

JANDERSON FLORENCIO FIGUEIRAS

**CONSUMO E DIGESTIBILIDADE EM BOVINOS EM PASTEJO COM
FORRAGEM TROPICAL DE BAIXA QUALIDADE RECEBENDO NÍVEIS
CRESCENTES DE COMPOSTOS NITROGENADOS SUPLEMENTARES**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título
de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS-BRASIL**

2008

JANDERSON FLORENCIO FIGUEIRAS

**CONSUMO E DIGESTIBILIDADE EM BOVINOS EM PASTEJO COM
FORRAGEM TROPICAL DE BAIXA QUALIDADE RECEBENDO NÍVEIS
CRESCENTES DE COMPOSTOS NITROGENADOS SUPLEMENTARES**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título
de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 29 de Julho de 2008

Prof. Mário Fonseca Paulino
(Co-Orientador)

Prof. Sebastião de Campos Valadares Filho
(Co-Orientador)

Prof. Rogério de Paula Lana

Dr^a. Lara Henriques Toledo

Prof. Edenio Detmann
(Orientador)

A Deus por guiar meus passos
A minha amada mãe, meu porto seguro a quem devo tudo
A meu pai, exemplo de força trabalho e inspiração
As minhas queridas irmãs, Úrsula e Vanessa
As minhas sobrinhas Gabriela e Beatriz
Ao meu sobrinho Pedro
A minha querida avó Laudemira Alves de Jesus (*In memorian*)

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, por tornar possível a realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Cnpq), pela concessão da bolsa de estudo.

À FAPEMIG (Programa Pesquisador Mineiro) pelo provimento de recursos financeiros para realização deste trabalho.

À minha amada mãe pelos ensinamentos de vida, amor incondicional, pela compreensão, orgulho e confiança.

Ao meu pai, por ter dado a oportunidade de começar minha vida profissional, pelos ensinamentos e dedicação.

Às irmãs Úrsula e Vanessa, minhas amigas para todas as horas, a quem confio minhas alegrias e tristezas.

Ao Professor Edenio Detmann, pela excelente orientação em todos os momentos deste trabalho, atenção, paciência, amizade e por ensinar com tanta vontade e sabedoria.

Ao Professor Mário Fonseca Paulino, pelos ensinamentos primordiais para realização deste trabalho.

Ao Professor Sebastião de Campos Valadares Filho, pela confiança e ensinamentos.

Aos demais Professores do Departamento de Zootecnia, pelos ensinamentos e agradável convivência.

Ao amigo Tiago Neve Pereira Valente pela imprescindível colaboração neste trabalho, do início ao fim, pela amizade construída e por tantos momentos de alegria e descontração.

Aos funcionários, Monteiro, Fernando, Valdir, Mario, Wellington, Celeste, Edson, pela amizade e colaboração.

As colegas do DZO, especialmente a Claudia, Isis, Verônica, Viviane, pela contribuição neste trabalho.

Aos estagiários Matheus, e as estagiárias Lorena e Isabela pela colaboração durante o experimento.

Aos amigos da república, em especial Cristiano (japa), Danilo Shimamura, Diogo e Pingüim, por fazerem parte de tantos momentos de alegria desde minha chegada em Viçosa.

BIOGRAFIA

Janderson Florêncio Figueiras, filho de Vanir Florêncio Figueiras e Aparecido Figueiras, nasceu em Votuporanga-SP, no dia 02 de junho de 1976.

Em Setembro de 2006, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul.

Em Março de 2007, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Ruminantes, submetendo-se à defesa de dissertação em 29 de Julho de 2008.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO	12
MATERIAL E MÉTODOS.....	14
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
CONCLUSÕES.....	36
LITERATURA CITADA.....	37

RESUMO

FIGUEIRAS, Janderson Florencio, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Julho, 2008. **Consumo e digestibilidade em bovinos em pastejo com forragem de baixa qualidade recebendo níveis crescentes de compostos nitrogenados suplementares.** Orientador: Edenio Detmann. Co-Orientadores: Mário Fonseca Paulino e Sebastião de Campos Valadares Filho

Objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados sobre o consumo, a digestibilidade e a síntese de proteína microbiana em bovinos em pastejo durante o período seco do ano. Foram utilizados cinco novilhos mestiços Holandês x Zebu, com peso vivo (PV) médio inicial de 236kg, fistulados no rúmen e no abomaso, mantidos individualmente em piquetes de *Brachiaria decumbens* Stapf.(0,34 ha) com livre acesso a água e mistura mineral. O experimento foi estruturado em delineamento em quadrado latino 5 x 5, com cinco tratamentos e cinco períodos experimentais. Os cinco tratamentos avaliados foram definidos de forma a se suplementar os animais com 0; 0,35; 0,75; 1,05; 1,40g de proteína bruta (PB)/kg PV. Como fonte de compostos nitrogenados empregou-se mistura de uréia, sulfato de amônia e albumina, nas proporções 4,5:0,5:1,0, respectivamente. A quantidade de suplemento fornecida foi calculada com base no PV dos animais no início de cada período experimental. Os níveis médios de PB nas dietas foram 7,39, 8,92, 10,98, 12,55 e 13,62%, com base na matéria seca (MS), para níveis de suplementação 0; 0,35; 0,75; 1,05 e 1,40 g PB/kg PV, respectivamente. Verificou-se relação do tipo *linear-response-plateau* (LRP) ($P < 0,05$) entre as estimativas de consumo e os níveis de PB da dieta. O comportamento do tipo LRP permitiu evidenciar incremento no consumo até níveis próximos a 9% de PB, com base na MS, a partir do qual observou-se estabilidade das estimativas. Os coeficientes de digestibilidade total e ruminal da MS e da fibra em detergente neutro (FDN) e o nível de nutrientes digestíveis totais na dieta apresentam relações lineares

($P < 0,10$) e positivas com os níveis de PV na dieta. Os valores de pH ruminal não foram afetados pelos níveis de PB na dieta ($P > 0,10$). A concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) foi incrementada de forma linear e positiva ($P < 0,01$) em função da elevação dos níveis de PB na dieta, com valor estimado de 8,00 mg NAR/dL de líquido ruminal, equivalente à otimização do consumo voluntário (9% PB). A excreção urinária de nitrogênio, a concentração de nitrogênio uréico no soro, o balanço nitrogenado aparente e o balanço nitrogenado relativo foram incrementados linearmente ($P < 0,01$) com níveis de PB na dieta. A variação nos níveis de PB na dieta não afetou ($P > 0,01$) as estimativas de fluxos abomasal de compostos nitrogenados microbianos (NMIC) e de eficiência de síntese microbiana ($P > 0,10$). O equilíbrio entre NMIC e o consumo de nitrogênio foi obtido sob o nível de 9,46% de PB na dieta. Recomenda-se a inclusão de suplementos na dieta de forma a elevar-se o nível de PB a 9% com base na MS, para que ocorra otimização na utilização de forragem tropical de baixa qualidade sob pastejo.

ABSTRACT

FIGUEIRAS, Janderson Florencio, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2008. **Intake and digestibility in cattle grazing a low quality grass pasture and supplemented with increasing levels of nitrogenous compounds.** Adviser: Edenio Detmann. Co-Advisers: Mário Fonseca Paulino and Sebastião de Campos Valadares Filho.

The objective of this work was to evaluate the effects of supplementation with nitrogenous compounds on intake, digestibility, and microbial protein synthesis in cattle under grazing during dry season. Five Holstein x Zebu steers fitted with rumen and abomasums cannulae and with average initial live weight (LW) of 236kg, were used. The animals grazed five *Brachiaria decumbens* Stapf. paddocks and had free access to water and mineral. The experiment was carried out according to a 5 x 5 Latin square design, with five treatments and five experimental periods. The treatments were formed according to supplementation levels of nitrogenous compounds: 0; 0.35; 0.75; 1.05 and 1.40 g of crude protein (CP)/ Kg LW. A mixture of urea, ammonium sulfate and albumin (4.5:0.5:1.0) were used as nitrogen supplement. The daily quantity of supplement was calculated on animals LW at the beginning of each experimental period. The average CP levels in the diet were 7.39, 8.92, 10.98, 12.55 and 13.62% as dry matter (DM) basis, which corresponded to supplementation levels of 0, 0.35, 0.75, 1.05 and 1.40 g CP/kg LW, respectively. *Linear-response-plateau* (LRP) relationships were observed between intake estimates and diet CP levels ($P < 0.05$). The LRP pattern showed the increase of intake until CP levels close to 9%, as dry matter basis. The estimates became unchangeable from this level. The total and ruminal digestibility coefficients of DM and neutral detergent fiber (NDF) and the diet level of total digestible nutrients presented a positive linear pattern ($P < 0.10$) according to diet CP levels. The rumen pH was not

affected by CP levels ($P>0.10$). The rumen ammonia nitrogen (RAN) concentration was linearly increased by diet CP levels ($P<0.01$). This variable assumed the value of 8.00 mg/dL of rumen fluid when the intake estimates reached the maximum values (close to 9 % of CP). The urinary excretion of nitrogen, the serum urea nitrogen concentration, the apparent nitrogen balance and the relative nitrogen balance were linearly increased ($P<0.01$) by diet CP levels. The different CP levels in the diet did not affected ($P>0.10$) the estimates of abomasums flow of microbial nitrogenous compounds (NMIC) and the efficiency of microbial synthesis. The NMIC and nitrogen intake became identical on 9.46% of CP in the diet. It is recommended the nitrogenous compounds supplementation to raise the CP level of the diet to 9%, as dry matter basis. Under these circumstances, the utilization of low-quality forage by grazing animals would be optimized.

