.4 Nível e tipo de suplemento nitrogenado e seus efeitos sobre o desempenho e alguns parâmetros digestivos

O acréscimo de nutrientes na dieta visa fundamentalmente o

incremento na produção. Para que tal objetivo seja concretizado há uma série de mecanismos digestivos e metabólicos que são alterados, e por meio do estudo de tais alterações, buscam-se explicações da forma como isso modifica o desempenho.

O consumo voluntário de alimento é uma medida importante na avaliação, pois apresenta alta correlação com o desempenho animal. O estudo das suas alterações é um dos maiores desafios dos pesquisadores de ruminantes por apresentar características multifatoriais e influenciar diretamente nos demais parâmetros. Inúmeras pesquisas e modelos de estimativa do consumo foram criados, e a única certeza que se tem é da existência de vários fatores que interagem influenciando no consumo, além de diferentes situações que vão determinar o nível de ingestão de um ou outro alimento (Mertens, 1994).

O efeito positivo no consumo foi citado pela maioria dos estudos de suplementação nitrogenada em dietas à base de feno de baixa qualidade, encontrando-se resultados consistentes (McCollum & Horn, 1990; Salisbury et al., 2004). O NRC (1996) considerou que uma dieta deficiente em proteína pode diminuir o consumo de alimento, sendo tal efeito revertido pela simples suplementação de PDR (Galyean & Goetsch, 1993). McCollum & Horn (1990) citaram que tais respostas são de efeito ruminal (suprimento de N no rúmen e efeitos associados na digestão e taxa de passagem) e extraruminal (resposta metabólica à alteração do fluxo de nutrientes).

Paterson et al. (1994) em extensa revisão sobre os efeitos da suplementação no consumo de volumoso verificaram que, na maioria dos trabalhos, a suplementação aumentou a ingestão de matéria seca, sendo as

respostas, em termos de consumo, maiores quando os suplementos continham no mínimo 20 % de PB. Os autores ainda citaram que mesmo com o incremento no consumo, este pode não ser suficiente para o animal satisfazer as suas exigências em manutenção e/ou crescimento.

Köster et al. (1996) infundiram quantidades crescentes de caseína no rúmen de bovinos recebendo feno de baixa qualidade e verificaram efeitos positivos no consumo de matéria orgânica digestível (CMOD), onde o grupo testemunha (0 g/dia de PDR no suplemento) apresentou um consumo de 12,9 g/UTM/dia enquanto o tratamento com 720 g/dia de PDR chegou a 37,4 g/UTM/dia. Os resultados de Mallmann et al. (2006) concordaram com tais afirmações ao verificarem uma resposta quadrática, com aumento no CMOD de 35,22 g/UTM/dia (testemunha) de até 42,86 g/UTM/dia (suplemento com 0,55 g de N/UTM/dia). No entanto, alguns dados da literatura não mostraram diferenças significativas no consumo (Hess et al., 1994; Currier et al., 2004; Silveira, 2007), mostrando não haver unanimidade nas respostas ao suplementar PDR para ruminantes consumindo volumoso de baixa qualidade.

Ao se comparar uréia comum e uréia de lenta liberação, os resultados têm se mostrado bastante semelhantes, ou seja, sem diferenças significativas. Tedeschi et al. (2002), em experimento com bovinos de corte para terminação em confinamento, testaram níveis de substituição de uréia comum por uréia encapsulada com polímeros e verificaram consumos de matéria seca (CMS) semelhantes ($P > 0,05$), onde o tratamento com uréia comum teve o valor de 9,38 kg/dia, em comparação à uréia de liberação lenta com 9,03 kg/dia. Os dados de Galo et al. (2004), trabalhando com bovinos leiteiros, concordaram

com o trabalho anterior, onde o CMS foi de 23,6 kg/dia, independente do tipo de NNP.

Os efeitos na digestibilidade dos componentes da dieta, por ocasião da suplementação de nitrogênio, muitas vezes podem não aparecer pelo fato da compensação que ocorre entre a maior digestão da matéria orgânica e síntese microbiana com a maior taxa de passagem pelo aumento do consumo.

Merchen & Bourquin (1994), baseados em alguns dados da literatura, concluíram que a digestibilidade pode ser aumentada e justificam esse fato pelo aporte de substrato que os microorganismos recebem. Os resultados de Mathis et al. (2000) corroboraram tal afirmação. Estes autores utilizaram níveis de suplementação de proteína degradável em feno de sorgo forrageiro (4,3 % de PB e 59,5 % FDN), e verificaram respostas lineares para DFDN (de 35,3 % para 54,4 %) e DMO (de 46,3 % para 61,7 %).

No entanto, outros dados da literatura mostram-se contrários. Mallmann et al. (2006), utilizando suplementação de N na forma de nitrogênio não-protéico, não verificaram efeito de suplementação com níveis crescentes de uréia (0, 0,28, 0,55, 0,83 e 1,11 g/UTM) sobre o coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica, FDN, celulose e hemicelulose. Swanson et al. (2004) e Salisbury et al. (2004) não verificaram diferenças nos coeficientes de digestibilidade ao utilizar suplemento protéico em dietas baseadas em feno de baixa qualidade.

Os dados de Ferreira et al. (1995) demonstraram através de avaliação de liberação de amônia *in situ*, a superioridade da uréia encapsulada por polímeros em relação à uréia comum. Os autores verificaram níveis de amônia mais constantes ao incubar as diferentes fontes de NNP no rúmen. O pico de

concentração de amônia do tratamento com uréia foi na primeira hora após a incubação (30,54 mg/100 ml), declinando para 14,02 mg/100 ml na hora 4, enquanto os níveis de amônia ruminal do tratamento com ULL, nesses mesmos horários, variaram de 39,59 até 29,64 mg/100 ml.

A avaliação *in vitro* conduzida por Galo et al. (2004) apresentou resultados semelhantes. Os autores verificaram que, em cinco minutos, os níveis de nitrogênio já alcançavam 250 mg/100 ml no tratamento com uréia comum, enquanto o tratamento com uréia de liberação lenta só atingiu esse valor após 60 minutos de incubação. A taxa de liberação de nitrogênio foi 67 % maior para a uréia comum em relação à ULL.

As avaliações da influência da suplementação nitrogenada na cinética digestiva apontaram resultados de incremento da mesma. Klevesahl et al. (2003) obtiveram taxas de passagem da fase sólida do conteúdo ruminal maiores quando os animais foram suplementados com PDR, observando um comportamento quadrático em função dos níveis de inclusão de caseína na dieta. O tratamento com nível 0 % do PC de caseína teve uma taxa de passagem da fase sólida de 2,2 %/hora, e ao adicionar 0,123 % de PC de caseína a taxa de passagem passou para 3,5 %/hora.

Umunna et al. (1995), suplementando ovinos com fontes de nitrogênio com diferentes degradabilidades protéicas, alimentados com dois volumosos de baixa qualidade (feno de aveia: 4,9 % PB, 61,5 % FDN ou palha de aveia: 2,4 % PB, 72,7 % FDN) observaram efeitos do tipo de suplemento sobre a taxa de passagem pelo rúmen-retículo, apresentando valores de 1,73 até 4,29 %/hora.

O efeito na degradabilidade por ocasião de suplementação nitrogenada

pode ocorrer de maneira secundária ao estímulo do consumo de volumoso. Com o aumento na ingestão de alimento, a magnitude da digestão da matéria seca e da parede celular é reduzida (Merchen & Bourquin, 1994), tal observação sendo devido ao menor tempo de permanência das partículas alimentares no rúmen, o que poderia ser compensado por um aumento na taxa de digestão.

O efeito da suplementação protéica na síntese de proteína microbiana ocorreria pelo incremento de nitrogênio disponível para os microorganismos ruminais, suprindo dessa forma, um dos substratos essenciais para o crescimento da biomassa. Koster et al. (1996), utilizando níveis de PDR (0, 180, 360, 540, 720 g/dia) em dieta com volumoso com 1,9 % de PB e 77 % de FDN, verificaram efeito quadrático ($P < 0,01$) na estimativa de fluxo de nitrogênio para o duodeno e efeito linear ($P < 0,01$) na eficiência de síntese microbiana.

Rihani et al. (1993), utilizando dois níveis de suplementação com uréia (1,47 e 2,52 % da dieta total) em dieta baseada em polpa de citrus, feno de azevém e melão, com a seguinte composição: 5,3 % de PB e 33,5 % de FDN verificaram que a eficiência do nitrogênio (nitrogênio não-amoniaco do abomaso/consumo de nitrogênio) foi 31 % maior ($P < 0,01$) no tratamento com nível alto de uréia, em relação ao nível baixo. Porém, não encontraram diferença ($P > 0,01$) na eficiência microbiana e no fluxo de nitrogênio para o intestino.

Através da revisão de literatura verificou-se benefícios da suplementação protéica, e as respostas variando em função de muitos fatores, dentre eles a qualidade da dieta base, mas principalmente do tipo de composto

nitrogenado que é fornecido como fonte de PDR. No entanto, alguns trabalhos não encontraram as respostas comumente veiculadas, mostrando assim a necessidade de avaliações mais metódicas. A avaliação de produtos que procuram melhorar o desempenho animal deve estar aliada sempre à realidade econômica do sistema produtivo, de maneira a não inviabilizá-lo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e duração do experimento

O trabalho foi realizado no setor de ruminantes do Laboratório de Ensino Zootécnico (LEZO) Prof. Geraldo Velloso Nunes Vieira, e as análises laboratoriais foram feitas nos laboratórios de Nutrição de Ruminantes (LANUR) e de Nutrição Animal (LNA) Prof. Dulphe Pinheiro Machado, todos pertencentes ao Departamento de Zootecnia da UFRGS.

O experimento iniciou em 24 de abril de 2006 e terminou em três de julho de 2006, sendo realizados dois períodos experimentais.

3.2 Animais experimentais

Foram utilizados oito bovinos machos, castrados, cruzados (Angus x Nelore x Charolês), com 18 meses de idade e peso médio de 236 ± 31 kg e fistulados no rúmen em dezembro de 2005. Antes de iniciar o experimento, os animais foram dosificados com vermífugo a base de Doramectina e receberam complexo vitamínico ADE.

3.3 Tratamentos

Os tratamentos foram aleatoriamente distribuídos entre os animais, diferenciando-se entre si pelas fontes de nitrogênio não-protéico (NNP) utilizadas, com exceção do Tratamento 1 - Tratamento testemunha, sem

nitrogênio adicionado na sua formulação, sendo os seguintes:

Tratamento 1: Feno + suplemento com sal mineralizado (SM);

Tratamento 2: Feno + suplemento protéico com uréia comum (SU);

Tratamento 3: Feno + suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 1 (UE1);

Tratamento 4: Feno + suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 2 (UE2).

As fontes de NNP encapsuladas dos tratamentos 3 e 4 diferenciaram - se pela forma de proteção da uréia realizada pela empresa responsável pela sua fabricação. O processo de encapsulamento envolveu o uso de resina de eucalipto, minerais, enxofre ou caulim, acrescentados intercaladamente como cobertura em torno do núcleo de uréia. A diferença entre os dois produtos era a finalização com caulim (Tratamento 3) ou com flor de enxofre (Tratamento 4), além da composição em quantidade de material usado das diferentes camadas.

3.4 Condução do experimento

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com repetição no tempo (dois períodos). Cada período experimental teve uma duração de 25 dias sendo assim distribuído:

Dia 1 ao dia 10 – período de adaptação;

Dia 11 ao dia 17 – fase de consumo máximo, coleta de fezes para digestibilidade e taxa de passagem da fase sólida;

Dia 18 ao dia 19 – Coleta de líquido ruminal para determinação de pH, amônia e taxa de passagem da fase líquida;

Dia 20 ao dia 25 – Incubações com sacos de náilon para determinação da degradabilidade *in situ*.

Os animais permaneceram em gaiolas metabólicas individuais de ferro galvanizado, onde dispunham de cochos separados para fornecimento de feno e suplemento e bebedouro automático tipo concha. Os animais foram alocados nas baias de forma aleatorizada, sendo realizado sorteio no início de cada período para definir as baias e os tratamentos de cada unidade experimental.

3.4.1 Alimentos e alimentação

O volumoso e o suplemento foram fornecidos em duas refeições as nove e às 17 horas. O suplemento foi colocado em cochos separados do feno e oferecido logo após este.

3.4.2 Feno

Foi utilizado feno de Tifton (*Cynodon dactylon* L.), cuja composição é apresentada na Tabela 1. O período de adaptação foi iniciado oferecendo em torno de 2 % do peso corporal de feno, e com o passar dos dias, foi aumentada gradativamente para permitir, no mínimo, sobras de 15 % da quantidade oferecida.

Tabela 1. Composição bromatológica, nutrientes digestíveis totais (NDT) e proteína degradável no rúmen (PDR) do feno e dos concentrados, onde: SM (sal mineralizado); SU (suplemento protéico com uréia); UE1 (suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 1) e UE2 (suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 2)

Composição	Feno		Suplementos			
	Período 1	Período 2	SM	SU	UE1	UE2
MS (%)	88,79	89,79	97,59	89,27	88,86	90,40
MO (%)	91,75	92,29	11,40	65,08	59,33	60,57
PB (%)	4,84	4,40	-	53,78	47,70	47,50
FDN _c (%)	81,31	85,62	-	13,40	9,59	8,94
FDA (%)	43,37	46,73	-	5,40	4,79	4,33
LDA (%)	5,42	4,55	-	1,29	1,43	1,40
NDT ^a (%)	58,25	56,99	-	40,36	41,70	41,92
PDR (% PB)	50,17	50,22	-	93,91	93,57	94,78

^a Calculado de acordo com Weiss (1993).

3.4.2.1 Concentrados

As misturas dos concentrados foram preparadas antecipadamente e suas respectivas formulações são apresentadas na Tabela 2. A composição bromatológica dos concentrados é apresentada na Tabela 1. As fórmulas dos suplementos foram feitas procurando obter-se uma relação entre o consumo de proteína degradável no rúmen e consumo de matéria orgânica digestível (CPDR/CMOD) de 11 %. A quantidade de suplemento oferecido foi de 0,1 % do peso corporal (PC).

Tabela 2. Composição dos concentrados dos diferentes tratamentos, na base úmida, onde: SM (sal mineralizado); SU (suplemento protéico com uréia); UE1 (suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 1) e UE2 (suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 2)

Componentes	Suplementos			
	SM	SU	UE1	UE2
Grão de milho	-	23,07	23,41	25,29
Glúten de milho	-	9,05	8,77	7,44
Farelo de soja	-	14,73	16,14	15,99
Farelo de trigo	-	10,60	-	-
Uréia	-	11,23	-	-
UE F1 ^a	-	-	19,97	-
UE F2 ^b	-	-	-	19,24
Sal mineralizado	100	31,24	31,71	32,04

^a Uréia encapsulada, fórmula número 1;

^b Uréia encapsulada, fórmula número 2.

