

JANDERSON FLORÊNCIO FIGUEIRAS

**DESEMPENHO NUTRICIONAL DE BOVINOS EM PASTEJO SUPLEMENTADOS
DURANTE OS PERÍODOS DE TRANSIÇÃO SECA-ÁGUAS E DE ÁGUAS**

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

**VIÇOSA
MINAS GERAIS-BRASIL
2013**

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e Classificação da
Biblioteca Central da UFV

T

F475d
2013 Figueiras, Janderson Florêncio, 1976-
Desempenho nutricional de bovinos em pastejo suplementados
durante os períodos de transição seca-águas e de águas / Janderson
Florêncio Figueiras. - Viçosa, MG, 2013.
xi, 73 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Edênio Detmann.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Bovino de corte - Alimentação e rações. 2. Bovino de corte -
Nutrição. 3. Bovino de corte - Criação. 4. Proteínas na nutrição animal.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia.
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.20855

JANDERSON FLORENCIO FIGUEIRAS

**DESEMPENHO NUTRICIONAL DE BOVINOS EM PASTEJO SUPLEMENTADOS
DURANTE OS PERÍODOS DE TRANSIÇÃO SECA-ÁGUAS E DE ÁGUAS**

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

APROVADA: 25 de Outubro de 2013.

Mário Fonseca Paulino
(Coorientador)

Sebastião de Campos Valadares Filho
(Coorientador)

Eduardo Henrique B. Kling de Moraes

Dalton Henrique Pereira

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, Beatriz e Debora
Ao meu sobrinho Pedro
A minha querida avó Laudemira Alves de Jesus (In memoriam)
A minha amiga, parceira e eterna namorada Fabiana

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) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT-CA), pelo provimento de recursos financeiros para realização do trabalho de pesquisa.

À FAPEMIG, pela concessão da bolsa de estudos, e em especial ao 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.

Ao Professor Eduardo Henrique B. Kling de Moraes e ao Professor Dalton Henrique Pereira, pela contribuição e participação na banca de defesa desta Tese.

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

Ao amigo Tiago Neves 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 e Edson, pela amizade e colaboração.

Aos colegas do DZO, especialmente Cláudia, Henrique, Erick e William, pela contribuição neste trabalho.

Às estagiárias Lorena e Isabela, pela colaboração durante o experimento.

Aos amigos da república, em especial Cristiano (Japa), Danilo Shimamura, Diogo e Wagner, 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, Estado de São Paulo, no dia 2 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.

Em Agosto de 2008, iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Ruminantes, submetendo-se à defesa de tese em 25 de outubro de 2013.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	4

CAPÍTULO 1 - Desempenho Nutricional de Bovinos em Pastejo Durante o Período de Transição Seca-Águas Recebendo Suplementação Proteica

1. Introdução.....	6
2. Material e Métodos.....	8
3. Resultados.....	19
4. Discussão.....	24
5. Conclusão.....	32
6. Referências Bibliográficas.....	32

CAPÍTULO 2 - Desempenho Nutricional de Bovinos em Pastejo Durante o Período das Águas Recebendo Suplementos com Diferentes Concentrações de Proteína

1. Introdução.....	41
2. Material e Métodos.....	43
3. Resultados.....	53
4. Discussão.....	61
5. Conclusão.....	67
6. Referências Bibliográficas.....	68

RESUMO

FIGUEIRAS, Janderson Florêncio, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Outubro de 2013. **Desempenho nutricional de bovinos em pastejo suplementados durante os períodos de transição seca-águas e de águas.** Orientador: Edenio Detmann. Coorientadores: Mário Fonseca Paulino e Sebastião de Campos Valadares Filho.