Introdução

Os sistemas de produção de bovinos de corte brasileiros são definidos, em sua grande maioria, pela utilização das pastagens como principal fonte de alimento para os animais; estando, desta forma, dependentes de fatores climáticos para que se possam produzir quantidades significativas de matéria seca potencialmente digestível (MSpd), recurso nutricional basal capaz de ser convertido em produto animal (Paulino et al., 2006).

Durante o período seco do ano as forragens tropicais disponíveis ao pastejo apresentam elevação dos teores de constituintes fibrosos insolúveis, notadamente tecidos lignificados, e redução do conteúdo celular vegetal, destacando-se quedas drásticas nos teores de compostos nitrogenados totais (Paulino et al., 2006).

Neste sentido, os recursos nutricionais basais raramente constituem dieta equilibrada à produção animal, verificando-se carências múltiplas de componentes minerais, energéticos e protéicos (Paulino et al., 2001), o que incorre elevada demanda por recursos nutricionais suplementares, sendo que a proteína (ou compostos nitrogenados) assume papel prioritário (Paulino et al., 2006).

Os baixos teores de proteína bruta (PB) limitam a atividade dos microrganismos ruminais, afetando a digestibilidade e o consumo de forragem, acarretando baixo desempenho animal (Van Soest, 1994; Paulino, 1999).

O fornecimento adicional de nitrogênio para animais consumindo pasto de baixa qualidade auxilia o crescimento dos microrganismos, em especial das bactérias fibrolíticas, o que favorece a taxa de digestão e síntese de proteína microbiana.

Com isso, ocorre aumento do consumo voluntário de pasto e ampliação da extração de energia a partir dos carboidratos fibrosos da forragem (Paulino et al., 2006; Lazzarini, 2007; Sampaio, 2007). Sendo assim, a utilização de compostos nitrogenados suplementares conduz a resultados positivos sobre a otimização do uso de forragens de baixa qualidade (DelCurto et al., 1990; Hannah et al., 1991; Lazarini 2007; Sampaio 2007).

Contudo, verifica-se na literatura carência de resultados que permitam descrever com exatidão a relação quantitativa entre a massa de compostos nitrogenados suplementares e seus efeitos sobre as características nutricionais de bovinos manejados em pastos tropicais de baixa qualidade.

Objetivou-se, portanto, avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados sobre o consumo, a digestibilidade e a síntese de proteína microbiana em bovinos em pastejo durante o período seco do ano.

Material e Métodos

O experimento foi realizado entre os meses de junho e outubro de 2007 no Setor de Bovinocultura de Corte do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

Foram utilizados cinco novilhos mestiços Holandês x Zebu, com peso vivo (PV) médio inicial de 236 kg, fistulados no rúmen e abomaso, mantidos individualmente em piquetes de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) (0,34 ha) com livre acesso a água e mistura mineral. O experimento foi estruturado em delineamento em quadrado latino 5 x 5, com cinco tratamentos e cinco períodos experimentais, com duração de 15 dias cada, sendo os cinco primeiros destinados à adaptação dos animais aos suplementos. A cada período os animais foram distribuídos ao acaso aos piquetes.

Os cinco tratamentos avaliados foram definidos de forma a se suplementar os animais em 0; 0,35; 0,75; 1,05; e 1,40 g de PB/kg PV. Como fonte de compostos nitrogenados empregou-se mistura de uréia, sulfato de amônia e albumina, nas proporções 4,5:0,5:1,0, respectivamente. A quantidade de suplemento a ser fornecida foi calculada com base no PV dos animais ao início de cada período experimental.

A escolha dos componentes do suplemento se deu com base na ausência de carboidratos, permitindo avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados sem que alguma fonte suplementar de fibra ou energia interferisse nas mensurações. A inclusão de albumina no suplemento buscou suprir as necessidades microbianas em termos de proteína verdadeira degradável no rúmen, permitindo o

fornecimento de substratos essenciais, como ácidos graxos voláteis de cadeia ramificada.

Os suplementos foram infundidos diariamente no rúmen dos animais em duas porções de mesmo peso às 06h00 e 18h00 durante todo o período experimental.

A avaliação da dieta basal ingerida pelos animais foi realizada por intermédio de simulação manual de pastejo, conduzida individualmente em cada piquete no primeiro, quarto e décimo dias de cada período experimental. As amostras foram secas em estufa com ventilação forçada (60°C) e posteriormente processadas em moinho de facas (1 e 2 mm). Amostras compostas foram produzidas para cada piquete em cada período experimental com base no peso seco ao ar.

Para a quantificação da disponibilidade de pasto, procedeu-se ao corte rente ao solo de cinco áreas delimitadas por quadrado metálico (0,5 x 0,5 m) escolhidas aleatoriamente em cada piquete no primeiro dia de cada período experimental, perfazendo cinco amostras por piquete. As amostras foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS) (Silva & Queiroz, 2002) (Figura 1).

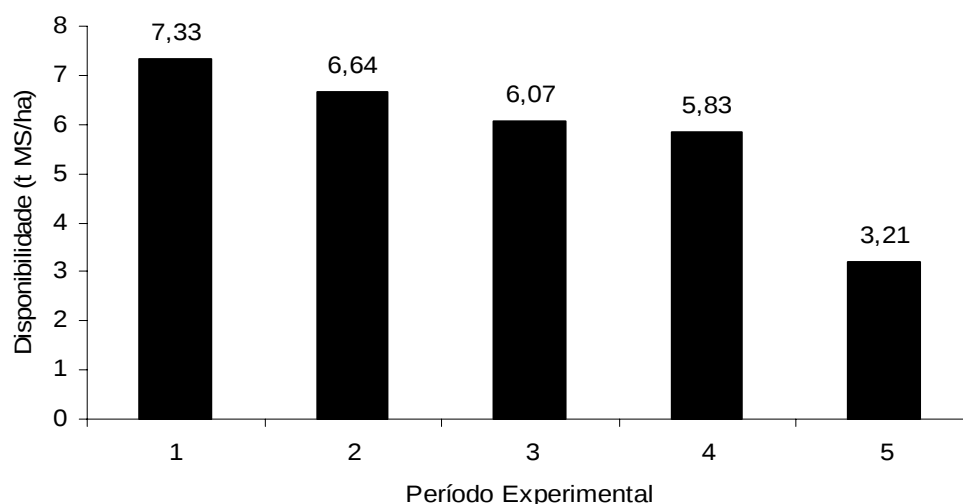


Figura 1 - Disponibilidade total de matéria seca de pasto de acordo com os períodos experimentais.

Para estimação da excreção fecal dos animais utilizou-se dióxido de titânio como indicador externo, o qual foi infundido no rúmen dos animais (20 g/dia) por intermédio da fístula ruminal, do primeiro ao oitavo dia de cada período às 12h00. As coletas de fezes foram realizadas do sexto ao oitavo dia de cada período diretamente no reto dos animais, segundo a distribuição: 6º dia – 08h00 e 14h00; 7º dia – 10h00 e 16h00; 8º dia – 12h00 e 18h00. Simultaneamente às coletas fecais foram realizadas coletas de digesta abomasal.

As amostras de fezes e digesta abomasal foram secas em estufa com ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (1 e 2 mm). Posteriormente elaboraram-se amostras compostas, com base no peso seco ao ar, por animal e período experimental.

Para avaliação do pH e da concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) foram realizadas coletas de líquido ruminal no nono dia de cada período experimental. As amostras foram coletadas manualmente na região de interface líquido:sólido do ambiente ruminal às 06h00, 12h00, 18h00 e 24h00, sendo filtradas por camada tripla de gaze e imediatamente avaliadas quanto ao pH. Em seguida separou-se alíquota de 40 mL que foi fixada com 1 mL de H₂SO₄ (1:1) e congelada (-20°C) para posterior análise da concentração de NAR.

Simultaneamente às avaliações de pH e NAR, nos horários de 12h00 e 18h00, foi realizado o isolamento de microrganismos ruminais, segundo técnica descrita por Cecava et al. (1990).