3.4.3 Determinações

3.4.3.1 Digestibilidade e consumo

Na fase de consumo máximo e digestibilidade os animais receberam feno suficiente para que as sobras fossem de pelo menos 15 %, conforme propõe Rymer (2000). Nesta fase, as sobras de feno foram pesadas a cada dia, retiradas sub-amostras (10 % do total de sobras) que, então, foram armazenadas para formação de uma amostra composta que posteriormente foi moída na sua totalidade a 5 mm e sub-amostrada para posterior processamento. A digestibilidade foi determinada através de medidas diretas de consumo e produção fecal, sendo a segunda, medida pela coleta total de fezes. Todas as fezes foram recolhidas diariamente no turno da manhã, pesadas, sub-amostradas (10 % da produção diária) e armazenadas em câmara fria (-15°C), para no final do período serem homogeneizadas e subamostradas para análises posteriores.

3.4.3.2 Taxa de passagem da fase sólida

A taxa de passagem da fase sólida foi medida através da técnica do cromo mordente conforme metodologia descrita por Ospina (1995). A fibra foi extraída fervendo-se uma amostra do feno utilizado no experimento (aproximadamente 900 g) em uma solução a 3 % de detergente em pó comercial durante 24 horas, resultando em um material com 90,5 % de FDN. Posteriormente, esta fibra foi colocada em uma solução de 9 % de dicromato de sódio, por 16 horas, a 90°C. Após a fibra marcada foi lavada com água destilada em um lavador de pipetas e o cromo foi reduzido com ácido ascórbico na relação de 0,5:1 (aproximadamente 300 g de fibra e 150 g de ácido ascórbico). Após estes procedimentos a fibra foi lavada com água destilada e seca em estufa de ventilação forçada com temperatura de 60°C (Ospina, 1995). Foram colocadas diretamente no rúmen dos animais, em torno de 30 g da fibra marcada e posteriormente as fezes foram coletadas diretamente do reto, em intervalos de 3 horas até as 33 horas, de 4 em 4 até as 73 e de 12 em 12 até as 133 horas.

A concentração de cromo nas fezes foi analisada pela técnica de Tedesco (1992) com as seguintes modificações: o ácido nítrico foi misturado ao ácido perclórico na proporção de 5:1 antes de ser adicionado às fezes que seriam digeridas. Após a digestão, foi feita a leitura em espectrofotômetro de absorção atômica (Varian – modelo Intralab) com comprimento de onda de 357,9 nm, utilizando acetileno como gás redutor, oxigênio como oxidante e arraste por combustão. Os dados das concentrações de cromo nas fezes foram ajustados ao modelo proposto por Grovum & Williams (1973):

$$Y = Ae^{-k_1(t-TT)} - Ae^{-k_2(t-TT)} \quad \text{se } t > TT$$

$$Y = 0 \quad \text{se } t < TT$$

Onde:

Y é a concentração do Cr na MS das fezes, A não tem um significado biológico bem definido, k_1 é uma medida quantitativa da velocidade fracional de passagem do marcador pelo rúmen-retículo, k_2 , ainda tendo um significado incerto, é considerado como uma medida quantitativa da velocidade fracional de passagem do marcador pelo ceco e cólon proximal, TT é uma medida do tempo de trânsito através do omaso, intestino delgado e parte distal do intestino grosso, podendo ser considerado como o tempo mínimo gasto por uma partícula de marcador para transitar entre o local de introdução e o de amostragem e t é o tempo decorrido entre a dosagem do marcador e a coleta de fezes.

O tempo médio de retenção do marcador no rúmen-retículo é igual a $TRR = 1/k_1$. Da mesma forma, o tempo médio de retenção do marcador no trato digestivo posterior é igual a: $TRC = 1/k_2$ e o tempo total médio de retenção do marcador no TGI é igual a: $TTR = TRR + TRC + TT$.

Os parâmetros k_1 , k_2 , TT e A foram obtidos ajustando os dados da concentração fecal de Cr ao modelo proposto por Grovum & Williams (1973) mediante o aplicativo Statgraphics 5.1 no menu *Special/advanced regression/nonlinear regression* usando o método iterativo de Marquardt da regressão não linear.

3.4.3.3 Taxa de passagem da fase líquida

A taxa de passagem da fase líquida do conteúdo ruminal foi estimada

usando o sal sódico de Co-EDTA como marcador da fase líquida, preparado segundo a técnica de Úden et al. (1980).

O Co-EDTA foi obtido pesando 100 g de acetato de Co (II), 116,2 g de EDTA e 16 g de NaOH e adicionados num copo de beaker de 5 litros. A seguir foram adicionados 800 ml de água destilada e aquecida a solução. Esperou-se esfriar e foram adicionados 80 ml de peróxido de hidrogênio (30 %) e, então, a solução permaneceu em repouso durante a noite. Após esse período foram adicionados 1200 ml de etanol (95 % v/v) e foi levado para refrigeração (5°C) onde permaneceu durante a noite. Finalmente os cristais formados foram lavados com etanol (80 % v/v) em filtro de café e secos em estufa a 90°C. Para a dosificação do Co-EDTA, o mesmo foi diluído da seguinte forma: foram pesados 3,28 g dos cristais e dissolvidos em 30 ml de água destilada, sendo essa a dose por animal.

A solução foi, então, injetada através da cânula ruminal antes da refeição da manhã com o auxílio de uma seringa, sendo infundida em vários locais do retículo-rúmen. Duas horas após a injeção do marcador foi iniciada a coleta de líquido ruminal (em torno de 20 ml) em intervalos de 2 horas nas cinco primeiros horários de coleta passando a 3 horas até as 34 horas. As amostras coletadas foram, então, acondicionadas em recipientes plásticos, adicionadas 8 gotas de H₂SO₄ concentrado e congeladas para posterior análise.

A concentração de Co no líquido ruminal foi determinada em um espectrofotômetro de absorção atômica (Perkin - Elmer 2380) com comprimento de onda de 240,7 nm, utilização de acetileno como gás redutor, oxigênio como oxidante e arraste por combustão. Com base nas concentrações

de Co nas amostras coletadas, calculou-se a taxa de passagem, conforme descrito por Warner & Stacy (1968). A taxa de passagem (K1Co) foi calculada como a inclinação da regressão linear relacionando o logaritmo natural da concentração ruminal de Co e o tempo após a dosagem.

3.4.3.4 pH ruminal e nitrogênio amoniacal

O pH ruminal foi medido no dia 18 do experimento. Foram retiradas amostras para determinação de nitrogênio amoniacal e leitura de pH, em 0, 1, 2, 4, 6 e 8 horas após a alimentação da manhã. As amostras de líquido ruminal foram coletadas e imediatamente levadas ao laboratório, onde foram realizadas leituras de pH utilizando-se um pH-metro digital, com eletrodos para pH e temperatura. As alíquotas destinadas à determinação de nitrogênio amoniacal foram filtradas em duas camadas de gaze, acidificadas com 8 gotas de ácido sulfúrico concentrado e congeladas para determinação posterior.

3.4.3.5 Degradabilidade ruminal da FDN

O efeito dos tratamentos sobre a magnitude e a taxa de digestão da FDN do feno foi determinado pela técnica de sacos de náilon com incubações ruminais. Foram confeccionados sacos de incubação com dimensões de 22 x 10 cm, utilizando-se náilon com poros de 40 micra. Antes de cada incubação, os sacos foram secos em estufa de ventilação a 60° C, numerados e pesados. O material incubado foi uma amostra do feno oferecido aos animais e moído em moinho tipo *Wiley* com peneira de 5 mm. Foram utilizadas em torno de 5 g de amostra por saco, de modo a manter uma relação de 12-14 mg de amostra/cm² (Huntington et al., 1995). Os sacos foram amarrados com atilhos de borracha e mantidos no saco ventral do rúmen com uma corrente de ferro

de aproximadamente 500 g. As incubações foram iniciadas pela manhã, uma hora após o fornecimento do alimento. Os sacos foram incubados seqüencialmente por 0, 1, 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72 e 96 horas, e retirados simultaneamente. Após serem retirados do rúmen, os sacos foram lavados mecanicamente até que a água da lavagem saísse límpida. Foram também utilizados sacos de náilon para o tempo zero (*washing loss*), os quais foram submergidos em água morna (38 °C) por 10 minutos e posteriormente sofreram o mesmo processo de lavagem que os outros sacos. Após a lavagem, os sacos foram secos em estufa de ventilação a 60° C por 72 horas, resfriados em dessecador e pesados. O resíduo obtido assim, bem como a amostra do material incubado foram moídos a 1 mm e analisados para FDN_c. Os dados foram ajustados ao modelo de McDonald (1981):

$$D = a + b(1 - e^{-kd(t-lag)})$$

Onde:

D é o desaparecimento da FDN no tempo de incubação, a é o intercepto e representa a fração de substrato rapidamente degradável, b representa o substrato potencialmente degradável, kd é a constante da cinética de degradação e lag é a duração do período pré-fermentativo (tempo de colonização). Os dados foram ajustados utilizando o programa *Statgraphics 5.1* no menu *Special/advanced regression/nonlinear regression* usando o método iterativo de Marquardt da regressão não linear. Alguns resultados de desaparecimento de FDN foram negativos, sendo, então, corrigidos para o valor de 0 (zero).

A degradabilidade efetiva foi calculada pela seguinte fórmula proposta

por Orskov & McDonald (1979):

$$DE = a + (b \times c)/(c + k1)$$

Onde:

DE é a degradabilidade efetiva, *a*, *b* e *c* estão definidos anteriormente e *k1* é a taxa de passagem pelo rúmen-retículo, definida anteriormente (Item 3.4.2.2) e calculada para cada animal em cada período.

3.5 Análises laboratoriais

As amostras de alimento e sobras, juntamente com as amostras de fezes após a secagem a 60°C, foram moídas em moinho tipo *Wiley* com peneira de 1 mm. Foi determinada a matéria seca do feno, sobras e concentrado por secagem em estufa a 105°C até peso constante e das fezes, após secagem a 60°C para cálculo da matéria parcialmente seca (MPS) e posteriormente a 105°C para cálculo da MS.

As cinzas foram determinadas após 4 horas de incineração em mufla a 550°C e por diferença determinada a matéria orgânica (MO). O nitrogênio total (NT) foi determinado pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995) e multiplicando-se o percentual de nitrogênio total por 6,25 obteve-se a percentagem de proteína bruta (PB).

A FDNc, a Fibra em Detergente Ácido (FDA) e Lignina em Detergente Ácido (LDA) foram determinadas segundo Van Soest & Robertson (1985). O nitrogênio amoniacal foi determinado através da destilação com óxido de magnésio de acordo com a AOAC (1995).

3.6 Delineamento experimental e análises estatísticas

O experimento foi conduzido em delineamento completamente casualizado, com quatro repetições (duas por período). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Os dados de degradabilidade, NH_3 e pH ruminal foram analisados em parcelas subdivididas através do procedimento GLM (*general linear models*) do aplicativo computacional SAS versão 8.1 (SAS, 2001).

3.7 Modelos matemáticos

Os dados de digestibilidade, consumo, taxas de passagem e parâmetros de degradação foram avaliados seguindo o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + N_i + P_j + (NP)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} = i-ésima observação na i-ésima fonte de nitrogênio, no j-ésimo período,

μ = efeito médio,

N_i = efeito da i-ésima fonte de nitrogênio ($i = \text{SM, SU, UE1, UE2}$)

P_j = efeito do j-ésimo período ($j = 1, 2$)

$(NP)_{ij}$ = efeito da ij-ésima interação entre fonte de nitrogênio e período

ε_{ij} = resíduo.

Os dados de pH, N- NH_3 e degradabilidade ruminal da FDN seguiram o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijkl} = \mu + N_i + P_j + (NP)_{ik} + H_k + (NH)_{ik} + (PH)_{jk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Onde:

Y_{ijkl} = i-ésima resposta da fonte de nitrogênio no j-ésimo período,

μ = efeito médio,

N_i = efeito da i-ésima fonte de nitrogênio ($i = SM, SU, UE1, UE2$),

P_j = efeito j-ésimo período de avaliação ($j = 1,2$),

$(NP)_{ik}$ = k-ésimo erro associado a parcela principal (erro a),

H_k = efeito do k-ésimo horário de amostragem,

$(NH)_{ik}$ = efeito da interação da i-ésima fonte de nitrogênio e o k-ésimo horário de amostragem,

$(PH)_{jk}$ = efeito da interação do j-ésimo período e do k-ésimo horário de amostragem,

ε_{ijkl} = l-ésimo erro associado a sub-parcela (erro b).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Nitrogênio amoniacal e pH ruminal

As médias de tratamentos para as concentrações de nitrogênio amoniacal no rúmen expressos em mg por 100 ml (mg/100 ml) nos respectivos horários de coleta são apresentadas na Tabela 3. As observações individualizadas encontram-se no Apêndice 2 e a análise de variância no Apêndice 20.

Tabela 3. Valores médios da concentração de nitrogênio amoniacal no líquido ruminal para cada tratamento e horário de amostragem expressa em mg/100 ml

Horários	Tratamentos ¹				Média	EP ²
	SM	SU	UE1	UE2		
0	2,19	2,47	2,34	2,66	2,41	0,10
1	3,80 ^b	9,87 ^a	9,12 ^a	10,25 ^a	8,26	1,51
2	4,94 ^c	9,40 ^b	12,72 ^a	9,30 ^b	9,09	1,60
4	3,99 ^{bc}	6,84 ^a	4,18 ^b	6,46 ^a	5,37	0,75
6	1,90	3,80	3,61	3,23	3,13	0,43
8	2,47	3,99	3,42	4,37	3,56	0,41
Média	3,21	6,06	5,90	6,05	2,41	-
EP ⁽²⁾	0,49	1,27	1,67	1,30	-	-

¹SM: Sal mineralizado; SU: suplemento protéico com uréia comum; UE1: suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 1; UE2: suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 2 (UE2).

²Erro padrão das médias. Médias na mesma linha, com letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

Foi observada interação tratamento x horário para a concentração de N-NH₃ (P = 0,0247). De acordo com o esperado, no tempo 0, não se verificaram diferenças significativas (P > 0,05) entre os tratamentos. No

entanto, a partir da hora 1 até a hora 4, as concentrações de N-NH₃ ruminal foram diferentes ($P < 0,05$). Na hora 1, as fontes de NNP foram superiores ($P < 0,05$) à testemunha, sendo o seu valor correspondente a 39 % da média dos demais tratamentos. Na hora 2, o maior valor ($P < 0,05$) foi do UE1 sendo superior ao SU e o UE2. No entanto, na hora 4, a situação se inverteu com o SU e o UE2 sendo superiores ($P < 0,05$) ao UE1, que, por sua vez, não diferiu do tratamento testemunha. Nas horas 6 e 8, todos os tratamentos comportaram-se de forma semelhante ($P > 0,05$).

Os valores médios de nitrogênio amoniacal observados para os diferentes tratamentos variaram entre 3,21 e 6,05 mg/100 ml, muitas das concentrações estiverem abaixo do nível mínimo para adequada atividade fibrolítica ruminal, conforme aqueles preconizados por Satter & Slyter (1974), os quais estariam na faixa de 5-8 mg/100 ml. Leng (1990), no entanto, afirma que em termos de consumo de volumosos de baixa qualidade, o mesmo é maximizado com níveis mínimos de nitrogênio amoniacal de 20 mg/100 ml, embora cite também que a degradabilidade ruminal da forragem seja otimizada com níveis próximos a 10 mg/100 ml. De acordo com os valores sugeridos por Satter & Slyter (1974), somente os tratamentos SU e UE2 (de 1 a 4 horas) e UE1 (de 1 a 2 horas) se enquadrariam como satisfatórios. O SM em nenhum horário atingiu o nível mínimo de acordo com a literatura. Apesar disso, não foram verificadas diferenças tanto na digestibilidade, quanto no consumo de alimento. Resultados que corroboram a afirmação de Silveira (2007) de que o nível ótimo de amônia ruminal depende do tipo de dieta e não é um valor fixo.

Esperava-se que o principal efeito da uréia encapsulada em comparação à uréia comum fosse justamente o de equilíbrio das

concentrações de amônia ao longo do dia, o que na verdade não ocorreu, sendo possível estabelecer que os tratamentos feitos com o objetivo de liberar a uréia lentamente não foram efetivos, isto é, não produziram uma uréia de lenta liberação ruminal. O único efeito verificado foi sobre o tratamento testemunha, e mesmo assim, em uma pequena parcela dos horários. Ferreira et al. (2005) observaram resultados mais satisfatórios ao comparar uréia comum com UE. Estes autores citam que o pico de concentração de nitrogênio amoniacal da uréia comum foi de 30,54 mg/100 ml na primeira hora após a incubação, diminuindo para 14,02 mg/100 ml 4 horas após a incubação, enquanto os níveis de amônia ruminal do tratamento com UE nesses mesmos horários variaram de 39,59 até 29,64 mg/100 ml.

Huntington et al. (2006) estudaram o efeito da uréia de liberação lenta (ULL) na absorção de amônia e produção de nitrogênio na forma de uréia no fígado de bovinos e verificaram que os níveis de nitrogênio amoniacal ruminal do tratamento com uréia mantiveram-se sempre acima de 30 mmol, enquanto o tratamento com ULL teve níveis constantes de 15 mmol. De acordo com os autores, esse comportamento diferenciado da ULL foi efetivo no sentido de minimizar os efeitos da rápida liberação de amônia no rúmen e seus efeitos subseqüentes nos metabolismos da amônia, uréia, glicose e lactato.

Conforme a Figura 1, onde é apresentada a curva da concentração de nitrogênio amoniacal em função dos horários de coleta, verifica-se que a UE (independente do tipo de encapsulamento) teve liberação de amônia semelhante à uréia comum, mostrando, provavelmente, que a disponibilidade de nitrogênio não foi mais constante para os microorganismos. Tal fato se deve, provavelmente, a problemas na forma de encapsulamento da uréia, ou

seja a proteção não foi efetiva a ponto de promover a liberação mais lenta do nitrogênio não-protéico.

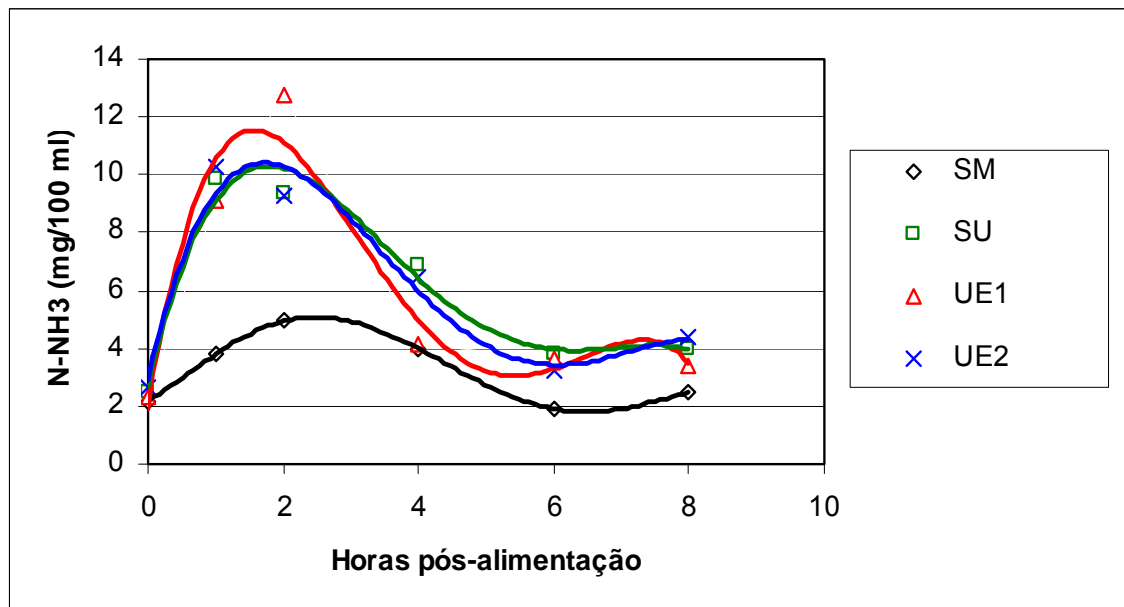


Figura 1. Efeito dos tratamentos na relação entre o tempo de coleta pós-alimentação (horas) e o nitrogênio amoniacal (N-NH₃, mg/100 ml).

As médias de tratamentos dos dados de pH nos respectivos horários de coleta são apresentadas na Tabela 4. As observações individualizadas encontram-se no Apêndice 2 e a análise de variância no Apêndice 21.

Não foram observados efeitos dos tratamentos ($P = 0,171$) nem da interação tratamento x horário ($P = 0,1405$) sobre o pH. Os valores de pH foram bastante próximos independente do tratamento aplicado, variando de 6,70 (SU na hora 8) até 7,02 (UE1 na hora 1). Profundas alterações no pH nesse tipo de dieta não são esperados, visto a baixa relação concentrado:volumoso dos tratamentos utilizados. Segundo Fernandez et al. (1988) apud Ospina (1995), valores de pH superiores a 6,6 (onde se enquadram todos os dados deste experimento) são considerados ótimos para a celulólise.

Tabela 4. Valores médios de pH do líquido ruminal para cada tratamento e horário de amostragem

Horários	Tratamentos ¹				Média	EP ²
	SM	SU	UE1	UE2		
0	6,93	6,85	6,88	6,73	6,85	0,04
1	6,96	6,97	7,02	6,87	6,95	0,03
2	6,95	6,84	7,00	6,83	6,90	0,04
4	6,91	6,75	6,97	6,74	6,84	0,06
6	6,88	6,76	6,90	6,81	6,84	0,03
8	6,89	6,70	6,84	6,87	6,82	0,04
Média	6,92	6,81	6,94	6,93	6,87	-
EP ⁽²⁾	0,01	0,04	0,03	0,03	-	-

¹SM: Sal mineralizado; SU: suplemento protéico com uréia comum; UE1: suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 1; UE2: suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 2 (UE2).

²Erro padrão das médias.

Os dados de Rihani et al. (1993) concordam com os resultados deste experimento, onde, trabalhando com suplementação protéica em dieta à base de volumoso de baixa qualidade, não verificaram efeitos no pH, com valor médio de 6,6. Da mesma forma, Kleveshal et al. (2003) não verificaram efeito ($P = 0,13$) de níveis de suplementação de proteína degradável no rúmen, com valores variando de 6,5 até 6,72. Silveira (2007) também não encontrou diferenças ao suplementar PDR, com valores variando nos horários de 6,6 (4 horas após a alimentação) até 6,82 (horário zero).

4.2 Coeficientes de digestibilidade

As médias de tratamentos para os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria orgânica (DMO), digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN), digestibilidade da hemicelulose (DHEM), digestibilidade da celulose (DCEL) e digestibilidade real da matéria orgânica (DMOr) são apresentados na Tabela 5, sendo os valores individualizados por período,

tratamento e animal apresentados no Apêndice 8. As análises de variância para os diferentes coeficientes de digestibilidade encontram-se nos apêndices 22 a 26.

Tabela 5. Médias de digestibilidade aparente da matéria orgânica (DMO, %), digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN, %), da celulose (DCEL, %), da hemicelulose (DHEM, %) e digestibilidade real da matéria orgânica (DMOr, %) com suas respectivas médias e coeficientes de variação (CV)

Parâmetros	Tratamentos ¹				Média	CV
	SM	SU	UE1	UE2		
DMO	53,46	52,81	53,35	52,36	52,99	4,47
DFDN	63,94	61,54	63,15	62,63	62,81	3,84
DHEM	66,07	64,93	66,39	65,78	65,79	3,77
DCEL	69,5	65,72	67,86	67,57	67,66	4,17
DMOr	67,05	65,65	66,79	66,62	66,53	3,66

Médias na mesma linha, com letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

1 – SM: Sal mineralizado; SU: suplemento protéico com uréia comum; UE1: suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 1; UE2: suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 2 (UE2).

O coeficiente de digestibilidade da MO não diferiu ($P > 0,05$) entre os tratamentos com média de 52,99 %. Da mesma forma, os outros coeficientes não foram significativamente diferentes entre si com médias de 62,81, 65,79, 67,66 e 66,53 para DFDN, DHEM, DCEL e DMOr, respectivamente. Tais resultados comprovam não haver mudanças na digestibilidade com a utilização de uréia encapsulada (UE) em relação à uréia comum. Os dados de Galo et al. (2004) também não foram diferentes em termos de digestibilidade da matéria orgânica e da FDN ao comparar uréia comum e UE, com os seguintes valores: DMO (68,4 e 69,2 %, respectivamente) e DFDN (48,8 e 49,9 %, respectivamente). Contudo os autores encontraram diferença ($P < 0,05$) na digestibilidade da matéria seca (Uréia comum: 65,9 e UE: 69,3 %), e justificam tal observação pela utilização de diferentes alimentos para manter as dietas

com composições químicas semelhantes.

Da mesma forma que a comparação UE x Uréia, a suplementação com proteína degradável (PDR) não se mostrou eficiente no sentido de aumentar a digestibilidade do feno de baixa qualidade utilizado no experimento, concordando com os resultados de Mallmann et al. (2006). Esses autores trabalharam com níveis de suplementação de N na forma de uréia (0, 0,28, 0,55, 0,83 e 1,11 g de uréia/UTM) em dieta baseada em feno semelhante ao do presente experimento (3,86 % de PB e 84 % de FDN), e não verificaram diferenças nos coeficientes de digestibilidade da matéria orgânica, parede celular e seus respectivos componentes. Koster et al. (1996) também não observaram diferenças ($P > 0,05$) na digestibilidade da matéria orgânica ao utilizar níveis de caseína como fonte de PDR em dieta baseada em volumoso de baixa qualidade. Da mesma forma, Kozloski et al. (2006, no prelo) não encontraram diferenças ($P > 0,05$) na digestibilidade quando suplementaram com uréia, ovinos recebendo feno de Tifton (5,3 % de PB e 76,7 % de FDN).

Klevesahl et al. (2003), em dieta baseada em volumoso com 4,9 % de PB e 75,3 % de FDN, verificaram efeito ($P < 0,01$) da suplementação de PDR nos coeficientes de digestibilidade da MO e da FDN. Em relação à parede celular, o tratamento testemunha teve DFDN de 50 %, e nos subseqüentes níveis de suplementação nitrogenada os valores variaram de 53 a 56 %. Tais resultados, afirmam os autores, estão diretamente ligados à suplementação de nutrientes essenciais ao ecossistema ruminal, particularmente compostos nitrogenados disponíveis para degradação no rúmen. É importante salientar a observação de que a resposta digestiva em relação à suplementação protéica é dependente de características do volumoso utilizado, sendo as mais

importantes: a quantidade de proteína degradável presente na forrageira e o seu potencial de digestão da parede celular. Isso explica em parte a variedade de resultados em termos de digestibilidade, visto a ampla diversidade de forrageiras, em diferentes situações edafoclimáticas, utilizadas nos experimentos dessa natureza.

De acordo com a extrema semelhança dos resultados em termos de digestibilidade e coeficientes de variação baixos, observa-se que a suplementação de proteína degradável não foi suficientemente efetiva em melhorar a digestão do alimento ingerido. Tais resultados concordando com os citados por Silveira (2007) que, utilizando níveis de suplementação protéica (0, 40, 80, e 120 % das exigências de PDR) em ovinos consumindo volumoso de baixa qualidade, não verificou efeito sobre a digestibilidade da matéria orgânica. O próprio autor justifica que possa haver também uma relação entre o potencial de digestibilidade do volumoso e a digestibilidade verificada no tratamento sem suplementação visto que, ao calcular o potencial de digestão da FDN (Weiss, 1993), a DMO_r foi estimada em 63,52 %, valor atingido nos dois maiores níveis suplementares. Tal situação se repete no presente experimento, onde a DMO_r estimada foi de 64,62 %, sendo próximo ao observado na média dos tratamentos (66,53 %), o que permite propor que como o potencial de digestão já foi atingido sem a suplementação, um incremento da mesma seria impossível por limitação do próprio volumoso.

Observando-se os valores médios de digestibilidade do presente experimento, se verifica que apesar de altos teores de parede celular e baixa concentração de nitrogênio, os coeficientes de digestibilidade foram relativamente altos. Tal fato pode ser explicado pelo volumoso utilizado (Tifton

85), que tem por característica uma alta digestibilidade, sendo esse o objetivo de seleção desse genótipo (Burton, 2001).

4.3 Consumo das frações nutritivas

As médias de tratamentos para o consumo de matéria seca (CMS), expressa como porcentagem do peso corporal (PC), consumo de nitrogênio em gramas por dia (CN), consumo de matéria orgânica total (CMO), consumo de fibra em detergente neutro (CFDN), consumo de matéria orgânica digestível (CMOD), consumo de matéria orgânica do feno (CMOfeno) expressos em gramas por unidade de tamanho metabólico (g/UTM) e relação entre consumo de proteína degradável no rúmen e CMOD (CPDR/CMOD) são apresentados na Tabela 6, sendo os valores individualizados por período, tratamento e animal apresentados no Apêndice 9. As análises de variância para os diferentes consumos das frações nutritivas encontram-se nos Apêndices 27 a 33.

Tabela 6. Médias de consumo de matéria seca (CMS, % do peso corporal), consumo de nitrogênio (CN, g/UTM), consumo de matéria orgânica total (CMO, g/UTM), consumo de fibra em detergente neutro (CFDN, g/UTM), consumo de matéria orgânica digestível (CMOD, g/UTM), consumo de matéria orgânica do feno (CMOf, g/UTM) e relação de consumo de proteína degradável no rúmen com o CMOD (CPDR/CMOD, %) com suas respectivas médias e coeficientes de variação (CV)

Parâmetros	Tratamentos ¹				Média	CV
	SM	SU	UE1	UE2		
CMS	2,27	2,47	2,41	2,48	2,41	11,41
CN	0,86 ^b	1,23 ^a	1,16 ^a	1,17 ^a	1,11	5,21
CMO	80,24	89,99	82,97	88,77	85,49	6,71
CFDN	73,31	80,38	74,99	79,28	76,99	6,37
CMOD	42,97	47,46	44,51	46,48	45,35	10,36
CMOf	80,14	87,69	80,9	86,61	83,84	9,65
CPDR/CMOD	6,34 ^b	9,96 ^a	9,86 ^a	9,57 ^a	8,93	7,01

Médias na mesma linha, com letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

1 – SM: Sal mineralizado; SU: suplemento protéico com uréia comum; UE1: suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 1; UE2: suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 2 (UE2).