No último dia de cada período experimental foram realizadas coletas de urina, na forma de amostra *spot*, em micção espontânea dos animais aproximadamente duas e quatro horas após o fornecimento matinal do suplemento. As amostras foram filtradas em gaze e uma alíquota de 10 mL foi diluída com 40 mL de ácido sulfúrico (0,036 N)

(Valadares et al., 1999), a qual foi destinada à quantificação das concentrações urinárias de nitrogênio, uréia, creatinina, alantoína e ácido úrico.

Simultaneamente às coletas de urina, foram tomadas amostras de sangue na veia jugular dos animais, utilizando tubos de ensaio com gel separador e acelerador de coagulação (BD Vacutainer®, SST II Advance). O sangue foi centrifugado a 2700 x g por 20 minutos e alíquotas de soro foram congeladas (-20°C) para posterior análise da concentração de uréia.

As amostras de pasto obtidas por simulação manual de pastejo, de digesta abomasal e de fezes foram avaliadas quanto aos teores de MS, matéria orgânica (MO), PB, extrato etéreo (EE), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (H₂SO₄ 72% p/p), segundo técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram avaliados segundo Mertens (2002), sem o uso de sulfito de sódio. Os teores de FDN foram também expressos na forma corrigida para cinzas e compostos nitrogenados (FDN_{cp}), procedimentos realizados conforme técnicas descritas por Mertens (2002) e Licitra et al. (1996), respectivamente. O suplemento foi analisado quanto aos teores de MS, MO e PB, como descrito anteriormente. A composição química do pasto e do suplemento é apresentada na Tabela 1.

As compostas fecais foram avaliadas por colorimetria quanto ao seu teor de dióxido de titânio segundo Titgmeyer et al. (2001).

A excreção fecal foi estimada por intermédio da relação:

$$EF = \frac{D}{CF} \quad (1);$$

em que: EF = excreção fecal (g/dia); D = dose diária de dióxido de titânio (g/dia); e CF = concentração fecal de dióxido de titânio (g/g).

As estimativas de consumo voluntário e fluxo abomasal foram obtidas utilizando-se a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador interno,

quantificadas por procedimento de incubação *in situ* por períodos de 240 horas, utilizando-se amostras processadas em tamanho de partícula de 2 mm, segundo recomendações de Casali et al. (2008).

Tabela 1 - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), carboidratos não-fibrosos (CNF), fibra em detergente ácido (FDA), lignina e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) no pasto e no suplemento

Item	Pasto ^{5,6}	Suplemento
MS ¹	33,25±2,36	89,83
MO ²	93,38±0,46	93,65
PB ²	7,55 ±0,41	247,97
EE ²	2,82±0,22	---
FDN ²	68,61±0,78	---
FDNcp ²	61,67±0,92	---
CNF ^{2 3}	21,34±0,75	---
FDA ²	30,37±0,43	---
Lignina ²	6,15±0,14	---
PIDA ^{4, 7}	10,94±0,90	---

¹/ % da matéria natural. ²/ % da MS. ³/ % CNF = MO-(PB+EE+FDNcp). ⁴/ % da PB. ⁵/ Amostras obtidas por simulação manual de pastejo. ⁶/ Média ± erro-padrão da média. ⁷/ Avaliado segundo Licitra et al. (1996).

A concentração de nitrogênio amoniacal no líquido ruminal (NAR) foi estimada pelo sistema micro-Kjeldahl, sem digestão ácida e utilizando-se como base para destilação hidróxido de potássio (2N), após centrifugação prévia da amostra a 1000 x *g* por 15 minutos. As concentrações obtidas nos diferentes tempos de amostragem foram combinadas por animal e período experimental, produzindo-se, ao final, um único valor representativo da média diária de concentração de NAR. Combinação similar foi conduzida para os valores de pH ruminal.

As amostras de microrganismos ruminais foram avaliadas quanto aos seus teores de PB (Silva & Queiroz, 2002) e bases púricas (Ushida et al. 1985). Contudo, problemas foram detectados no tocante às estimativas de concentração de bases púricas nos microrganismos. Desta forma, para o cálculo da produção microbiana, utilizou-se a

excreção de derivados de purinas na urina associada à relação $N_{RNA}:N_{TOTAL}$ nos microrganismos obtida a partir da média dos valores relatados por Lazzarini (2007), Sampaio (2007) e Souza (2007) (0,139 g/g).

As amostras de urina, após descongeladas e compostas proporcionalmente por animal e período experimental, foram analisadas quanto às concentrações de nitrogênio (método de Kjeldhal; Silva & Queiroz, 2002), creatinina (Método de Jaffé modificado; Bioclin® K016-1), uréia (método enzimático-colorimétrico com fator clareante de lípidos – LCF; Human® 10505), ácido úrico (método enzimático-colorimétrico com LCF; Human® 10689) e alantoína (método colorimétrico; Chen & Gomes, 1992). As alíquotas de soro sangüíneo foram analisadas quanto à concentração de uréia, como descrito para as amostras de urina.

O volume total urinário foi estimado por intermédio da relação entre concentração de creatinina na urina a sua excreção por unidade de peso vivo, segundo equação descrita por Chizzotti (2004):

$$EC = 32,27 - 0,01093 \times PV \quad (2);$$

em que: EC = excreção diária de creatinina (mg/kg PV); e PV = peso vivo (kg).

As purinas absorvidas foram calculadas a partir da excreção de derivados de purinas por intermédio da equação (Verbic et al., 1990):

$$PA = \frac{DP - 0,385 \times PV^{0,75}}{0,85} \quad (3);$$

em que: PA = purinas absorvidas (mmol/dia); DP = excreção de derivados de purinas (alantoína e ácido úrico) (mmol/dia); 0,85 = recuperação de purinas absorvidas como derivados de purina na urina; e 0,385 = excreção endógena de derivados de purina na urina (mmol) por unidade de tamanho metabólico.

A síntese de compostos nitrogenados microbianos no rúmen foi estimada segundo Chen & Gomes (1992):

$$N_{mic} = \frac{70 \times PA}{0,83 \times R \times 1000} \quad (4);$$

em que: N_{mic} = fluxo de compostos nitrogenados microbianos no intestino delgado (g/dia); R = relação $N_{RNA}:N_{TOTAL}$ nas bactérias; 70 = conteúdo de nitrogênio na purinas (mg/mol); e 0,83 = digestibilidade intestinal das purinas microbianas.

O experimento foi analisado segundo delineamento em quadrado latino 5 x 5 utilizando-se os níveis médios de PB na dieta como variável quantitativa independente para representação dos tratamentos. Os níveis de PB nas dietas foram estabelecidos pela razão entre o consumo total de PB (pasto e suplemento) e o consumo total de MS.

Após a realização da análise de variância, procedeu-se à decomposição ortogonal da soma de quadrados de tratamentos em contrastes relativos aos efeitos de ordem linear, quadrática, cúbica e quártica. Posteriormente, procedeu-se ao ajustamento de equações de regressão linear.

Todos os procedimentos estatísticos foram realizados por intermédio do programa SAS (*Statistical Analysis System*) ($\alpha = 0,10$).

Resultados e Discussão

Os níveis médios de PB na dieta, calculados a partir da razão entre o consumo total de PB (forragem e suplemento) e o consumo total de MS, foram de 7,39%, 8,92%, 10,98%, 12,55% e 13,62%, com base na MS, para os níveis de suplementação 0; 0,035; 0,075; 0,105; e 0,140 g PB/kg PV, respectivamente.

Verificou-se o efeito cúbico ($P < 0,10$) dos níveis de PB da dieta sobre todas as variáveis de consumo, com exceção do consumo de CNF, o qual apresentou efeito de quarto grau ($P < 0,05$) (Tabela 2).

Contudo, a inspeção do comportamento das médias destas variáveis sugere comportamento do tipo *linear-response-plateau* (LRP) (Tabela 3). Relações do tipo LRP entre variáveis nutricionais e níveis de PB na dieta de bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade foram também relatados por Lazzarini (2007).

O ajustamento de funções LRP permitiu evidenciar incremento nos consumos ($P < 0,05$) até limites próximos a 8-9% de PB, com base na MS, quando estabilização das estimativas foi observada (Tabela 3; Figura 2). Exceção a este comportamento foi verificada para o consumo de PB, cuja fase linear ocorreu ($P < 0,05$) até o nível de 13,66% de PB. Este valor encontra-se fora do domínio dos níveis de PB analisados neste trabalho (7,39 a 13,62%), indicando, portanto, que o consumo de PB deve ser observado sob a ótica de relação retilínea com os níveis de PB na dieta.