O consumo das frações nutritivas, com exceção do consumo de nitrogênio, não foi afetado pelas fontes de nitrogênio não-protéico e nem pela suplementação de PDR. Em relação às fontes de nitrogênio, esse efeito já era esperado, visto os resultados encontrados na literatura. Tedeschi et al. (2002), trabalhando com bovinos de corte em fase de terminação com a seguinte dieta base: silagem de milho (40 % FDN e 7,97 % PB) e feno de gramínea (64,6 % FDN e 9 % PB) testaram níveis de substituição de uréia comum por uréia encapsulada por polímeros e verificaram consumos de matéria seca (CMS) semelhantes ($P > 0,05$). Os tratamentos com uréia comum e a UE tiveram os seguintes valores de consumo, respectivamente: 9,38 e 9,03 kg/dia. Galo et al. (2004), testando a UE e utilizando bovinos leiteiros, concordam com os dados da literatura e os do presente trabalho, com um CMS de 23,6 kg/dia,

independente do tipo de tratamento aplicado.

Os dados da literatura demonstram que a suplementação de PDR em dietas baseadas em volumoso de baixa qualidade tem efeito positivo sobre o consumo (McCollum & Horn, 1990; Cochran et al., 1998; Köster et al., 1996; Salisbury et al., 2004). Klevesahl et al. (2003), utilizando feno de baixa qualidade e testando níveis de inclusão de PDR, observaram respostas quadráticas ($P < 0,01$) sobre o consumo, justificando tal resposta ao aporte de N em quantidades adequadas para manutenção da atividade dos microorganismos ruminais. No entanto, não foi o que se verificou no presente trabalho, onde os dados de consumo da dieta total e da MO do feno não foram maiores para os tratamentos com suplementação protéica. Alguns dados da literatura têm concordado com os resultados do presente trabalho. Hess et al. (1994), avaliando consumo de matéria orgânica do volumoso, obtiveram os seguintes resultados: 17,3 g/kg de PC dos animais controle e 20,6 g/kg de PC dos animais suplementados ($P > 0,15$). Silveira (2007), utilizando ovinos e com volumoso bastante semelhante ao utilizado neste experimento, obteve consumo de matéria orgânica de 1,57 % do PC em comparação ao tratamento com maior nível de suplementação (120 % da exigência de PDR) com 1,68 % do PC ($P = 0,8083$).

Possivelmente a resposta positiva no consumo ao suplementar PDR não foi efetiva pela ausência de diferenças na taxa de digestão, visto que com um incremento da mesma poderiam ser observadas possíveis alterações na quantidade de alimento ingerido.

O consumo de nitrogênio e a relação CPDR/CMOD foram maiores ($P < 0,05$) para os tratamentos suplementados com nitrogênio em relação ao

tratamento testemunha, situação exclusivamente ocorrida pela oferta e conseqüente consumo dos suplementos nitrogenados. No entanto, a maximização dessa relação preconizada por diversos autores (AFRC, 1992; NRC, 1996; Cochran et al., 1998) não foi suficiente para apresentar modificações significativas nos demais parâmetros estudados no presente trabalho.

Mallmann et al. (2006), ao suplementar com níveis de uréia o feno de baixa qualidade (3,86 % de PB e 84 % de FDN), utilizaram o método de regressão segmentada (*broken line*) para o cálculo de otimização da relação de CPDR/CMOD, e verificaram uma relação de 5,94 %, estando abaixo do valor encontrado no presente trabalho no tratamento sem suplementação protéica. De certa maneira isso ajuda a explicar a ausência de efeito da suplementação nitrogenada nos parâmetros estudados, visto que a otimização já poderia ter sido alcançada sem a adição de compostos nitrogenados na dieta.

Mathis et al. (2000) conduziram três experimentos de níveis de suplementação protéica, com diferentes volumosos: *Bermudagrass* (8,2 % de PB e 70,8 % de FDN); *Bromegrass* (5,9 % de PB e 65,4 % de FDN) e sorgo forrageiro (4,3 % de PB e 59,5 % de FDN) e verificaram haver diferenças nas respostas em função do tipo de volumoso utilizado, com as seguintes relações para a maximização: 8,2; 9,8 e 12,8, respectivamente. Os autores consideram que a diversidade das respostas se deve, provavelmente, ao potencial da proteína de cada volumoso em formar o “*pool*” de N ruminal através da reciclagem de uréia sanguínea. No entanto, é importante salientar a importância da influência do conteúdo de fibra, características da mesma, e potencial digestivo dos diferentes volumosos.

Dessa maneira, mesmo sem a suplementação de PDR, de acordo com as exigências citadas pelas pesquisas, o animal tende a se adaptar à alimentação fornecida em situações de escassez de nutrientes (volumosos com baixos teores de PB e altos valores de FDN) através do incremento da reciclagem da proteína ingerida (aumento da quantidade de nitrogênio que entra no rúmen via circulação), ou mesmo pelo aumento de consumo e enchimento (distensão) ruminal.

4.4 Taxa de passagem da fase sólida e da fase líquida

As médias de tratamentos para as taxas de passagem da fase sólida pelo rúmen-retículo (k_1), pelo trato inferior (k_2) expressas em porcentagem por hora (%/hora), tempo de retenção ruminal (TRR), tempo de retenção no baixo trato (TRC), tempo de trânsito (TT), tempo total de retenção da digesta (TTR) expressos em horas e taxa de passagem da fase líquida (Tx. FL) em porcentagem por hora (%/hora) são apresentados na Tabela 7, sendo os valores individualizados por período, tratamento e animal apresentados no apêndice 16. As análises de variância para as taxa de passagem e tempos de retenção encontram-se nos apêndices 34 a 40.

A cinética digestiva dos componentes sólidos e líquidos, avaliada por meio de marcadores teve comportamento estatisticamente semelhante entre tratamentos suplementados ou não suplementados com N e da mesma forma entre as fontes de nitrogênio não-protéico (NNP). As taxas de passagem e tempos de retenção da digesta poderiam ser afetadas por ocasião de efeitos da suplementação em outros parâmetros (consumo, digestibilidade, síntese protéica, etc.) fenômeno não ocorrido no experimento. Mathis et al. (2000),

trabalhando com volumoso com 5,9 % de PB e 65,4 de FDN, verificaram que níveis crescentes de PDR (0, 0,041, 0,082 e 0,124 % do PC) foram suficientes em aumentar linearmente ($P < 0,01$) a taxa de passagem da fase sólida pelo rúmen-retículo (k_1) de 3,68 a 4,53 %/h, sendo o valor de k_1 da testemunha inferior ao encontrado no presente trabalho (4,35 %/h) do tratamento suplementado somente com SM. A taxa de passagem da fase líquida não foi afetada ($P > 0,05$) com média de 7,83 %/h, sendo superior à média deste experimento (5,29 %/h). É importante ressaltar que aqueles autores verificaram efeito linear ($P < 0,01$) nas medidas de consumo e coeficientes de digestibilidade. Ainda sobre a taxa de passagem da fase líquida, Koster et al. (1997) também não verificaram efeito da suplementação de PDR com média de 5,27 %/h, valor este bastante semelhante ao encontrado no presente trabalho.

Hess et al. (1994), em pesquisa com animais em pastejo, estudando suplementação com diferentes fontes de proteína (feno de alfafa, caroço de algodão e glúten de milho), verificaram que a taxa de passagem foi maior ($P = 0,05$) para animais suplementados, independente da fonte. O TTR foi menor ($P = 0,02$) para os animais suplementados (63,26 h) em relação ao controle (68,60 h), sendo esse segundo valor semelhante ao do presente trabalho (69,34 h). No entanto, o TRC não apresentou influência da suplementação, concordando com os dados aqui apresentados. Em relação à taxa de passagem no rúmen-retículo, Klevesahl et al. (2003) verificaram efeito da suplementação nitrogenada; no entanto, esse efeito foi quadrático ($P = 0,04$).

Tabela 7. Taxa de passagem da fase sólida pelo rúmen-retículo (k1, %/hora), pelo baixo trato (k2, %/hora), tempo de retenção ruminal (TRR, horas), tempo de retenção no baixo trato (TRC, horas), tempo de trânsito (TT, horas), tempo total de retenção da digesta (TTR, horas) e taxa de passagem da fase líquida (Tx. FL, %/hora) com suas respectivas médias e coeficientes de variação (CV)

Parâmetros	Tratamentos ¹				Média	CV
	SM	SU	UE1	UE2		
k1	4,35	4,28	4,39	4,23	4,31	3,81
k2	4,43	4,34	4,5	4,29	4,39	4,9
TRR	23,38	23,07	22,83	23,69	23,24	3,76
TRC	23,07	22,69	22,26	23,31	22,83	4,75
TT	23,92	21,94	21,45	25,76	23,27	12,75
TTR	70,38	67,69	66,54	72,76	69,34	5,81
Tx. FL	4,49	5,55	5,69	5,43	5,29	18,39

Médias na mesma linha, com letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

1 – SM: Sal mineralizado; SU: suplemento protéico com uréia comum; UE1: suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 1; UE2: suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 2 (UE2).

A estreita relação da taxa de passagem com o consumo e a digestibilidade permite inferir que a cinética digestiva não foi afetada por não ter sido verificado efeito tanto da suplementação de PDR quanto do tipo de nitrogênio não-protéico utilizado no consumo das frações nutritivas e na digestibilidade do alimento. Owens & Goetsch (1988) comentam que um aumento na taxa de passagem pode ser explicado pelo maior consumo de alimento, da mesma maneira que sem alteração do consumo dificilmente se terá respostas positivas na cinética.

4.5 Degradabilidade ruminal da FDN e parâmetros de degradação

Os dados de degradabilidade ruminal da FDN encontram-se na Tabela 8. Os dados individualizados encontram-se nos Apêndices 17 e 18 e a análise da variância no apêndice 41.

Não se verificou interação tratamento-horário ($P = 0,8191$) e, da mesma forma, nem efeito dos tratamentos testados ($P > 0,05$). Na hora 3 a degradabilidade média da FDN foi de apenas 0,37 %, valor menor ao citado por Hess et al. (1994) de 3,25 %, provavelmente por haver maior dificuldade de colonização dos microorganismos para a digestão da parede celular. No entanto, após 96 horas de incubação, o resultado médio do presente trabalho foi de 61,36 %, valor superior ao citado no trabalho anterior de 53,10 %, o que foi provavelmente devido às diferentes taxas de digestão.

Tabela 8. Valores médios do desaparecimento ruminal da fibra em detergente neutro para cada tratamento e horário de amostragem expresso em %

Horários	Tratamentos ¹				Média	EP ²
	SM	SU	UE1	UE2		
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,00	0,00	0,50	1,28	0,45	0,30
3	0,41	0,05	0,44	0,59	0,37	0,12
6	3,34	2,47	2,45	2,82	2,77	0,21
12	7,64	8,76	10,23	12,58	9,80	1,07
24	31,99	31,48	32,01	35,32	32,70	0,88
48	51,06	51,06	50,89	50,95	50,99	0,04
72	52,56	55,69	57,60	58,45	56,07	1,31
96	61,11	60,59	61,53	62,22	61,36	0,34
Média	23,12	23,34	23,96	24,91	23,83	-
EP ⁽²⁾	10,59	10,75	10,86	10,91	-	-

¹SM: Sal mineralizado; SU: suplemento protéico com uréia comum; UE1: suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 1; UE2: suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 2 (UE2).

²Erro padrão das médias.

A visualização da Figura 2 (curva da degradabilidade em função dos horários de incubação) facilita o entendimento dos efeitos da suplementação nitrogenada na forma de PDR e das diferentes fontes de nitrogênio não-protéico utilizadas nos tratamentos, tornando possível verificar a extrema semelhança entre os dados.

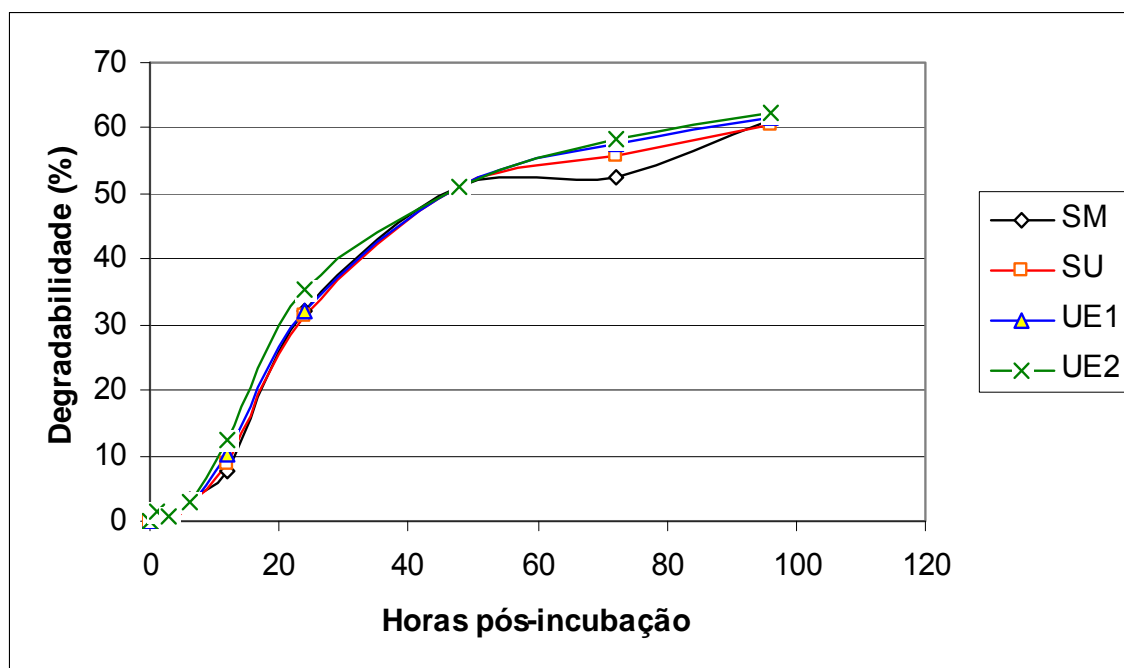


Figura 2. Efeito dos tratamentos na relação entre o tempo de incubação no rúmen (horas) e degradabilidade da FDN (%).

As médias dos tratamentos para os parâmetros de degradação da fibra em detergente neutro: fração rapidamente degradável (a), fração potencialmente degradável (b) expressos como porcentagem, taxa de degradação (c) em porcentagem por hora (%/hora), tempo de colonização (TC) expresso em horas e degradação efetiva (DE) expresso em porcentagem são apresentados na Tabela 9, sendo os valores individualizados por período, tratamento e animal apresentados no apêndice 19. As análises de variância para os parâmetros de degradação da fibra em detergente neutro encontram-se nos apêndices 42 a 47.

Tabela 9. Parâmetros de degradação da fibra em detergente neutro: fração rapidamente degradável (a, %), fração potencialmente degradável (b, %), taxa de degradação (c, %/hora), tempo de colonização (TC, horas) e degradação efetiva (DE, %) com suas respectivas médias e coeficientes de variação (CV)

Parâmetros	Tratamentos ¹				Média	CV
	SM	SU	UE1	UE2		
a	0,43	0,26	0,34	0,47	0,37	138,43
b	61,69	63,3	65,23	62,88	63,27	3,6
c	4,31	4,1	3,79	4,21	4,1	14,16
TC	6,94	7,02	5,81	5,76	6,38	31,47
DE	31,78	31,98	31,47	32,28	31,88	5,8

Médias na mesma linha, com letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

1 – SM: Sal mineralizado; SU: suplemento protéico com uréia comum; UE1: suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 1; UE2: suplemento protéico com uréia encapsulada fórmula número 2 (UE2).

Os parâmetros de degradação da FDN não foram afetados ($P > 0,05$) pela suplementação protéica e nem pelo tipo de nitrogênio. A taxa de degradação variou de 3,79 %/h (UE1) até 4,31 %/h (SM), valores estes superiores aos citados por Hess et al. (1994) que, em experimento com animais em pastejo, não verificaram diferenças ($P > 0,05$) ao suplementar com diferentes fontes de proteína (feno de alfafa, farelo de algodão e glúten de milho), com média de 2,62 %/hora, diferenças essas devidas, provavelmente, às características dos volumosos utilizados.

De forma semelhante aos dados aqui apresentados, Silveira (2007) não verificou efeito ($P > 0,05$) da suplementação nitrogenada em quatro níveis (0, 40, 80, 120 % da exigência de PDR) de inclusão na dieta sobre a taxa de digestão média, de 4,08 %, semelhante à do presente trabalho (4,10 %). Da mesma forma, a degradabilidade efetiva do volumoso não foi afetada, sendo dois pontos percentuais acima do valor observado no presente trabalho (29,91 % e 31,88 % respectivamente).

Rihani et al. (1993), em dietas com baixo teor de FDN (33,5 %), mas deficientes em nitrogênio (5,3 % de PB) suplementaram com dois níveis de uréia (1,47 e 2,52 % da dieta total); porém, não verificaram modificações na digestibilidade ruminal da MO, FDN e FDA. No entanto, Koster et al. (1996) observaram efeito cúbico ($P = 0,01$) na digestibilidade ruminal da FDN, ao suplementarem níveis crescentes de PDR (0, 180, 360, 540 e 720 g de PDR/dia) com valores de 47,2 até 56,7 %.

Alterações na degradação da parede celular poderiam ser verificadas em situações onde, por ocasião de deficiência de nutrientes para os microorganismos ruminais, se corrigisse por meio de suplementação essa carência e estimulasse o seu crescimento, observando, assim, aumento da atividade microbiana. No presente experimento, a dieta controle (SM) teve comportamento semelhante às suplementadas com nitrogênio, resultado provavelmente reflexo da semelhança nos demais resultados verificados. A explicação pode residir na observação de que a quantidade de PDR presente no feno já foi suficiente em suprir a demanda de N para a microbiota ruminal, de forma direta ou até mesmo através da reciclagem metabólica por parte do animal.

Ao verificar o valor da fração potencialmente degradável da FDN (b), que foi em média 63,27 % e compará-la ao valor do coeficiente de digestibilidade da FDN do tratamento testemunha (63,94 %) é possível notar a semelhança numérica, o que de certa forma reforça a hipótese de que mesmo sem a suplementação, a digestão máxima da parede celular foi alcançada, ou seja, o limitante para a digestão efetiva do volumoso foram as características intrínsecas do mesmo.

5 CONCLUSÕES

A suplementação de proteína degradável não foi eficiente em aumentar a utilização de volumoso de baixa qualidade, provavelmente pelo potencial digestivo do feno já ter sido atingido pelo tratamento testemunha e pela relação CPDR/CMOD do tratamento com ausência de suplementação nitrogenada já estar dentro da faixa de otimização observada na literatura revisada.

A uréia encapsulada não demonstrou superioridade à uréia comum, provavelmente pela baixa eficiência da sua proteção, verificada através da liberação de amônia no rúmen ter sido semelhante ao longo do tempo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.F.R.C. **Nutritive Requirements of Ruminant Animals**. Wallingford: Agricultural and Food Research Council, 1992. 835p.

A.O.A.C. **Official methods of analysis**. 16 ed. Arlington: Association of Official Analytical Chemists, 1995. 1141 p.

BACH, A. et al. Nitrogen Metabolism in the Rumen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.88, p.9-21, 2005.

BARTLEY, E. E.; DEYOE, C. W. Starea as a protein replacer for ruminants: review of 10 years of research. **Feedstuffs**, Minnetonka, v.47, p.42-44, 1975.

BODINE, T. N. et al. Effects of supplemental type on animal performance, forage intake, digestion, and ruminal measurements of growing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.79, p.1041 – 1051, 2001.

BRÜNING, G. et al. Desempenho animal em campo natural dominado por Capim Annoni – 2 em função de suplementação protéica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2006. CD-ROOM.

BURTON, G. W. Tifton 85 Bermudagrass - Early History of its Creation, Selection, and Evaluation. **Crop Science**, Champaign, v.41, p.5 – 6, 2001.

CASS, J. L.; RICHARDSON, C. R. Evaluation of slow ammonia release from urea/calcium compounds. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.72, p.234 (suppl.1), 1994.

COCHRAN, R. C. et al. Supplemental protein sources for grazing beef cattle. In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 9., 1998, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville, 1998. p.23-136.

CURRIER, T. A. et al. Daily and alternate day supplementation of urea or biuret to ruminants consuming low-quality forage: I. Effects on cow performance and the efficiency of nitrogen use in wethers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, p.1508-1517, 2004.

DELCURTO, T. et al. Supplementation of dormant tallgrass-prairie forage: I. Influence of varying supplemental protein and(or) energy levels on forage utilization characteristics of beef steers in confinement. **Journal of Animal**

Science, Champaign, v.68, p.515- 31, 1990.

DEWHURST, R. J. et al. Microbial protein supply from the rumen. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.85, p.1-21, 2000.

EMERICK R.J. Urea and nitrate intoxication. In: CHURCH, D.C. **The Ruminant animal** - digestive physiology and nutrition. New Jersey: Prentice Hall, 1988. p.551-556.

FARMER, C. G. et al. Effect of supplementation frequency and supplemental urea level on dormant tallgrass-prairie hay intake and digestion by beef steers and prepartum performance of beef cows grazing dormant tallgrass-prairie. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, p.884–894, 2004.

FERREIRA, R.N. et al. Liberação de nitrogênio amoniacal no rumen com o uso de uréia encapsulada com polímero (Optigen 1200 Alltec). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2005. CD-ROOM.

FORERO, O. et al. Evaluation of slow release urea for winter supplementation of lactating range cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.50, p.532, 1980.

FREGADOLLI, F. L. et al. Efeito das fontes de amido e nitrogênio de diferentes degradabilidades ruminais 2. pH, Concentração de Amônia no Líquido Ruminal e Eficiência de Síntese Microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, p.870-879, 2001.

GALO, E. et al. Effects of a Polymer-Coated Urea Product on Nitrogen Metabolism in Lactating Holstein Dairy Cattle **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.86, p.2154-2162, 2003.

GALYEAN, M. L.; GOETSCH, A. L. Utilization of forage fiber by ruminants. In: JUNG, H. G. et al. **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: American Society of Agronomy, 1993. p.33-71.

GELINSKI, L. A. M. et al. Monensina e uréia de liberação lenta no desempenho de bovinos confinados. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v.5, p.137-140, 2000.

GROVUM, W. L.; WILLIAMS, V. J. Rate of passage of digesta in sheep. 4. Passage of marker through the alimentary tract and the biological relevance of rate-constants derived from the changes in concentration of marker in faeces. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.30, p.313-329, 1973.

HENNING, P. H. et al. Effect of synchronization of energy and nitrogen supply on ruminal characteristics and microbial growth. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.71, p.2516-2528, 1993.

HESS, B. W. et al. Supplemental protein for beef cattle grazing dormant intermediate wheatgrass pasture: effects on nutrient quality, forage intake, digesta kinetics, grazing behavior, ruminal fermentation, and digestion. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.72, p.2113-2123, 1994.

HUNTINGTON, G. B. et al. Effects of a slow-release urea source on absorption of ammonia and endogenous production of urea by cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.130, p.225-241, 2006.

HUNTINGTON, J. A.; GIVENS, D. I. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: a review of the procedure. **Nutrition Abstract and Reviews**, Wallingford, v.65, p.63-93, 1995.

KLEVESAHL, E. A. et al. Effect of a wide range in the ratio of supplemental rumen degradable protein to starch on utilization of low-quality, grass hay by beef steers. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.105, p.5-20, 2003.

KNAUS, W. F. et al. Effects of urea, isolated soybean protein and blood meal on growing steers fed a corn-based diet. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.102, p.3-14, 2002.

KNORR, M. et al. Desempenho de novilhos suplementados com sais proteinados em pastagem nativa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, p.783-788, 2005.

KOSTER, H. H. et al. Effect of increasing degradable intake protein on intake and digestion of low-quality, tallgrass-prairie forage by beef cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.74, p.2473-2481, 1996.

KOSTER, H. H. et al. Effect of increasing proportion of supplemental nitrogen from urea on intake and utilization of low-quality, tallgrass-prairie forage by beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.75, p.1393-1399, 1997.

KOZLOSKI, G. V. et al. Intake and digestion by lambs fed a low-quality grass hay supplemented or not with urea, casein or cassava meal. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, no prelo, 2006.

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

LOPES, H. O. S. et al. Suplementação de bovinos com misturas múltiplas em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no período da seca. **Pasturas Tropicais**, Cáli, v.21, p.54-58, 1999.

LOPES, H. O. S. **Suplementação de baixo custo para bovinos. Mineral e alimentar**. Brasília: EMBRAPA, 1998. 107p.

MALLMANN, G. M. et al. Consumo e digestibilidade de feno de baixa qualidade suplementado com nitrogênio não protéico em bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.331-337, 2006.

MARINI, J. C. et al. Effect of nitrogen intake on nitrogen recycling and urea transporter abundance in lambs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, p.1157-1164. 2004

MATHIS, C. P. et al. Effects of supplemental degradable intake protein on utilization of medium- to low-quality forages. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.78, p.224-232, 2000.

McBRIDE, B. W.; KELLY, J. M. Energy cost of absorption and metabolism in the ruminant gastrointestinal tract and liver: A review. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.68, p.2997, 1990.

McCOLLUM, F. T.; HORN, G. W. Protein supplementation of grazing ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.67, p.304 (suppl. I), 1989.

MCDONALD, I. A revised model for the estimation of protein degradability in rumen. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.96, p.251-256, 1981.

MERCHEN, N. R.; BOURQUIN, L. D. Processes of digestion and factors influencing digestion of forage-based diets by ruminants. In: FAHEY, G. C. **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.564-612.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY, G. C. **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.

NRC. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7 ed. Washington: National Academy Press, 1996. 242 p.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C. et al. Digestibilidade de nutrientes em dietas de bovinos contendo uréia ou amiréia em substituição ao farelo de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, p.173-178, 2004.

OLSON, K. C. et al. Effects of ruminal administration of supplemental degradable intake protein and starch on utilization of low-quality warm-season grass hay by beef steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.77, p.1016-1025, 1999.

ORSKOV, E. R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v.92, p.499-503, 1979.

OSPINA, H. **Influencia do nível de consumo de feno sobre a digestibilidade, cinética digestiva e degradação ruminal em bovinos**. 1995.

248 f. Tese (Doutorado em Produção Animal) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

OSPINA, H. O.; MEDEIROS, F. S. Suplementação a pasto: uma alternativa para produção de novilho precoce. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DA CARNE BOVINA: DA PRODUÇÃO AO MERCADO CONSUMIDOR, 2003. São Borja. **Anais...** São Borja, 2003. p.83 – 115.

OSPINA, H. P. et al. Desafios da suplementação frente às demandas dos sistemas de produção de bovinos de corte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUÍNAS, 5., 2002, Uberaba. **Anais...** Uberaba, 2002. p.151-196.

OWENS, F. N.; GOETSCH, A. L. Ruminant Fermentation. In: CHURCH, D.C. **The Ruminant animal** - digestive physiology and nutrition. New Jersey: Prentice Hall, 1988. p.145-171.

OWENS, F. N.; ZINN, R. Protein metabolism of ruminant animals In: CHURCH, D.C. **The Ruminant animal** - digestive physiology and nutrition. New Jersey: Prentice Hall, 1988. p.227-249.

PATERSON, J. A. et al. The impact of forage quality and supplementation regimen on ruminant animal intake and performance. In: FAHEY, G. C. **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.59-114.

PERUCHENA, C. A. Suplementación de bovinos para carne sobre pasturas tropicales, aspectos nutricionales, productivos y economicos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 1999. CD-ROOM. Palestras.

POPPI, D. P.; McLENNAN, S. R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.73, p.278-290, 1995.

RIHANI, N. et al. influence of level of urea and method of supplementation on characteristics of digestion of high-fiber diets by sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.17, p.1657-1665, 1993.

RUSSELL, J. B. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, p.3551-3561, 1992.

RYMER, C. The measurement of forage digestibility in vivo. In: GIVENS, D. I. et al. **Forage evaluation in ruminant nutrition**. London: CABI, 2000. p.113-144.

SALISBURY, M. W. et al. Effects of supplemental protein type on intake, nitrogen balance, and site, and extent of digestion in whiteface wethers consuming low-quality grass hay. **Journal of Animal Science**, Champaign,

v.82, p.3567 – 3576, 2004.

SAS Institute. **SAS/STAT User's Guide**. Cary, NC, 1992. 842 p.

SATTER, L. D.; SLYTER, L. L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.32, p.199-208, 1974.

SEIXAS, J. R. C. et al. Desempenho de bovinos confinados alimentados com dietas à base de farelo de algodão, uréia ou amiréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, p.432-438, 1999.

SHABI, Z. et al. Effect of the Synchronization of the Degradation of Dietary Crude Protein and Organic Matter and Feeding Frequency on Ruminal Fermentation and Flow of Digesta in the Abomasum of Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.81, p.1991–2000, 1998.

SILVEIRA, A. L. F. D. **Efeitos associativos da suplementação energética e protéica de volumoso de baixa qualidade em ovinos**. 2007. 120 f. Tese (Doutorado em Produção Animal) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SWANSON, K. C. et al. Nitrogen balance in lambs fed low-quality brome hay and infused with differing proportions of casein in the rumen and abomasum. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, p.502–507, 2004.