Tabela 2 - Médias de quadrados mínimos, coeficiente de variação (CV) e indicativos de significância para os efeitos de ordem linear (L), quadrática (Q), cúbica (C) e quártica (QT) para o consumo de matéria seca (MS), de MS de pasto (MSP), de matéria orgânica (MO), de MO de pasto (MOP), de proteína bruta (PB), de extrato etéreo (EE), de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), de carboidratos não-fibrosos (CNF), de MS digerida (MSD), de fibra em detergente neutro digerida (FDND), de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e de nutrientes digestíveis totais (NDT) em função dos níveis de proteína bruta da dieta

Item	Nível de PB (%)					CV(%)	Efeito ¹			
	7,39	8,92	10,98	12,55	13,62		L	Q	C	QT
	kg/dia									
MS ²	4,419	5,797	5,074	5,230	5,793	15,5	ns	ns	**	ns
MSP ³	4,419	5,764	5,006	5,129	5,659	15,7	ns	ns	**	ns
MO ⁴	3,998	5,363	4,725	4,949	5,397	15,4	**	ns	**	ns
MOP ⁵	3,998	5,285	4,568	4,716	5,088	15,9	ns	ns	**	ns
PB ⁶	0,319	0,515	0,529	0,632	0,778	17,7	***	ns	**	ns
EE ⁷	0,129	0,165	0,144	0,144	0,180	22,3	ns	ns	*	ns
FDNcp ⁸	2,808	3,758	3,405	3,470	3,838	16,2	ns	ns	**	ns
CNF ⁹	0,736	0,924	0,647	0,703	0,599	16,4	**	ns	*	**
MSD ¹⁰	1,590	2,605	2,061	2,472	2,859	27,6	**	ns	*	ns
FDND ¹¹	1,487	2,212	1,941	2,102	2,329	25,1	*	ns	*	ns
FDNi ¹²	0,891	1,166	1,037	0,941	1,056	16,2	ns	ns	**	ns
NDT ¹³	1,952	2,965	2,484	2,904	3,264	23,9	**	ns	*	ns
	g/kg PV									
MS ¹⁴	17,30	22,65	22,06	21,34	23,38	12,2	**	ns	**	ns
MSP ¹⁵	17,83	22,53	21,74	20,94	22,85	12,1	**	ns	**	ns
MO ¹⁶	16,10	20,97	20,57	20,17	21,80	12,7	**	ns	*	ns
MOP ¹⁷	16,10	20,68	19,86	19,25	20,57	12,4	*	ns	*	ns
FDNcp ¹⁸	11,27	14,74	14,80	14,14	15,46	13,1	**	ns	*	ns
FDNi ¹⁹	3,58	4,63	4,50	3,87	4,33	17,7	ns	ns	*	ns

^{1/} (ns), (*), (**) e (***): não-significativo (P>0,10) e significativo aos níveis de 0,10, 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{2/} $\hat{Y} = -65,6880 + 20,7699X - 1,988525X^2 + 0,06212X^3$ ($R^2 = 0,9472$). ^{3/} $\hat{Y} = -65,0443 + 20,5935X - 1,96931X^2 + 0,06158X^3$ ($R^2 = 0,9411$). ^{4/} $\hat{Y} = -60,3753 + 18,9718X - 1,80311X^2 + 0,05617X^3$ ($R^2 = 0,9341$). ^{5/} $\hat{Y} = -58,8973 + 18,5686X - 1,76669X^2 + 0,05497X^3$ ($R^2 = 0,9140$). ^{6/} $\hat{Y} = -7,5950 + 2,3264X - 0,22225X^2 + 0,0079X^3$ ($R^2 = 0,9952$). ^{7/} $\hat{Y} = -2,3112 + 0,7360X - 0,07187X^2 + 0,0230X^3$ ($R^2 = 0,9997$). ^{8/} $\hat{Y} = -42,4310 + 13,3010X - 1,26095X^2 + 0,03920X^3$ ($R^2 = 0,9732$). ^{9/} $\hat{Y} = -85,2020 + 33,5510X - 4,81753X^2 + 0,30230X^3 - 0,00701X^4$ ($R^2 > 0,9999$). ^{10/} $\hat{Y} = -45,7083 + 14,0474X - 1,34846X^2 + 0,042553X^3$ ($R^2 = 0,8982$). ^{11/} $\hat{Y} = -30,2979 + 09,3275X - 0,88280X^2 + 0,02746X^3$ ($R^2 = 0,9427$). ^{12/} $\hat{Y} = -14,5068 + 4,5359X - 0,42992X^2 + 0,01327X^3$ ($R^2 > 0,9999$). ^{13/} $\hat{Y} = -43,1484 + 13,3477X - 1,27663X^2 + 0,04018X^3$ ($R^2 = 0,9060$). ^{14/} $\hat{Y} = -204,2578 + 64,5392X - 6,03728X^2 + 0,18545X^3$ ($R^2 = 0,9997$). ^{15/} $\hat{Y} = -201,9886 + 63,9511X - 5,98735X^2 + 0,18384X^3$ ($R^2 = 0,9998$). ^{16/} $\hat{Y} = -189,8656 + 59,4446X - 5,51660X^2 + 0,16873X^3$ ($R^2 = 0,9993$). ^{17/} $\hat{Y} = -184,8138 + 58,1500X - 5,40828X^2 + 0,16492X^3$ ($R^2 = 0,9979$). ^{18/} $\hat{Y} = -136,1255 + 42,3779X - 3,91540X^2 + 0,11901X^3$ ($R^2 = 0,9965$). ^{19/} $\hat{Y} = -51,3950 + 15,9550X^2 - 1,4866X + 0,04518X^3$ ($R^2 = 0,9490$).

O incremento no consumo voluntário observado até limites próximos a 9% de PB na dieta (considerando-se este valor como aproximação das estimativas de início de *plateau* para os consumos de MS, MO, MS de pasto, MO de pasto e FDN, em g/kg PV)

corroborar a natureza prioritária dos compostos nitrogenados suplementares na dieta de animais ruminantes alimentados com forragens de baixa qualidade, como aquelas observadas em pastos tropicais durante o período seco do ano (Paulino et al., 2006; Lazzarini, 2007; Sampaio, 2007; Souza, 2007; Costa et al., 2008; Detmann et al., 2008a; 2008b).

Tabela 3 - Parametrização dos consumos de matéria seca (MS), de MS de pasto (MSP), de matéria orgânica (MO), de MO de pasto (MOP), de proteína bruta (PB), de extrato etéreo (EE), de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), de matéria seca digerida (MSD), de fibra em detergente neutro digerida (FDND), de fibra em detergente indigestível (FDNi) e de nutrientes digestíveis totais (NDT) em função dos níveis de proteína bruta da dieta de acordo com equações do tipo *linear-response-plateau*

Item	Fase Linear		Plateau		R ²
	Intercepto	Coef. Inclinação	Nível PB ¹	Estimativa ²	
kg/dia					
MS	-2,2384	0,901	8,4408	5,3661	0,7824
MSP	-2,0770	0,879	8,4030	5,3099	0,7284
MO	-2,6215	0,895	8,5411	5,0242	0,8223
MOP	-2,2447	0,844	8,3343	4,7909	0,8575
PB	-0,0499	0,055	13,6617	0,7015	0,8388
EE	-0,0433	0,023	8,5325	0,1563	0,4487
FDNcp	-1,7806	0,621	8,6195	3,5714	0,8350
MSD	-3,3152	0,664	8,7069	2,4643	0,6798
FDND	-2,0088	0,473	8,7367	2,1243	0,8222
FDNi	-0,4365	0,180	8,0565	1,0116	0,8358
g/kg PV					
MS	-5,4896	3,156	8,7941	22,2607	0,8849
MSP	-4,8520	3,069	8,6993	21,8487	0,8866
MO	-7,5114	3,195	8,8766	20,8473	0,9272
MOP	-6,0237	2,993	8,6577	19,8927	0,9374
FDNcp	-5,5096	2,271	8,9467	14,8047	0,9197
FDNi	-1,4916	0,686	8,3420	4,2333	0,7318

^{1/} Nível dietético de proteína bruta, como % da matéria seca, a partir do qual observa-se a estabilização das estimativas (*plateau*). ^{2/} Para todas as variáveis, verificou-se ajustamento significativo dos modelos (P<0,05).

Tais efeitos são atribuídos a estímulos causados pelo incremento na disponibilidade de compostos nitrogenados sobre a atividade microbiana ruminal, notadamente sobre os compostos fibrosos insolúveis, que apresentam elevado capacidade de repleção ruminal. Nestas situações, a suplementação com compostos

nitrogenados amplia a taxa de degradação ruminal da FDN (Costa et al., 2008; Zorzi, 2008), o que, de forma indireta, eleva a taxa de remoção ruminal dos compostos fibrosos insolúveis não-degradados e indegradáveis (Allen, 1996; Paulino et al., 2006; Detmann et al., 2008a), ampliando o consumo voluntário de forragem, como observado neste estudo (Tabela 3).