TEDESCHI, L. O. et al. Performance of growing and finishing cattle supplemented with a slow-release urea product and urea. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.82, p.567-573, 2002.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p.

UDÉN, P. et al. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta rate of passage studies. **Journal of Science Food Agricultural**, London, v.31, p.625-632, 1980.

UMUNNA, N. N. et al. Degradability of forage protein supplements and their effects on the kinetics of digestion and passage. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.17, p.145-152, 1995.

VALKENERS, D. et al. Effect of imbalance between energy and nitrogen supplies on microbial protein synthesis and nitrogen metabolism in growing double-musled Belgian Blue bulls. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, p.1818–1825, 2004.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B. **Analysis of forages and fibrous foods** - a laboratory manual for animal science. Ithaca: Cornell University, 1985. 202 p.

WARNER, A. C. J.; STACY, B. D. The fate of water in the rumen. 1. A critical appraisal of the use soluble markers. **British Journal Nutrition**, Cambridge, v.22, p.369-387, 1968.

WEISS, W. P. Predicting Energy Values of Feeds. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, p.1802-1811, 1993.

ZANETTI, M. A. et al. Desempenho de novilhos consumindo suplemento mineral proteinado, convencional ou com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, p.935-939, 2000.

7 APÊNDICES

Apêndice 1. Número da baia, período, número do animal, tratamento e dados de peso inicial no período (PI, kg), peso final no período (PF, kg), peso médio (PMédio, kg) e peso metabólico (PMetab.)

Baia	Período	Animal	Tratamento	PI	PF	PMédio	PMetab.
1	1	2	2	261	250	256	64
2	1	4	4	256	249	253	63
3	1	1	4	250	268	259	65
4	1	5	3	270	259	265	66
5	1	7	2	268	269	269	66
6	1	8	1	255	245	250	63
7	1	3	1	173	178	176	48
8	1	6	3	213	215	214	56
1	2	4	2	264	249	257	64
2	2	5	1	274	249	262	65
3	2	8	1	264	248	256	64
4	2	3	3	179	177	178	49
5	2	2	3	258	254	256	64
6	2	1	2	257	273	265	66
7	2	7	4	259	270	265	66
8	2	6	4	220	218	219	57

Apêndice 2. Dados individualizados de concentração de Nitrogênio amoniacal (mg/100 ml) nos horários 0, 1, 2, 4, 6 e 8 (NH₃0, NH₃1, NH₃2, NH₃4, NH₃6 e NH₃8, respectivamente) e NH₃ média

Animal	Período	Tratamento	NH ₃ 0	NH ₃ 1	NH ₃ 2	NH ₃ 4	NH ₃ 6	NH ₃ 8
8	1	1	1,52	3,80	5,32	6,08	3,80	1,52
3	1	1	3,04	3,80	6,08	2,28	0,76	1,52
5	2	1	3,04	5,32	3,80	3,80	2,28	3,04
8	2	1	1,14	2,28	4,56	3,80	0,76	3,80
Média			2,18	3,80	4,94	3,99	1,90	2,47
Desvio Padrão			1,00	1,24	0,98	1,57	1,45	1,14
2	1	2	1,52	6,84	7,60	5,32	1,52	2,28
7	1	2	4,56	8,35	8,73	6,84	9,11	1,52
4	2	2	1,90	12,15	10,63	7,60	2,28	6,08
1	2	2	1,90	12,15	10,63	7,60	2,28	6,08
Média			2,47	9,87	9,40	6,84	3,80	3,99
Desvio Padrão			1,40	2,70	1,50	1,07	3,56	2,43
5	1	3	2,90	9,11	13,67	3,80	2,28	4,56
6	1	3	3,04	6,08	15,19	3,80	3,04	3,04
3	2	3	1,90	6,08	12,15	6,08	6,08	5,32
2	2	3	1,52	15,19	9,87	3,04	3,04	0,76
Média			2,34	9,11	12,72	4,18	3,61	3,42
Desvio Padrão			0,75	4,30	2,27	1,32	1,68	2,01
4	1	4	0,76	11,39	8,35	3,80	2,28	4,56
1	1	4	5,32	5,32	6,08	6,84	5,32	5,32
7	2	4	3,04	12,91	12,15	6,84	3,04	4,56
6	2	4	1,52	11,39	10,63	8,35	2,28	3,04
Média			2,66	10,25	9,30	6,46	3,23	4,37
Desvio Padrão			2,01	3,37	2,66	1,91	1,44	0,96

Apêndice 3. Dados individualizados de pH nos horários 0, 1, 2, 4, 6 e 8 (pH0, pH1, pH2, pH4, pH6 e pH8, respectivamente) e pH médio

Animal	Período	Tratamento	pH0	pH1	pH2	pH4	pH6	pH8
8	1	1	6,97	6,95	6,91	6,90	6,90	6,94
3	1	1	6,90	6,96	6,91	6,93	6,81	6,80
5	2	1	6,88	6,92	6,90	6,85	6,89	6,87
8	2	1	6,95	6,99	7,07	6,95	6,92	6,94
Média			6,93	6,96	6,95	6,91	6,88	6,89
Desvio Padrão			0,04	0,03	0,08	0,04	0,05	0,07
2	1	2	6,82	7,00	6,80	6,81	6,90	6,86
7	1	2	6,96	7,00	6,69	6,91	6,87	6,78
4	2	2	6,97	7,03	7,10	6,72	6,76	6,79
1	2	2	6,65	6,85	6,76	6,55	6,49	6,38
Média			6,85	6,97	6,84	6,75	6,76	6,70
Desvio Padrão			0,15	0,08	0,18	0,15	0,19	0,22
5	1	3	6,96	7,15	7,00	6,90	7,20	6,93
6	1	3	6,89	6,91	6,78	7,09	6,71	6,77
3	2	3	6,87	6,97	7,05	6,94	6,85	6,87
2	2	3	6,81	7,05	7,18	6,96	6,83	6,79
Média			6,88	7,02	7,00	6,97	6,90	6,84
Desvio Padrão			0,06	0,10	0,17	0,08	0,21	0,07
4	1	4	6,78	6,91	6,92	6,92	6,91	6,96
1	1	4	6,70	6,91	6,78	6,75	6,75	6,84
7	2	4	6,74	6,91	6,96	6,67	6,81	6,84
6	2	4	6,70	6,75	6,69	6,60	6,76	6,82
Média			6,73	6,87	6,84	6,74	6,81	6,87
Desvio Padrão			0,04	0,08	0,13	0,14	0,07	0,06

Apêndice 4. Dados de matéria seca (MS), nitrogênio (N), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) expressos em gramas, no feno oferecido, individualizados por animal, período e tratamento

Animal	Período	Tratamento	MS	N	MO	FDN	HEM	CEL
8	1	1	7529	1205	7084	6122	2856	2879
3	1	1	5425	868	5104	4411	2058	2074
5	2	1	7414	1186	6976	6348	2883	3067
8	2	1	7187	1150	6762	6154	2795	2973
2	1	2	7867	1259	7402	6397	2985	3009
7	1	2	8301	1328	7810	6749	3149	3174
4	2	2	7568	1211	7120	6480	2943	3131
1	2	2	7734	1237	7277	6622	3008	3199
5	1	3	8853	1416	8329	7198	3358	3386
6	1	3	7089	1134	6670	5764	2689	2711
3	2	3	6376	1020	6000	5459	2480	2638
2	2	3	7475	1196	7033	6400	2907	3092
4	1	4	9006	1441	8474	7323	3417	3444
1	1	4	8125	1300	7645	6607	3083	3107
7	2	4	7176	1148	6752	6144	2791	2969
6	2	4	6801	1088	6399	5823	2645	2813

Apêndice 5. Dados de matéria seca (MS), nitrogênio (N), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) expressos em gramas, nas sobras de feno, individualizados por animal, período e tratamento

Animal	Período	Tratamento	MS	N	MO	FDN	HEM	CEL
8	1	1	2174	19	2251	1810	839	861
3	1	1	951	8	997	795	376	376
5	2	1	1570	12	1630	1327	594	647
8	2	1	1814	15	1876	1517	678	736
2	1	2	2006	19	2066	1665	792	767
7	1	2	1850	16	1904	1519	702	722
4	2	2	1325	12	1372	1090	504	516
1	2	2	1371	11	1475	1198	525	596
5	1	3	3501	30	3591	2908	1380	1355
6	1	3	2288	18	2367	1916	890	911
3	2	3	1245	10	1275	1043	475	507
2	2	3	2005	17	2072	1677	739	830
4	1	4	2914	29	2986	2419	1094	1156
1	1	4	1935	18	2019	1629	724	801
7	2	4	1069	9	1106	895	401	430
6	2	4	1435	11	1470	1195	526	582

Apêndice 6. Dados de consumo de matéria seca (MS), nitrogênio (N), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) expressos em gramas, dos concentrados, individualizados por animal, período e tratamento

Animal	Período	Tratamento	MS	N	MO	FDN	HEM	CEL
8	1	1	49	0	6	0	0	0
3	1	1	49	0	6	0	0	0
5	2	1	49	0	6	0	0	0
8	2	1	49	0	6	0	0	0
2	1	2	232	20	154	31	19	6
7	1	2	238	21	157	32	19	6
4	2	2	237	20	152	32	19	10
1	2	2	232	20	148	31	18	10
5	1	3	239	18	143	23	12	8
6	1	3	190	14	113	18	10	6
3	2	3	160	12	95	15	7	6
2	2	3	230	18	136	22	10	9
4	1	4	232	17	140	21	11	7
1	1	4	226	17	137	20	11	7
7	2	4	235	18	143	21	11	7
6	2	4	199	15	121	18	9	6

Apêndice 7. Dados de matéria seca (MS), nitrogênio (N), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) expressos em gramas, nas fezes, individualizados por animal, período e tratamento

Animal	Período	Tratamento	MS	MO	FDN	HEM	CEL
8	1	1	2486	2276	1700	733	683
3	1	1	1888	1810	1267	562	498
5	2	1	2545	2443	1717	741	694
8	2	1	2518	2417	1651	711	676
2	1	2	2598	2380	1805	780	742
7	1	2	2966	2830	2010	821	858
4	2	2	3323	3039	2283	963	1017
1	2	2	2939	2812	1943	814	795
5	1	3	2504	2367	1669	678	692
6	1	3	2252	2124	1549	677	647
3	2	3	2120	2031	1440	609	586
2	2	3	2563	2440	1716	710	712
4	1	4	2854	2665	1932	857	787
1	1	4	2728	2617	1788	760	708
7	2	4	2980	2852	2002	838	827
6	2	4	2564	2450	1696	706	723

Apêndice 8. Dados de DMO (%), DFDN (%), DHEM (%), DCEL (%) e DMO_r (%) individualizados por animal, período e tratamento

Animal	Período	Tratamento	DMO	DFDN	DHEM	DCEL	DMO _r
8	1	1	52,95	60,58	63,68	66,15	64,87
3	1	1	55,97	64,97	66,56	70,70	69,20
5	2	1	54,35	65,80	67,62	71,34	67,91
8	2	1	50,59	64,39	66,41	69,80	66,25
Média			53,47	63,93	66,07	69,50	67,06
Desvio Padrão			2,28	2,31	1,68	2,32	1,89
2	1	2	56,66	62,10	64,71	66,97	67,12
7	1	2	53,33	61,80	66,73	65,07	66,85
4	2	2	48,49	57,88	60,82	61,26	61,30
1	2	2	52,74	64,38	67,44	69,56	67,34
Média			52,80	61,54	64,93	65,71	65,65
Desvio Padrão			3,35	2,70	2,97	3,49	2,91
5	1	3	51,50	61,30	65,93	66,05	65,80
6	1	3	51,90	59,93	62,54	64,19	64,92
3	2	3	57,86	67,51	69,71	72,57	70,12
2	2	3	52,13	63,84	67,39	68,64	66,34
Média			53,35	63,15	66,39	67,86	66,79
Desvio Padrão			3,02	3,33	3,00	3,63	2,30
4	1	4	52,64	60,77	63,28	65,72	65,67
1	1	4	54,59	64,23	67,91	69,38	68,97
7	2	4	50,72	62,00	65,11	67,50	65,40
6	2	4	51,48	63,50	66,80	67,69	66,42
Média			52,36	62,62	65,78	67,57	66,62
Desvio Padrão			1,69	1,55	2,02	1,49	1,63

Apêndice 9. Consumo de Matéria Seca (CMS) em % do peso vivo, consumo de N (CN), consumo de Matéria Orgânica total (CMO), Consumo de FDN (CFDN), CMO digestível (CMOD), CMO do feno (em g/UTM) e relação de CPDR e CMOD (%) por animal, período e tratamento

Animal	Período	Tratamento	CMS	CN	CMO	CFDN	CMOD	CMOf	CPDR/CMOD
8	1	1	2,16	0,74	76,95	68,58	40,75	76,86	5,74
3	1	1	2,58	0,81	85,29	74,99	47,74	85,17	5,23
5	2	1	2,25	1,00	82,29	77,21	44,73	82,20	6,94
8	2	1	2,12	0,92	76,43	72,44	38,66	76,34	7,47
Média			2,28	0,87	80,24	73,31	42,97	80,15	6,35
Desvio Padrão			0,21	0,11	4,28	3,70	4,05	4,27	1,04
2	1	2	2,38	1,09	85,91	74,53	48,68	83,51	8,80
7	1	2	2,49	1,16	91,41	79,34	48,75	89,04	9,19
4	2	2	2,53	1,34	92,06	84,58	44,64	89,69	11,33
1	2	2	2,49	1,35	90,59	83,05	47,77	88,33	10,55
Média			2,47	1,24	89,99	80,37	47,46	87,64	9,97
Desvio Padrão			0,06	0,13	2,79	4,47	1,93	2,81	1,18
5	1	3	2,11	0,99	74,42	65,77	38,33	72,24	10,13
6	1	3	2,33	1,04	78,92	69,10	40,96	76,90	9,58
3	2	3	2,97	1,40	98,89	90,95	57,22	96,95	8,80
2	2	3	2,23	1,22	79,64	74,13	41,51	77,51	10,95
Média			2,41	1,16	82,97	74,99	44,50	80,90	9,87
Desvio Padrão			0,38	0,19	10,87	11,18	8,59	10,95	0,91
4	1	4	2,50	1,05	88,85	77,75	46,77	86,64	8,68
1	1	4	2,48	1,08	89,26	77,42	48,73	87,15	8,43
7	2	4	2,40	1,27	88,25	80,35	44,76	86,08	10,61
6	2	4	2,54	1,31	88,71	81,60	45,67	86,59	10,59
Média			2,48	1,18	88,77	79,28	46,48	86,61	9,58
Desvio Padrão			0,06	0,13	0,42	2,03	1,71	0,44	1,18

Apêndice 10. Concentrações de cromo (%) nas fezes no período 1, tratamentos 1 e 2