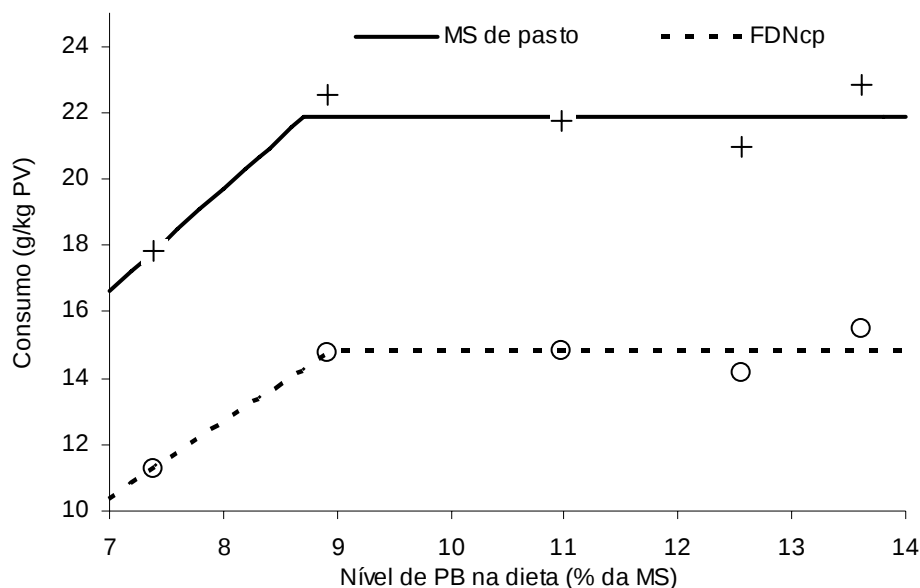


Figura 2 - Estimativas do consumo de matéria seca de pasto e de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) em função dos níveis de proteína bruta (PB) na dieta (para maiores detalhes sobre as equações, consultar a Tabela 3).

Os efeitos positivos da suplementação com compostos nitrogenados sobre a taxa de passagem ruminal dos compostos fibrosos insolúveis podem ser indiretamente verificados pelo estímulo sobre o consumo de FDNi (Tabela 3). Assumindo-se condição de *steady-state* no ambiente ruminal, pressupõe-se que a massa residente de FDNi seja relativamente constante, sob determinada condição dietética. Desta forma, sendo a FDNi retirada do ambiente ruminal somente por passagem, novo *input* deste material só será obtido se houver remoção de parte da massa de FDNi residente no rúmen para o trato posterior (Paulino et al., 2006; Sampaio, 2007). Assim, a ampliação do consumo de FDNi ($P < 0,05$) evidencia elevação na taxa de passagem ruminal de partículas

fibrosas, fato intimamente associado à elevação no consumo de forragem de baixa qualidade (Detmann et al., 2008b).

Lazzarini (2007) e Sampaio (2007), avaliando níveis crescentes de suplementação com compostos nitrogenados em bovinos alimentados com forragens tropicais de baixa qualidade, concluíram que a maximização do consumo voluntário seria observada com o fornecimento de suplementos de forma a elevar-se o nível protéico da dieta a valores próximos a 10% de PB, com base na MS.

Aparentemente, as estimativas apresentadas por estes autores encontram-se acima do obtido neste trabalho (aproximadamente 9% de PB). Contudo, há de se relevar que, embora nos estudos acima citados as forragens utilizadas sejam da mesma espécie utilizada neste estudo (*B. decumbens*), essas foram oriundas do corte rente ao solo da forragem disponível na pastagem. A avaliação pormenorizada do perfil protéico das forragens utilizadas por Lazzarini (2007) e Sampaio (2007) indica maior teor de proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) (24,46 e 32,45% da PB, respectivamente) em comparação ao obtido neste trabalho (Tabela 1). Assim, assumindo-se relação inversamente proporcional entre PIDA e disponibilidade da PB (Sniffen et al., 1992), o menor *input* de suplementos para otimização do consumo em comparação aos trabalhos acima citados seria justificado em função da maior disponibilidade da PB da forragem basal neste estudo.

Os coeficientes de digestibilidade total da MS, MO, PB e FDNcp e o nível de nutrientes digestíveis totais (NDT) na dieta apresentaram relações lineares ($P < 0,10$) e positivas com os níveis de PB na dieta (Tabela 4). Percebeu-se, contudo, que a suplementação com compostos nitrogenados causou poucas alterações sobre o comportamento das estimativas de coeficiente de digestibilidade intestinal. Desta forma, o comportamento dos coeficientes de digestibilidade total parecem refletir os estímulos ruminiais causados pela suplementação, como relevado anteriormente, uma vez que

todos os coeficientes de digestibilidade ruminal, à exceção dos CNF, associaram-se linear e positivamente ($P < 0,05$) com os níveis de PB na dieta (Tabela 4).

Tabela 4 - Médias de quadrados mínimos, coeficiente de variação (CV) e indicativos de significância para os efeitos de ordem linear (L), quadrática (Q), cúbica (C) e quártica (QT) para os coeficientes de digestibilidade aparente total, ruminal e intestinal da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e carboidratos não-fibrosos (CNF) e para os níveis dietéticos de nutrientes digestíveis totais (NDT) em função dos níveis de proteína bruta da dieta

Item	Nível de PB (%)					CV(%)	Efeito ¹			
	7,39	8,92	10,98	12,55	13,62		L	Q	C	QT
Total										
MS ³	34,01	42,18	37,99	44,68	49,05	15,5	***	ns	ns	ns
MO ⁴	45,58	51,59	48,65	54,76	57,87	10,2	***	ns	ns	ns
PB ⁵	44,46	57,08	60,29	67,90	76,07	10,8	***	ns	ns	ns
EE ⁶	33,91	32,72	25,27	42,56	54,31	45,8	*	*	ns	ns
FDNcp ⁷	50,39	55,64	54,92	58,30	60,38	10,4	**	ns	ns	ns
CNF	28,30	33,90	6,99	20,64	15,52	83,1	ns	ns	ns	ns
NDT ⁸	42,46	49,08	46,61	53,47	56,18	10,6	***	ns	ns	ns
Ruminal ²										
MS ⁹	28,03	27,01	32,32	37,80	45,11	32,6	**	ns	ns	ns
MO ¹⁰	36,81	37,40	42,13	47,79	51,58	23,9	**	ns	ns	ns
PB ¹¹	-16,3	1,21	33,40	44,91	60,25	64,6	***	ns	ns	ns
EE ¹²	-14,1	-33,6	-38,2	-2,70	34,89	4673,0	**	ns	ns	ns
FDNcp ¹³	48,94	48,42	52,01	57,90	61,77	18,48	**	ns	ns	ns
CNF ¹⁴	21,48	23,22	-0,07	2,19	-24,95	749,6	**	ns	ns	ns
Intestinal ²										
MS	5,78	19,91	11,22	8,42	6,40	176,1	ns	ns	ns	ns
MO	11,50	21,56	15,55	10,31	11,96	129,8	ns	ns	ns	ns
PB ¹⁵	50,51	55,88	39,85	39,38	39,22	26,23	**	ns	ns	ns
EE ¹⁶	35,17	45,88	54,59	43,32	30,36	36,44	ns	**	ns	ns
FDNcp	-0,12	10,87	11,69	-1,92	-6,25	1651,0	ns	ns	ns	ns
CNF	0,83	6,39	-2,2	15,94	21,48	361,7	ns	ns	ns	ns

^{1/} (ns), (*), (**) e (***): não-significativo ($P > 0,10$) e significativo aos níveis de 0,10, 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{2/} % do que chegou ao local de digestão. ^{3/} $\hat{Y} = 20,9197 + 1,9324X$ ($r^2 = 0,7182$). ^{4/} $\hat{Y} = 34,0001 + 1,6545X$ ($r^2 = 0,7602$). ^{5/} $\hat{Y} = 12,7849 + 4,5243X$ ($r^2 = 0,9488$). ^{6/} $\hat{Y} = 190,6789 - 33,8719X + 1,75020X^2$ ($R^2 = 0,8977$). ^{7/} $\hat{Y} = 41,2341 + 1,3742X$ ($r^2 = 0,8635$). ^{8/} $\hat{Y} = 29,0899 + 1,9146X$ ($r^2 = 0,8096$). ^{9/} $\hat{Y} = 5,3080 + 2,7711X$ ($r^2 = 0,8881$). ^{10/} $\hat{Y} = 17,1314 - 2,4803X$ ($r^2 = 0,9635$). ^{11/} $\hat{Y} = -106,4842 + 12,3091X$ ($r^2 = 0,9766$). ^{12/} $\hat{Y} = -85,2763 + 7,9269X$ ($r^2 = 0,5848$). ^{13/} $\hat{Y} = 31,1763 + 2,1779X$ ($r^2 = 0,9333$). ^{14/} $\hat{Y} = 78,3228 - 6,9342X$ ($r^2 = 0,8121$). ^{15/} $\hat{Y} = 72,0925 - 2,5368X$ ($r^2 = 0,6640$). ^{16/} $\hat{Y} = 46,2776 - 0,5555X + 1,90723X^2$ ($R^2 = 0,9797$).