Tratamento	Repetição	Horário	Concentração	Tratamento	Repetição	Horário	Concentração
		3	0,00105			3	0,00034
		6	0,00073			6	0,00055
		9	0,00094			9	0,00062
		12	0,00093			12	0,00075
		15	0,00183			15	0,00098
		18	0,00355			18	0,00145
		21	0,00500			21	0,00212
		24	0,01275			24	0,00423
		27	0,01883			27	0,00436
		30	0,02520			30	0,00674
		33	0,03186			33	0,00851
		37	0,03410			37	0,02672
	1	41	0,04185		1	41	0,02857
		45	0,03089			45	0,03152
		49	0,02623			49	0,02925
		53	0,02415			53	0,02362
		57	0,03509			57	0,01677
		61	0,02160			61	0,02809
		65	0,02487			65	0,02400
		69	0,03193			69	0,02490
		73	0,01461			73	0,02333
		85	0,02255			85	0,01016
		97	0,00745			97	0,00692
		109	0,00878			109	0,00401
		121	0,00594			121	0,00706
1		133	0,00209	2		133	0,00499
		3	0,00111			3	0,00059
		6	0,00098			6	0,00065
		9	0,00089			9	0,00072
		12	0,00143			12	0,00092
		15	0,00298			15	0,00165
		18	0,00309			18	0,00195
		21	0,00607			21	0,00308
		24	0,01616			24	0,00573
		27	0,01558			27	0,01096
		30	0,03690			30	0,01332
		33	0,04392			33	0,02240
		37	0,02675			37	0,01475
	2	41	0,03434		2	41	0,01573
		45	0,03624			45	0,01562
		49	0,04190			49	0,02590
		53	0,02073			53	0,02600
		57	0,03039			57	0,02356
		61	0,02511			61	0,02401
		65	0,01766			65	0,01180
		69	0,03473			69	0,02041
		73	0,01514			73	0,01851
		85	0,01036			85	0,01001
		97	0,01598			97	0,00991
		109	0,00798			109	0,00701
		121	0,00558			121	0,00318
		133	0,00213			133	0,00466

Apêndice 11. Concentrações de cromo (%) nas fezes no período 1, tratamentos 3 e 4

Tratamento	Repetição	Horário	Concentração	Tratamento	Repetição	Horário	Concentração
		3	0,00089			3	0,00092
		6	0,00064			6	0,00064
		9	0,00077			9	0,00085
		12	0,00074			12	0,00112
		15	0,00069			15	0,00170
		18	0,00117			18	0,00239
		21	0,00201			21	0,00447
		24	0,00257			24	0,00638
		27	0,00419			27	0,00969
		30	0,00901			30	0,01326
		33	0,01449			33	0,01207
		37	0,02398			37	0,02102
	1	41	0,01551		1	41	0,02740
		45	0,02467			45	0,02720
		49	0,02921			49	0,02943
		53	0,02584			53	0,02373
		57	0,01850			57	0,01672
		61	0,02093			61	0,01333
		65	0,02013			65	0,01782
		69	0,02422			69	0,02133
		73	0,02440			73	0,01641
		85	0,02439			85	0,00984
		97	0,00847			97	0,00632
		109	0,00592			109	0,00253
		121	0,00811			121	0,00386
		133	0,00667			133	0,00295
3		3	0,00075	4		3	0,00082
		6	0,00050			6	0,00074
		9	0,00049			9	0,00080
		12	0,00078			12	0,00054
		15	0,00151			15	0,00092
		18	0,00393			18	0,00151
		21	0,00538			21	0,00331
		24	0,02150			24	0,00339
		27	0,02518			27	0,00917
		30	0,02846			30	0,01606
		33	0,04226			33	0,01697
		37	0,03212			37	0,01449
	2	41	0,03691		2	41	0,02833
		45	0,04271			45	0,02015
		49	0,03566			49	0,02822
		53	0,03215			53	0,02598
		57	0,03123			57	0,01255
		61	0,02727			61	0,02316
		65	0,03683			65	0,01600
		69	0,03652			69	0,02100
		73	0,02668			73	0,01404
		85	0,00981			85	0,01431
		97	0,00753			97	0,00977
		109	0,00536			109	0,00478
		121	0,00374			121	0,00463
		133	0,00220			133	0,00258

Apêndice 12. Concentrações de cromo (%) nas fezes no período 2, tratamentos 1 e 2

Tratamento	Repetição	Horário	Concentração	Tratamento	Repetição	Horário	Concentração
		3	0,00040			3	0,00079
		6	0,00065			6	0,00054
		9	0,00055			9	0,00063
		12	0,00073			12	0,00034
		15	0,00158			15	0,00094
		18	0,00167			18	0,00144
		21	0,00189			21	0,00204
		24	0,00417			24	0,00308
		27	0,00282			27	0,00663
		30	0,00735			30	0,01096
		33	0,00919			33	0,00999
		37	0,01520			37	0,00926
	1	41	0,00875		1	41	0,01056
		45	0,01028			45	0,01272
		49	0,01258			49	0,01117
		53	0,01654			53	0,02137
		57	-			57	0,01183
		61	0,01055			61	0,01532
		65	0,00971			65	0,01997
		69	0,00956			69	0,00759
		73	0,01277			73	0,00763
		85	0,00848			85	0,00945
		97	0,00501			97	0,00380
		109	0,00764			109	0,00234
		121	0,00404			121	0,00249
		133	0,00238			133	0,00274
1		3	0,00049	2		3	0,00048
		6	0,00073			6	0,00055
		9	0,00045			9	0,00038
		12	0,00102			12	0,00050
		15	0,00065			15	0,00092
		18	0,00273			18	0,00044
		21	0,00249			21	0,00118
		24	0,00292			24	0,00262
		27	0,00334			27	0,00187
		30	0,00453			30	0,00262
		33	0,00686			33	0,00674
		37	0,01257			37	0,00985
	2	41	0,02059		2	41	0,01037
		45	0,02100			45	0,01106
		49	0,01810			49	0,01401
		53	0,01842			53	0,00872
		57	0,01048			57	-
		61	0,01301			61	0,00900
		65	0,00683			65	0,00874
		69	0,01991			69	0,00839
		73	0,01414			73	0,01182
		85	0,00611			85	0,00734
		97	0,00755			97	0,00254
		109	0,00392			109	0,00714
		121	0,00438			121	0,00268
		133	0,00382			133	0,00300

Apêndice 13. Concentrações de cromo (%) nas fezes no período 2, tratamentos 3 e 4

Tratamento	Repetição	Horário	Concentração	Tratamento	Repetição	Horário	Concentração
		3	0,00055			3	0,00048
		6	0,00106			6	0,00040
		9	0,00038			9	0,00101
		12	0,00065			12	0,00081
		15	0,00125			15	0,00048
		18	0,00245			18	0,00070
		21	0,00171			21	0,00109
		24	0,00470			24	0,00191
		27	0,01329			27	0,00302
		30	0,01898			30	0,00469
		33	0,01352			33	0,00876
		37	0,02057			37	0,00613
	1	41	0,02001		1	41	0,00986
		45	0,02803			45	0,01198
		49	0,01355			49	0,01413
		53	0,01359			53	0,01073
		57	0,01305			57	0,02528
		61	0,02607			61	0,00783
		65	0,01016			65	0,01647
		69	0,01819			69	0,01719
		73	0,00874			73	0,01165
		85	0,00703			85	0,01229
		97	0,00688			97	0,00963
		109	0,00492			109	0,00612
		121	0,00497			121	0,00576
		133	0,00250			133	0,00185
3		3	0,00044	4		3	0,00030
		6	0,00054			6	0,00094
		9	0,00047			9	0,00105
		12	0,00053			12	0,00085
		15	0,00113			15	0,00025
		18	0,00196			18	0,00085
		21	0,00196			21	0,00180
		24	0,00682			24	0,00280
		27	0,00546			27	0,00179
		30	0,00890			30	0,00269
		33	0,01132			33	0,00329
		37	0,02608			37	0,00365
	2	41	0,02540		2	41	0,00856
		45	0,01253			45	0,01179
		49	0,01115			49	0,02139
		53	0,01144			53	0,00948
		57	0,01622			57	0,01781
		61	0,01191			61	0,01219
		65	0,00800			65	0,00836
		65	0,00851			69	0,02171
		73	0,01829			73	0,01129
		85	0,00842			85	0,01750
		97	0,00607			97	0,00999
		109	0,00319			109	0,00764
		121	0,00184			121	0,00591
		133	0,00109			133	0,00234

Apêndice 14. Concentrações de cobalto (ppm) no líquido ruminal no período 1

Tratamento	Repetição	Horário	Concentração	Tratamento	Repetição	Horário	Concentração
1	1	0	0,00	3	1	0	-
		2	10,58			2	8,83
		4	6,02			4	7,57
		6	6,52			6	3,81
		8	5,22			8	3,61
		10	4,11			10	3,61
		13	2,06			13	2,36
		16	2,71			16	1,60
		19	1,86			19	1,45
		22	1,60			22	0,95
		25	1,10			25	0,65
		28	0,25			28	0,55
		31	0,50			31	0,30
		34	0,30			34	0,10
1	2	0	0,00	3	2	0	0,00
		2	12,24			2	10,53
		4	8,63			4	2,86
		6	8,02			6	4,41
		8	7,02			8	4,36
		10	5,62			10	3,56
		13	0,00			13	2,36
		16	2,11			16	1,65
		19	2,86			19	1,25
		22	2,01			22	0,85
		25	1,60			25	0,50
		28	1,05			28	0,25
		31	0,70			31	0,15
		34	0,25			34	0,00
2	1	0	0,00	4	1	0	0,05
		2	7,82			2	2,26
		4	7,67			4	1,86
		6	4,66			6	0,85
		8	4,91			8	1,25
		10	3,46			10	1,10
		13	3,36			13	5,62
		16	2,11			16	0,60
		19	2,11			19	0,45
		22	1,60			22	0,35
		25	1,45			25	0,44
		28	1,00			28	0,00
		31	0,80			31	0,00
		34	0,55			34	0,00
2	2	0	0,00	4	2	0	0,00
		2	-			2	8,73
		4	5,52			4	5,42
		6	3,96			6	5,12
		8	3,46			8	4,06
		10	2,96			10	3,91
		13	2,51			13	3,61
		16	1,25			16	0,70
		19	0,90			19	1,40
		22	0,85			22	1,15
		25	0,45			25	0,80
		28	0,20			28	0,60
		31	0,30			31	0,30
		34	0,00			34	0,25

Apêndice 15. Concentrações de cobalto (ppm) no líquido ruminal no período 2

Tratamento	Repetição	Horário	Concentração	Tratamento	Repetição	Horário	Concentração
		0	0,00			0	0,00
		2	7,57			2	7,12
		4	5,57			4	4,06
		6	3,86			6	3,06
		8	3,96			8	2,56
	1	10	3,26		1	10	2,31
		14	1,91			14	1,91
		18	1,30			18	1,00
		22	0,80			22	0,65
		26	0,50			26	0,35
		30	0,00			30	1,35
1		34	0,00	3		34	0,00
		0	0,00			0	0,00
		2	7,92			2	8,63
		4	5,77			4	3,76
		6	2,96			6	4,76
		8	4,31			8	3,11
	2	10	3,56		2	10	2,11
		14	2,46			14	1,35
		18	1,50			18	0,70
		22	1,05			22	0,20
		26	0,70			26	0,00
		30	0,05			30	0,00
		34	0,00			34	0,00
		0	0,00			0	0,00
		2	6,57			2	6,32
		4	5,42			4	4,51
		6	2,61			6	3,06
		8	2,46			8	2,76
	1	10	2,16		1	10	1,81
		14	1,20			14	1,20
		18	0,55			18	0,75
		22	0,25			22	0,25
		26	0,00			26	0,05
		30	0,00			30	0,00
2		34	0,00	4		34	0,00
		0	0,00			0	0,00
		2	5,47			2	8,53
		4	4,31			4	6,52
		6	3,36			6	4,21
		8	2,81			8	3,26
	2	10	2,26		2	10	2,66
		14	1,35			14	1,70
		18	0,85			18	1,00
		22	0,30			22	0,55
		26	0,10			26	0,00
		30	0,00			30	0,00
		34	0,00			34	0,00

Apêndice 16. Taxa de passagem pelo rúmen-retículo (k1, %/h), taxa de passagem pelo baixo trato (k2, %/h), tempo de retenção no rúmen-retículo (TRR, h), tempo de retenção no baixo trato (TRC, h), tempo de trânsito (TT, h), tempo total de retenção (TTR, h) e taxa de passagem da fase líquida (Tx FL, %/h)

Animal	Período	Tratamento	K1	K2	TRR	TRC	TT	TTR	Tx FL
8	1	1	4,09	4,12	24,46	24,30	19,32	68,08	4,69
3	1	1	4,62	4,85	21,67	20,61	19,61	61,88	4,47
5	2	1	4,36	4,37	22,94	22,88	22,36	68,18	4,74
8	2	1	4,31	4,36	23,20	22,95	26,48	72,62	4,04
Média			4,34	4,42	23,07	22,68	21,94	67,69	4,49
Desvio Padrão			0,22	0,31	1,15	1,53	3,32	4,41	0,32
2	1	2	4,07	4,23	24,57	23,64	26,15	74,36	3,40
7	1	2	4,33	4,34	23,11	23,04	22,52	68,67	5,18
4	2	2	4,35	4,38	23,00	22,85	20,90	66,76	6,82
1	2	2	4,38	4,39	22,84	22,76	26,12	71,72	6,80
Média			4,28	4,34	23,38	23,07	23,92	70,38	5,55
Desvio Padrão			0,14	0,07	0,80	0,40	2,64	3,35	1,63
5	1	3	4,16	4,19	24,07	23,86	26,21	74,14	5,19
6	1	3	4,39	4,54	22,80	22,05	19,41	64,26	5,46
3	2	3	4,58	4,77	21,85	20,96	19,91	62,73	4,83
2	2	3	4,42	4,51	22,61	22,15	20,26	65,02	7,27
Média			4,39	4,50	22,83	22,26	21,45	66,54	5,69
Desvio Padrão			0,17	0,24	0,92	1,20	3,19	5,16	1,09
4	1	4	4,11	4,27	24,33	23,42	20,96	68,71	3,55
1	1	4	4,10	4,20	24,39	23,80	22,64	70,83	4,61
7	2	4	4,36	4,36	22,95	22,93	26,79	72,67	7,82
6	2	4	4,33	4,33	23,10	23,08	32,64	78,82	5,75
Média			4,22	4,29	23,69	23,31	25,76	72,76	5,43
Desvio Padrão			0,14	0,07	0,78	0,39	5,20	4,35	1,83