De forma particular, a relação linear entre coeficiente de digestibilidade ruminal da PB e níveis de PB na dieta merece atenção, uma vez que se migrou de estimativas negativas para positivas à medida que PB suplementar foi adicionada à dieta (Tabela 4).

Valores positivos do coeficiente de digestibilidade ruminal da PB são indicativos de não-deficiência quantitativa de compostos nitrogenados na dieta (Detmann et al., 2005); ou seja, pode representar situação em que a disponibilidade de compostos nitrogenados mostra-se relativamente elevada em relação à disponibilidade de energia, o que indicaria que maiores níveis de suplementação implicariam desperdício ruminal de compostos nitrogenados.

Por outro lado, estimativas negativas de coeficientes de digestibilidade ruminal da PB são encontradas em situações em que o fluxo abomasal de compostos nitrogenados é superior ao total ingerido, sendo obtidas quando a reciclagem ruminal se apresenta demasiadamente elevada em relação ao consumo nitrogenado total (Titgemeyer, 1997; Detmann et al., 2005). Nestes casos, deficiência global de compostos nitrogenados é observada na dieta.

Seguindo-se este raciocínio, condição nutricional ideal seria obtida em situações nas quais o coeficiente de digestibilidade ruminal da PB assumisse valor zero; fato que representaria balanço relativo perfeito entre as disponibilidades energética e protéica no rúmen.

Segundo a equação de regressão que descreve a relação desta variável com os níveis de PB na dieta (Tabela 4), estimativa nula do coeficiente de digestibilidade ruminal da PB seria obtida em, aproximadamente, 8,65% de PB, o que converge, ou se aproxima, dos pontos de maximização do consumo voluntário apresentados na Tabela 3.

Desta forma, níveis inferiores a 8,65% de PB (aproximadamente 9%) refletiriam deficiência de compostos nitrogenados dietéticos, ao passo que níveis superiores representariam excessos relativos em relação à energia disponível na forragem. Para

este segundo caso, ampliação do consumo não seria mais observada, pois excessos de compostos nitrogenados estão associados à ausência de estímulos ou à inibição do consumo voluntário (Detmann et al., 2007; 2008b).

A ampliação linear dos coeficientes de digestibilidade ruminal em função dos níveis de PB na dieta (Tabela 4) está de acordo com Satter & Slyter (1974), que afirmaram que a produção de proteína e o rendimento microbiano sobre o substrato energético (os quais são diretamente dependentes das taxas de degradação e crescimento microbiano) são incrementados com a elevação dos níveis de PB da dieta até limites em torno de 13 a 14%, próximo ao maior nível de PB avaliado neste estudo. Esta afirmativa foi confirmada por Lazzarini (2007) que verificou relação similar entre a taxa de degradação ruminal da FDN e o nível dietético de PB em bovinos alimentados com forragem de baixa qualidade.

A avaliação paralela das variáveis relacionadas ao consumo e à digestibilidade conduz a divergências de inferência quanto ao nível dietético de PB a ser recomendado (Tabelas 3 e 4). Neste contexto, somente a avaliação da massa ingerida efetivamente digerida permite integrar os efeitos da suplementação sobre o consumo e a digestibilidade (Sampaio, 2007), o que pode ser verificado por intermédio das variáveis consumo de MS digerida (MSD) e de FDN digerida (FDND) (Tabela 3). Para ambos os casos verificou-se relação LRP com os níveis de PB na dieta ($P < 0,05$), com início de platô em 8,71 e 8,74% de PB, respectivamente.

O comportamento LRP, com fase linear ascendente, para as variáveis que integram consumo e digestão evidencia que, sob condições de forragem de baixa qualidade, os eventos ruminais, que determinam o processo de digestão (Tabela 4), apresentam comportamento compatível com processo de segunda ordem, no qual tanto as características dos alimentos, como a disponibilidade de sistemas enzimáticos são determinantes (Detmann et al., 2008a; 2008b).

Neste caso, especula-se que tenha havido carência de sistemas enzimáticos microbianos em níveis inferiores a 9% de PB, o que reduziu a massa ingerida, possivelmente por comprometer a taxa de degradação dos compostos fibrosos insolúveis, que apresentam elevado poder de repleção ruminal (Detmann et al., 2008a). Como a taxa de degradação afeta diretamente a taxa de passagem (Allen, 1996; Detmann et al., 2008a), como anteriormente discutido no tocante ao consumo de FDNi (Tabela 3), esperar-se-ia, para o caso de deficiência de sistemas enzimáticos, comprometimento sobre o consumo, como verificado neste trabalho (Tabela 3).

Assim, durante a fase linear ascendente dos consumos de MSD e, principalmente, de FDND, a dinâmica de degradação ruminal seria definida por reações de ordem zero, ou seja, limitada pela disponibilidades de sistemas enzimáticos microbianos. Em situações similares a esta, a adição de compostos nitrogenados suplementares propicia precursores para a síntese de enzimas microbianas (Detmann et al., 2008b). Contudo, o *plateau* observado a partir de níveis próximos a 9% de PB (Tabela 3) indica que os efeitos do nitrogênio suplementar não são mais claramente evidentes, ou seja, pressupõe-se que haja sistemas enzimáticos suficientes no meio. Assim, o processo de utilização do alimento seria definido por suas características intrínsecas, ou seja, a dinâmica de degradação ruminal passaria a ser descrita por reações de ordem um (Detmann et al., 2008a; 2008b).

Os valores de pH ruminal não foram afetados pelos níveis de PB na dieta ($P>0,10$), mantendo-se em patamares considerados adequados para a atividade fibrolítica microbiana (Mould et al., 1983) (Tabela 5; Figura 3)

Por outro lado, a concentração de NAR, foi incrementada de forma linear e positiva ($P<0,01$) em função da elevação dos níveis de PB na dieta (Tabela 5; Figura 4).

A utilização de referenciais gerais de concentrações de NAR que qualifiquem o ambiente ruminal como adequado para utilização de substratos oriundos de forragens de

baixa qualidade, como comumente encontrados na literatura (McAllan & Smith, 1983; Hoover, 1986; Leng, 1990), podem não conduzir a inferências acuradas, uma vez que pode ocorrer grande variação no tocante ao substrato basal, ao pH ruminal e à espécie microbiana (Lazzarini, 2007; Sampaio, 2007).

Tabela 5 - Médias de quadrados mínimos, coeficiente de variação (CV) e indicativos de significância para os efeitos de ordem linear (L), quadrática (Q), cúbica (C) e quártica (QT) para a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR – mg/dL), pH ruminal, excreção urinária de nitrogênio (EUN – g/dia), balanço nitrogenado aparente (BNA g/dia), balanço nitrogenado relativo (BNR g/g de nitrogênio ingerido), nitrogênio uréico no soro (NUS – mg/dL), fluxo intestinal de nitrogênio microbiano (NMIC – g/dia), fluxo intestinal relativo de nitrogênio microbiano (NMICR – g/g de nitrogênio ingerido) e eficiência de síntese de proteína microbiana (EFM g PB microbiana/kg de NDT) em função dos níveis e proteína bruta da dieta

Item	Nível de PB (%)						Efeito ¹			
	7,39	8,92	10,98	12,55	13,62	CV(%)	L	Q	C	QT
NAR ²	6,12	7,78	10,24	12,36	17,02	42,1	***	ns	ns	ns
pH	6,68	6,70	6,69	6,70	6,78	2,2	ns	ns	ns	ns
EUN ³	7,3	9,8	10,6	9,3	11,3	17,3	***	ns	ns	ns
BNA ⁴	16,4	40,9	40,8	60,0	83,9	29,2	***	ns	ns	ns
BNR ⁵	0,289	0,443	0,476	0,579	0,668	15,8	***	ns	ns	ns
NUS ⁶	14,1	16,2	19,6	26,2	26,4	24,6	***	ns	ns	ns
NMIC	67,2	62,8	74,8	70,1	61,6	59,9	ns	ns	ns	ns
NMICR ⁷	1,275	0,829	0,898	0,757	0,529	54,9	**	ns	ns	ns
EFM	231,0	144,3	212,1	183,4	130,2	51,8	ns	ns	ns	ns

^{1/} (ns), (*), (**) e (***): não-significativo (P>0,10) e significativo aos níveis de 0,10, 0,05 e 0,01 de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{2/} $\hat{Y} = -6,3637 + 1,5962X$ ($r^2 = 0,9207$). ^{3/} $\hat{Y} = 4,3790 + 0,4969X$ ($r^2 = 0,6317$). ^{4/} $\hat{Y} = -54,5798 + 10,0979X$ ($r^2 = 0,9686$). ^{5/} $\hat{Y} = -0,1040 + 0,0572X$ ($r^2 = 0,9563$). ^{6/} $\hat{Y} = -1,9515 + 2,1082X$ ($r^2 = 0,8446$). ^{7/} $\hat{Y} = 1,9929 - 0,1050X$ ($r^2 = 0,9008$).

Neste contexto, tomando-se novamente como base o nível dietético de 9% de PB como ponto de otimização produtiva obtido neste trabalho (Tabela 3) e utilizando-se a equação de regressão estimada para descrever a relação entre NAR e nível de PB (Tabela 5) verifica-se que a otimização ocorreu quando se implementou o nível de 8,00 mg NAR/dL.

Detmann et al. (2008b) definiram o conceito de constante de otimização de degradação ruminal (k_{DEG}), a partir de analogia do conceito de constante de *Michaeli-*

Menten (km). Segundo estes autores, k_{DEG} consistiria na estimativa de concentração de NAR a partir da qual as reações de ordem um tornar-se-iam predominantes no ambiente ruminal sobre a FDN em relação às reações de ordem zero. Em outras palavras, k_{DEG} representaria o ponto a partir do qual limitações de ordem enzimática deixariam de constituir o principal entrave para o uso da fibra no rúmen, observando-se, assim, o predomínio das características do substrato como determinantes para o processo de degradação, que seria essencialmente de segunda ordem.

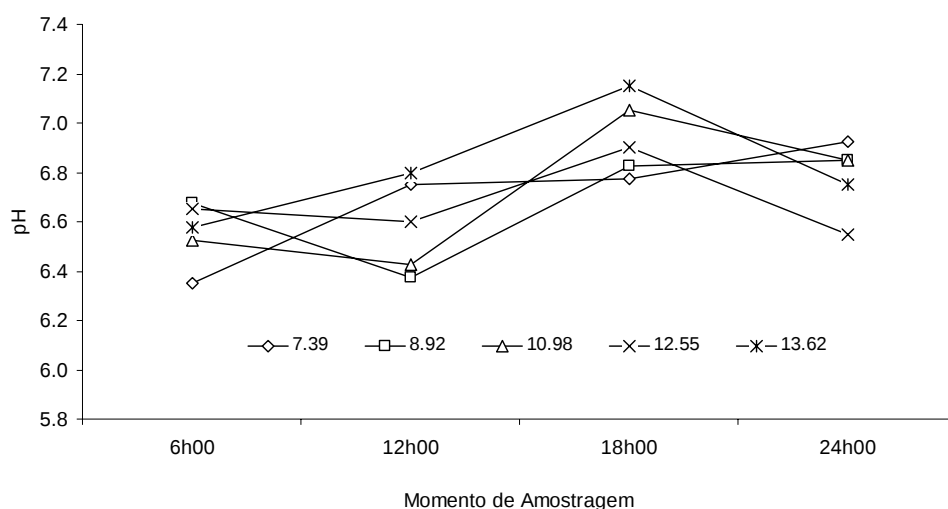


Figura 3 - Valores médios do pH ruminal em função do momento de amostragem e do nível de proteína bruta da dieta (%).

Detmann et al. (2008b), definiram, para o caso de animais alimentados com forragens tropicais de baixa qualidade, k_{DEG} similar a 8 mg NAR/dL de líquido ruminal. Esta estimativa converge à concentração de NAR verificada neste trabalho como referência para a aproximação protéica de 9% de PB. Este fato também corrobora a discussão previamente apresentada no tocante à avaliação integrada de variáveis de consumo e digestibilidade.

Ainda segundo estes autores, reduções no consumo de FDN oriunda de forragens tropicais de baixa qualidade em função de excesso de suplementação somente

seriam observados em níveis superiores a 15 mg NAR/dL. A média observada neste trabalho para o maior nível de suplementação aproxima-se desta estimativa (Tabela 5). Desta forma, parece ser justificado o comportamento de estabilidade no consumo a partir do ponto de otimização (Tabela 3; Figura 2) em comparação a outros autores que verificaram redução de consumo com excesso de suplementação com compostos nitrogenados (Del Curto et al., 1990; Lazzarini, 2007; Sampaio, 2007).

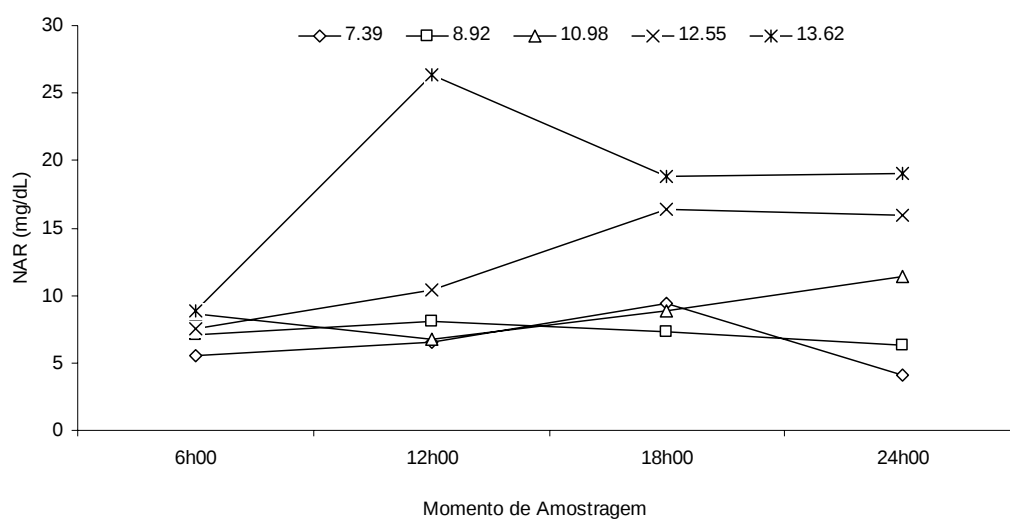


Figura 4 - Valores médios da concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) em função do momento de amostragem e do nível de proteína bruta da dieta (%).

A excreção urinária de nitrogênio (EUN), a concentração de nitrogênio uréico no soro (NUS) e o balanço nitrogenado aparente (BNA) foram incrementados linearmente ($P < 0,01$) com os níveis de PB na dieta (Tabela 5), comportamento condizente com a ampliação na disponibilidade ruminal de compostos nitrogenados via suplementação.

De forma similar, as estimativas de balanço nitrogenado relativo (BNR) apresentaram relação linear e positiva ($P < 0,01$) com os níveis de PB na dieta (Tabela 5). Contudo, diferentemente das variáveis citadas anteriormente, a avaliação de BNR não

deve ser restrita à disponibilidade de compostos nitrogenados no ambiente ruminal, mas integra-se a forma ou intensidade como tais compostos são assimilados.

A elevação em EUN indica que maior quantidade absoluta de nitrogênio é perdida com a ampliação da quantidade de suplemento (Tabela 5). Contudo, a elevação nas estimativas de BNR indica que, mesmo que as perdas absolutas se elevem, a assimilação de nitrogênio no sistema ruminal torna-se mais eficiente, pois maior fração do nitrogênio ingerido é retida pelo animal (Tabela 5).

O comportamento de BNR indica ampliação na extração de energia a partir dos carboidratos fibrosos da forragem de baixa qualidade com a suplementação com compostos nitrogenados (Detmann et al., 2004; Paulino et al., 2006), o que permite maior assimilação microbiana de compostos nitrogenados no rúmen (Costa et al., 2008; Zorzi, 2008) e, conseqüentemente, maior retenção relativa de nitrogênio no sistema biológico representado pelo animal ruminante.

A variação nos níveis de PB na dieta não afetou ($P>0,10$) as estimativas de fluxo abomasal de compostos nitrogenados microbianos (NMIC) e na eficiência de síntese microbiana (EFM) (Tabela 5). O valor médio para esta variável (180,2 g PB microbiana/kg NDT) encontra-se acima do referencial teórico (120 g PB/kg NDT) estabelecido por Valadares Filho et al. (2006) para condições tropicais. Contudo, valores elevados de EFM têm sido relatados em bovinos alimentados com forragens de baixa qualidade (Lazzarini, 2007; Sampaio, 2007; Souza, 2007), o que parece refletir alguns fatores típicos de tais condições de alimentação, como a maior contribuição relativa da fração metabólica fecal nas estimativas do nível de NDT na dieta.

Embora a variação dos níveis de PB na dieta não tenha alterado as estimativas de NMIC ($P>0,10$), verificou-se que a produção microbiana relativa (NMICR), a qual representa a razão entre NMIC e o consumo total de nitrogênio, foi reduzida de forma linear ($P<0,05$) em função dos níveis protéicos dietéticos (Tabela 5; Figura 5).