Apêndice 17. Degradabilidade da FDN no período 1

Tratamento	Repetição	Horário	Deg. FDN	Tratamento	Repetição	Horário	Deg. FDN
		0	0,00			0	0,00
		1	0,00			1	2,01
		3	0,00			3	0,41
		6	9,46			6	4,17
	1	12	11,25		1	12	15,13
		24	34,12			24	40,03
		48	55,54			48	54,23
		72	59,48			72	60,96
1		96	64,02	3		96	62,92
		0	0,00			0	0,00
		1	0,00			1	0,00
		3	1,65			3	1,35
		6	3,88			6	4,70
	2	12	6,02		2	12	11,85
		24	29,15			24	32,15
		48	50,93			48	54,24
		72	57,63			72	59,12
		96	61,65			96	63,08
		0	0,00			0	0,00
		1	0,00			1	1,69
		3	0,04			3	1,18
		6	3,00			6	3,90
	1	12	11,32		1	12	12,67
		24	34,05			24	36,58
		48	51,98			48	53,85
		72	53,75			72	60,86
2		96	59,98	4		96	64,81
		0	0,00			0	0,00
		1	0,00			1	3,42
		3	0,14			3	1,17
		6	6,87			6	7,37
	2	12	15,01		2	12	16,10
		24	41,19			24	37,49
		48	52,96			48	53,97
		72	58,97			72	60,20
		96	64,44			96	63,44

Apêndice 18. Degradabilidade da FDN no período 2

Tratamento	Repetição	Horário	Deg. FDN	Tratamento	Repetição	Horário	Deg. FDN
		0	0,00			0	0,00
		1	0,00			1	0,00
		3	0,00			3	0,00
		6	0,00			6	0,92
	1	12	6,23		1	12	7,26
		24	32,52			24	26,71
		48	48,16			48	46,28
		72	55,20			72	54,79
1		96	59,54	3		96	60,22
		0	0,00			0	0,00
		1	0,00			1	0,00
		3	0,00			3	0,00
		6	0,00			6	0,00
	2	12	7,04		2	12	6,66
		24	32,16			24	29,16
		48	49,60			48	48,79
		72	37,93			72	55,51
		96	59,22			96	59,90
		0	0,00			0	0,00
		1	0,00			1	0,00
		3	0,00			3	0,00
		6	0,00			6	0,00
	1	12	5,47		1	12	12,52
		24	25,96			24	34,13
		48	52,43			48	46,28
		72	56,30			72	56,59
2		96	58,70	4		96	61,56
		0	0,00			0	0,00
		1	0,00			1	0,00
		3	0,00			3	0,00
		6	0,00			6	0,00
	2	12	3,23		2	12	9,01
		24	24,73			24	33,07
		48	46,86			48	49,71
		72	53,75			72	56,15
		96	59,25			96	59,05

Apêndice 19. Parâmetros de degradação da FDN do feno e degradabilidade efetiva

Animal	Período	Tratamento	a	b	c	TC	DE
8	1	1	1,70	66,05	3,30	4,07	31,21
3	1	1	0,00	65,47	4,02	8,93	30,47
5	2	1	0,00	60,02	5,12	9,02	32,41
8	2	1	0,00	55,20	4,80	5,73	29,09
Média			0,43	61,69	4,31	6,94	30,79
Desvio Padrão			0,85	5,11	0,82	2,45	1,39
2	1	2	0,00	62,44	3,86	5,20	30,41
7	1	2	1,03	64,14	4,13	4,20	32,37
4	2	2	0,00	62,18	4,54	9,67	31,75
1	2	2	0,00	64,42	3,87	8,99	30,20
Média			0,26	63,30	4,10	7,02	31,18
Desvio Padrão			0,52	1,15	0,32	2,72	1,05
5	1	3	0,64	64,29	4,46	5,08	33,91
6	1	3	0,71	64,96	3,59	5,18	29,93
3	2	3	0,00	69,14	2,87	4,29	26,63
2	2	3	0,00	62,51	4,25	8,67	30,63
Média			0,34	65,23	3,79	5,81	30,27
Desvio Padrão			0,39	2,81	0,72	1,95	2,99
4	1	4	0,67	64,92	4,02	5,38	32,75
1	1	4	1,19	64,15	3,90	3,92	32,48
7	2	4	0,00	62,54	3,83	5,52	29,26
6	2	4	0,00	59,91	5,09	8,22	32,38
Média			0,47	62,88	4,21	5,76	31,72
Desvio Padrão			0,58	2,21	0,59	1,79	1,65

Apêndice 20. Tabela de Anova para as medidas de N-NH₃ (mg/100 ml)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Tratamento	3	69,18507	23,06169	1,83	0,2193
Período	1	451,4917	451,4917	35,88	0,0003
Tratamento*Período	3	11,53304	3,844347	1,22	0,3629
Erro (a)	8	25,15863	3,144829		
Total (a)	15	557,3684			
Horário	5	626,7092	125,3418	28,79	0,0001
Tratamento*Horário	15	134,8335	8,988898	2,06	0,0247
Erro (b)	60	261,2022	4,35337		
Total	95	1209,113			

Apêndice 21. Tabela de Anova para as medidas de pH ruminal

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	P > F
Tratamento	3	0,335671	0,11189	2,15	0,1717
Período	1	0,045938	0,045938	0,88	0,3747
Tratamento*Período	3	0,065471	0,021824	0,42	0,7438
Erro (a)	8	0,41585	0,051981	6,47	<.0001
Total (a)	15	0,862929			
Horário	5	0,208933	0,041787	5,2	0,0005
Tratamento*Horário	15	0,178892	0,011926	1,48	0,1405
Erro (b)	60	0,482142	0,008036		
Total	95	1,732896			

Apêndice 22. Tabela de Anova para a digestibilidade da matéria orgânica (DMO, %)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Tratamento	3	3,15063	1,050208	0,19	0,9022
Período	1	7,81203	7,812025	1,39	0,2719
Tratamento*Período	3	32,5147	10,83824	1,93	0,2031
Erro	8	44,89	5,61		
Total	15	88,3686			

Apêndice 23. Tabela de Anova para a digestibilidade da FDN (DFDN, %)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Tratamento	3	12,1	4,0333	0,69	0,5818
Período	1	11,594	11,594	1,99	0,1959
Tratamento*Período	3	20,127	6,709	1,15	0,3858
Erro	8	46,58	5,823		
Total	15	90,405			

Apêndice 24. Tabela de Anova para a digestibilidade da hemicelulose (DHEM, %)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Tratamento	3	4,7539	1,5846	0,26	0,8547
Período	1	6,2001	6,2001	1	0,3457
Tratamento*Período	3	18,668	6,2226	1,01	0,4382
Erro	8	49,415	6,1769		
Total	15	79,037			

Apêndice 25. Tabela de Anova para a digestibilidade da celulose (DCEL, %)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Tratamento	3	28,832	9,6108	1,2	0,3693
Período	1	12,479	12,479	1,56	0,2468
Tratamento*Período	3	22,582	7,5273	0,94	0,4647
Erro	8	63,955	7,9944		
Total	15	127,85			

Apêndice 26. Tabela de Anova para a digestibilidade real da MO (DMOr, %)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Tratamento	3	4,5029	1,501	0,28	0,8368
Período	1	0,3364	0,3364	0,06	0,8077
Tratamento*Período	3	16,993	5,6643	1,07	0,4162
Erro	8	42,526	5,3158		
Total	15	64,358			

Apêndice 27. Tabela de Anova para o consumo de MS (% do PC)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Tratamento	3	0,1055	0,0352	0,68	0,5868
Período	1	0,0156	0,0156	0,3	0,5966
Tratamento*Período	3	0,169	0,0563	1,1	0,4054
Erro	8	0,4115	0,0514		
Total	15	0,7016			

Apêndice 28. Tabela de Anova para o consumo de N (g/UTM)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Tratamento	3	0,327	0,109	32,47	0,0001
Período	1	0,2139	0,2139	63,73	0,0001
Tratamento*Período	3	0,0064	0,0021	0,63	0,6145
Erro	8	0,0269	0,0034		
Total	15	0,5741			

Apêndice 29. Tabela de Anova para o consumo de MO total (g/UTM)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Tratamento	3	259,76	86,587	2,63	0,1222
Período	1	41,764	41,764	1,27	0,293
Tratamento*Período	3	127,4	42,467	1,29	0,343
Erro	8	263,75	32,969		
Total	15	692,67			

Apêndice 30. Tabela de Anova para o consumo de FDN (g/UTM)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Tratamento	3	137,17	45,722	1,9	0,2081
Período	1	201,85	201,85	8,39	0,02
Tratamento*Período	3	94,376	31,459	1,31	0,3374
Erro	8	192,5	24,062		
Total	15	625,89			

Apêndice 31. Tabela de Anova para o consumo de MO digestível (g/UTM)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Tratamento	3	48,452	16,151	0,73	0,5623
Período	1	1,1289	1,1289	0,05	0,8269
Tratamento*Período	3	112,58	37,526	1,7	0,2444
Erro	8	176,95	22,119		
Total	15	339,11			

Apêndice 32. Tabela de Anova para o consumo de MO do feno (g/UTM)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Tratamento	3	177,9	59,298	1,77	0,2304
Período	1	42,837	42,837	1,28	0,2909
Tratamento*Período	3	128,28	42,759	1,28	0,3464
Erro	8	267,99	33,498		
Total	15	617			

Apêndice 33. Tabela de Anova para a relação CPDR:CMOD

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Tratamento	3	36,207	12,069	30,7	0,0001
Período	1	8,2082	8,2082	20,88	0,0018
Tratamento*Período	3	2,7156	0,9052	2,3	0,1537
Erro	8	3,1447	0,3931		
Total	15	50,276			

Apêndice 34. Tabela de Anova para a taxa de passagem pelo rúmen-retículo (k1)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Período	1	0,09303	0,09303	3,45	0,1003
Tratamento	3	0,06085	0,02028	0,75	0,5512
Tratamento*Período	3	0,04283	0,01428	0,53	0,6745
Erro	8	0,22	0,03		
Total	15	0,4124			

Apêndice 35. Tabela de Anova para a taxa de passagem pelo baixo trato gastrointestinal (k2)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Período	1	0,0333	0,0333	0,72	0,4211
Tratamento	3	0,1076	0,0359	0,77	0,5404
Tratamento*Período	3	0,0788	0,0263	0,57	0,6519
Erro	8	0,3706	0,0463		
Total	15	0,5902			

Apêndice 36. Tabela de Anova para o tempo de retenção ruminal (TRR)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Período	1	2,9843	2,9843	3,91	0,0835
Tratamento	3	1,6805	0,5602	0,73	0,5608
Tratamento*Período	3	1,0964	0,3655	0,48	0,7062
Erro	8	6,1128	0,7641		
Total	15	11,874			

Apêndice 37. Tabela de Anova para o tempo de retenção no baixo trato (TRC)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Período	1	1,0816	1,0816	0,92	0,366
Tratamento	3	2,5539	0,8513	0,72	0,5662
Tratamento*Período	3	1,7423	0,5808	0,49	0,697
Erro	8	9,4241	1,178		
Total	15	14,802			

Apêndice 38. Tabela de Anova para o tempo de trânsito (TT)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Período	1	21,716	21,716	2,47	0,155
Tratamento	3	46,789	15,596	1,77	0,2302
Tratamento*Período	3	73,59	24,53	2,79	0,1096
Erro	8	70,446	8,8057		
Total	15	212,54			

Apêndice 39. Tabela de Anova para o tempo total de retenção (TTR)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Período	1	3,6005	3,6005	0,22	0,6506
Tratamento	3	93,329	31,11	1,91	0,2061
Tratamento*Período	3	95,008	31,669	1,95	0,2007
Erro	8	130,15	16,269		
Total	15	322,09			

Apêndice 40. Tabela de Anova para taxa de passagem da fase líquida (Tx FL)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Período	1	8,2944	8,2944	8,76	0,0181
Tratamento	3	3,5757	1,1919	1,26	0,3515
Tratamento*Período	3	5,9348	1,9783	2,09	0,1799
Erro	8	7,5711	0,9464		
Total	15	25,376			

Apêndice 41. Tabela de Anova para a degradabilidade ruminal da FDN

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Tratamento	3	69,18507	23,06169	1,83	0,2193
Período	1	451,4917	451,4917	35,88	0,0003
Tratamento*Período	3	2,904225	0,968075	0,08	0,9707
Erro (a)	8	100,6689	12,58361		
Total (a)	15	624,2498			
Horário	8	89121,98	11140,25	1642,25	0,0001
Tratamento*Horário	24	117,315	4,888123	0,72	0,8191
Erro (b)	96	651,22	6,783541		
Total	143	90514,77			

Apêndice 42. Tabela de Anova para a fração rapidamente solúvel da degradabilidade da FDN (a)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Período	1	2,21	2,2052	8,35	0,0202
Tratamento	3	0,10	0,0343	0,13	0,9395
Tratamento*Período	3	0,10	0,0343	0,13	0,9395
Erro	8	2,11	0,26		
Total	15	4,52			

Apêndice 43. Tabela de Anova para a fração insolúvel potencialmente degradável da FDN (b)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Período	1	26,27	26,2656	5,04	0,055
Tratamento	3	25,95	8,6493	1,66	0,2518
Tratamento*Período	3	52,55	17,5177	3,36	0,0757
Erro	8	41,70	5,21		
Total	15	146,46			

Apêndice 44. Tabela de Anova para a taxa de degradação da FDN (c)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Período	1	0,5968	0,5968	1,77	0,2205
Tratamento	3	0,6029	0,201	0,59	0,6359
Tratamento*Período	3	1,6036	0,5345	1,58	0,2681
Erro	8	2,703	0,3379		
Total	15	5,5061			

Apêndice 45. Tabela de Anova para o tempo de colonização da FDN (lag time)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Período	1	20,589	20,589	5,11	0,0538
Tratamento	3	5,7162	1,9054	0,47	0,7099
Tratamento*Período	3	8,3645	2,7882	0,69	0,5825
Erro	8	32,261	4,0326		
Total	15	66,931			

Apêndice 46. Tabela de Anova para a degradabilidade efetiva da FDN do feno (DE)

Causas da variação	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Período	1	2,9241	2,9241	0,86	0,3821
Tratamento	3	1,3924	0,4641	0,14	0,9359
Tratamento*Período	3	3,9958	1,3319	0,39	0,7638
Erro	8	27,35	3,4187		
Total	15	35,662			

8 VITA

Eduardo Bohrer de Azevedo, filho de Carlos Alberto de Azevedo e Elisabete Bohrer de Azevedo, nascido em 12 de abril de 1981, em Santa Maria – RS. Estudou no Colégio Boa Viagem (Recife - PE), Maria Imaculada (Porto Alegre - RS) e Sant'Anna (Santa Maria - RS) onde completou o primeiro grau em 1995 e no Colégio Objetivo (Santa Maria - RS), onde concluiu o segundo grau em 1998. Em 1999 ingressou no curso de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde, em 2000, começou a trabalhar como estagiário no Núcleo Integrado de Desenvolvimento em Análises Laboratoriais (NIDAL) sob orientação do professor José Laerte Nörnberg, até metade de 2004. Formou-se Médico Veterinário em setembro de 2004. Em março de 2005, sob orientação do Prof. Jorge López e co-orientação do Prof. Harold Ospina Patiño, iniciou o curso de Mestrado em Produção Animal na UFRGS como bolsista do CNPq.