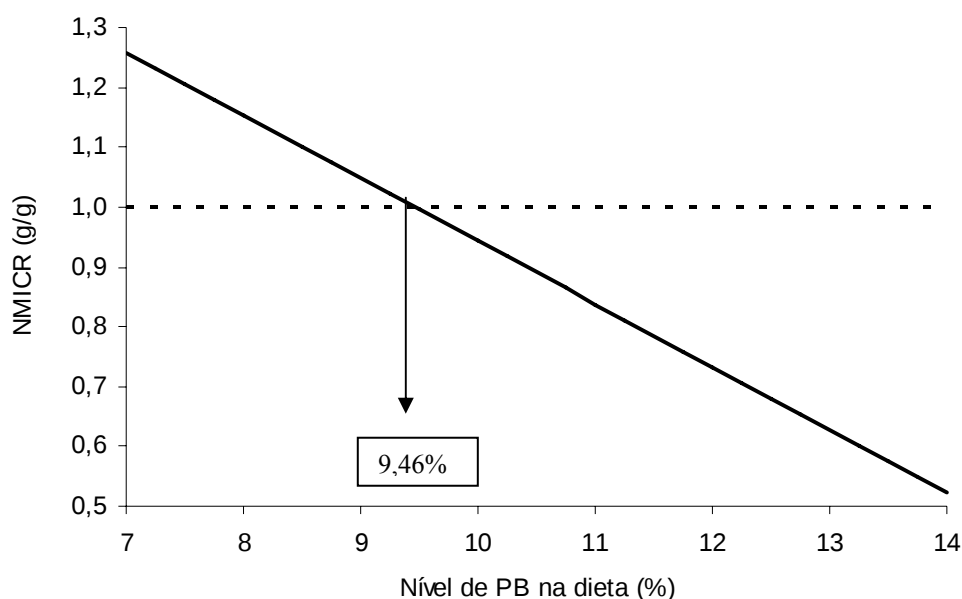


Figura 5 - Relação entre a razão fluxo relativo de compostos nitrogenados microbianos no intestino delgado (NMICR) e os níveis de proteína bruta (PB) da dieta.

Nesse caso, observou-se que as estimativas médias apresentaram valor superior a 1 para os níveis inferiores de suplementação, com conseqüente redução à medida em que se ampliou o fornecimento de compostos nitrogenados (Tabela 5).

Valores de NMICR superiores a 1 indicam que há maior fluxo de compostos nitrogenados microbianos no intestino delgado do que compostos nitrogenados ingeridos, ou seja, o nitrogênio ingerido mostra-se insuficiente para manutenção do crescimento contínuo da flora microbiana ruminal, o que demanda mobilização de reservas pelo animal, as quais são conduzidas ao rúmen via sistemas de reciclagem (NRC, 1985; Van Soest, 1994). Isto corrobora o comportamento verificado para o coeficiente de digestibilidade ruminal da PB (Tabela 4).

Segundo a equação de regressão que define a relação entre NMICR e os níveis de PB na dieta (Tabela 5), o equilíbrio entre consumo de nitrogênio e NMIC é obtido

sob o nível de 9,46% de PB (Figura 5), o que mais uma vez indica que a otimização produtiva foi obtida em níveis próximos a 9% de PB na dieta.

Os resultados obtidos neste trabalho agregam às sugestões de Sampaio (2007). Segundo este autor, a suplementação com compostos nitrogenados em condições de forragem de baixa qualidade deve ser avaliada sob a ótica de dois *pools*. O primeiro deve ser planejado para que se otimize a utilização dos substratos energéticos da forragem; neste caso, suplementos que permitam elevar o nível de PB da dieta ao nível de 9%, com base na MS. O segundo *pool* protéico deverá, portanto, ser focado sobre a utilização das eventuais fontes de carboidratos presentes nos suplementos e, quando necessário, sobre o déficit protéico para que os níveis de ganho de peso planejados sejam efetivamente obtidos.

Conclusão

A suplementação com compostos nitrogenados em quantidades que permitam elevar o teor de proteína bruta da dieta em níveis próximos a 9% proporciona otimização da utilização de forragem de baixa qualidade por bovinos em pastejo.

Referências Bibliográficas

- ALLEN, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.74, p.3063-3075, 1996.
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidas por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.73, p. 335-342, 2008.
- CECAVA, J.M.; MERCHEN, N.R.; GAY, L.C. et al. Composition of ruminal bacteria harvested from steers as influenced by dietary energy level, feeding frequency, and isolation techniques. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.2480-2488, 1990.
- CHEN, X.B.; GOMES, M.J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of the technical details**. Buchsburnd Aberdeen: Rowett Research Institute, 1992. 21p.
- CHIZZOTTI, M.L. **Avaliação da casca de algodão para novilhos de origem leiteira e determinação da excreção de creatinina e produção de proteína microbiana em novilhas e vacas leiteiras**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 141p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2004.
- COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro de forragem tropical de baixa qualidade em função de suplementação com proteína e/ou carboidratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.494-503, 2008.
- DeLCURTO, T.; COCHRAN, R.C.; HARMON, D. L. et al. Supplementation of dormant Tallgrass-Prarie forage I. Influence of varying supplemental protein and (or) energy levels on forage utilization characteristics of beef steers in confinement. **Journal of Animal Science**, v.68, p.515-531, 1990.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J. T. et al. Níveis de proteína bruta em suplementos múltiplos para terminação de novilhos mestiços em pastejo durante época seca: desempenho produtivo e características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 169-180, 2004

- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante o período de transição seca/águas: digestibilidade aparente e parâmetros do metabolismo ruminal e dos compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1380-1391, 2005.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Fatores controladores de consumo em suplementos múltiplos fornecidos *ad libitum* para bovinos manejados a pasto. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, v.55, p.73-93, 2007.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Avaliação nutricional de alimentos ou de dietas? Uma abordagem conceitual. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 6, 2008, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SIMCORTE, 2008a. p.21-52.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; MANTOVANI, H.C. et al. Parameterization of ruminal fibre degradation in low-quality tropical forage using *Michaelis-Menten* kinetics. **Livestock Science**, 2008b (*in press*).
- HANNAH, S.M.; COCHRAN, R.C.; VANZANT, E.S. et al. Influence of protein supplementation on site and extent of digestion, forage intake, and nutrient flow characteristics in steers consuming dormant Bluestem-Range forage. **Journal of Animal Science**, v.69, p.2624-2633, 1991.
- HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.2755-2766, 1986.
- LAZZARINI, I. **Consumo, digestibilidade e dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e compostos nitrogenados**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 53p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- LENG, R.A. Factors affecting the utilization of “poor-quality” forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutritional Research and Review**, v.3, p.277-303, 1990.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; Van SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.
- McALLAN, A.B.; SMITH, R.H. Factors influencing the digestion of dietary carbohydrates between the mouth and abomasum of steers. **British Journal of Nutrition**, v.50, p.445-454, 1983.
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.
- MOULD, F.L.; ØRSKOV, E.R.; MANNS, O. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis *in vivo* and dry matter digestion of various roughages. **Animal Feed Science and Technology**, v.10, p.15-25, 1983.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Ruminant nitrogen usage**. Washington D.C.: National Academic Press, 1985. 148p.
- PAULINO, M.F.; Estratégias de suplementação para bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1. 1999, Viçosa. MG **Anais...** Viçosa: SIMCORTE, 1999. p.137-156.
- PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T. Suplementos múltiplos para recria e engorda de bovinos em pastagens. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2. 2001, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SIMCORTE, 2001. p.187-233.
- PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. Suplementação animal em pasto: energética ou protéica? In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3. 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SIMFOR, 2006. p.359-392.
- SAMPAIO, C.B. **Consumo, digestibilidade e dinâmica ruminal em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade suplementados com compostos nitrogenados**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 53p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. **British Journal of Nutrition**, v.32, p.199-208, 1974.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235p.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.J. et al. A net-carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets:II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, p.3562-3577, 1992.
- SOUZA, M.A. **Consumo, digestibilidade e dinâmica ruminal em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e suplementados com compostos nitrogenados e/ou carboidratos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 44p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- TITGEMEYER, E. C. Design and interpretation of nutrient digestion studies. **Journal of Animal Science**, v. 75, p.2235-2247, 1997.
- TITGEMEYER, E. C.; ARMENDARIZ, C.K.; BINDEL, D.J. et al. Evaluation of titanium dioxide as digestibility marker for cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, p.1059-1063, 2001.
- USHIDA, K.; LASSALAS, B.; JOUANY, J.P. Determination of assay parameters for RNA analysis in bacterial and duodenal samples by spectrophotometry. Influence of treatment and preservation. **Reproduction Nutrition Development**, v.25, p.1037-1046. 1985.
- VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, G.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis

- estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v.82, p2686-2696, 1999.
- VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S.; CHIZZOTTI, M.L. et al. Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana. In: VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. (Eds.) **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos**. Viçosa: DZO-UFV, 2006. p.13-44.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**, v.114, p.243-248, 1990.
- ZORZI, K. **Dinâmica de degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro de capim-braquiária em função de suplementação com diferentes níveis e fontes de compostos nitrogenados**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2008. 39p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2008.