A presente Tese foi baseada em dois experimentos com bovinos de corte manejados em pasto de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.). No primeiro experimento objetivou-se avaliar os efeitos do fornecimento de quantidades crescentes de suplemento proteico durante o período de transição seca-águas sobre o consumo, a digestibilidade, as dinâmicas de trânsito e degradação ruminal dos compostos fibrosos e sobre aspectos do metabolismo de compostos nitrogenados. Foram utilizados cinco novilhos Nelore com peso corporal (PC) médio inicial de 273 kg, fistulados no rúmen e mantidos individualmente em piquetes de 0,34 ha. O experimento foi estruturado em delineamento em quadrado latino 5×5 , com cinco tratamentos e cinco períodos experimentais. Os cinco tratamentos avaliados foram definidos de maneira a suplementar os animais em 0; 1,25; 2,5; 5,0 e 10,0 g de suplemento (em termos de matéria natural) por kg de PC. O suplemento foi composto por farelo de soja, milho, uréia e sulfato de amônio de forma a apresentar 340 g de proteína bruta (PB)/kg de matéria natural. Verificou-se que os consumos de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), PB e MO digerida foram incrementados linearmente ($P < 0,10$) com o aumento no fornecimento de suplemento. Contudo, nenhum efeito foi verificado ($P > 0,10$) sobre o consumo de pasto e de fibra em detergente neutro (FDN). Os coeficientes de digestibilidade total e ruminal da MO e PB foram incrementados linearmente ($P < 0,10$) à medida que se ampliou a quantidade de suplemento fornecida. Entretanto, nenhum efeito foi verificado ($P > 0,10$) sobre os coeficientes de digestibilidade total e ruminal da FDN. A concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) foi incrementada linearmente ($P < 0,10$) com o aumento no fornecimento de suplemento. O aumento na quantidade de suplemento ampliou linearmente ($P < 0,01$) o balanço de compostos nitrogenados no organismo do animal e no ambiente ruminal. A produção de compostos nitrogenados microbianos no rúmen (NMIC) foi incrementada linearmente ($P < 0,01$) pelo aumento no fornecimento de suplemento. Nenhum efeito foi observado sobre as dinâmicas de trânsito e degradação da fibra no rúmen ($P > 0,10$). A partir dos resultados do primeiro experimento concluiu-se que a suplementação proteica para bovinos

manejados em pastagens durante o período de transição seca-águas não afeta o consumo voluntário de pasto. Observa-se, contudo, ampliação no balanço de compostos nitrogenados e na eficiência de uso do nitrogênio como reflexo de melhorias do status de nitrogênio no organismo animal. No segundo experimento objetivou-se avaliar os efeitos do fornecimento de suplementos com diferentes concentrações de proteína durante o período das águas sobre o consumo, a digestibilidade, as dinâmicas de trânsito e degradação ruminal dos compostos fibrosos e sobre aspectos do metabolismo de compostos nitrogenados. Foram utilizados cinco novilhos F1 Holandês × Zebu com PC médio inicial de 296 kg, fistulados no rúmen e abomaso, mantidos individualmente em piquetes de 0,34 ha. O experimento foi estruturado em delineamento em quadrado latino 5×5 , com cinco tratamentos e cinco períodos experimentais. Os cinco tratamentos avaliados foram: controle (somente mistura mineral) e suplementos formulados para conterem 0, 330, 670 e 1000 g de PB/kg de matéria natural fornecidos diariamente na proporção de 1 g de suplemento/kg PC. O suplemento contendo 0 g PB/kg de matéria natural foi composto exclusivamente por amido de milho. O suplemento contendo 1000 g PB/kg de matéria natural foi composto por farelo de soja, ureia e sulfato de amônio. Os suplementos contendo teores proteicos de 330 e 670 g/kg foram compostos pela substituição de 1/3 e 2/3 do amido pelo concentrado proteico. Verificou-se que os consumos de MS, MS de pasto, MO, PB, FDNcp e MO e FDN digeridas foram incrementados ($P < 0,10$) com o fornecimento dos suplementos. Adicionalmente, verificou-se efeito linear positivo ($P < 0,10$) da concentração de PB nos suplementos sobre os consumos de MS, MS de pasto, MO, PB e MO digerida. A suplementação não alterou ($P > 0,10$) os coeficientes de digestibilidade total e ruminal da MO e da PB em relação ao controle, mas elevou ($P < 0,05$) o coeficiente de digestibilidade total da FDN. O aumento na concentração de PB nos suplementos refletiu em efeito linear positivo ($P < 0,10$) sobre os coeficientes de digestibilidade total e ruminal da MO e PB e afetou de forma quadrática ($P < 0,10$) a digestibilidade total da FDN e a concentração de MO digerida na dieta. A concentração do NAR foi incrementada com o fornecimento de suplemento ($P < 0,01$) em relação ao controle, e de forma semelhante foi incrementada linearmente ($P < 0,01$) com aumento na concentração de proteína no suplemento. Nenhum efeito foi observado sobre as dinâmicas de trânsito e degradação da fibra no rúmen ($P > 0,10$). O balanço de compostos nitrogenados no organismo animal não foi, em média, alterado ($P > 0,10$) pelo fornecimento de suplementos. Contudo, houve incremento linear ($P < 0,10$) no balanço de compostos nitrogenados com a elevação na concentração de PB nos suplementos.

O fornecimento de suplementos incrementou ($P<0,01$) a NMIC, a qual também se alterou de forma linear e positiva ($P<0,02$) em função da concentração de PB nos suplementos. A partir dos resultados do segundo experimento concluiu-se que a suplementação proteica em bovinos manejados em pastagens durante o período das águas pode estimular o consumo voluntário de pasto e incorrer em maior eficiência de uso do nitrogênio em relação à suplementação energética, possível reflexo de adequações metabólicas e de melhorias do status de nitrogênio no organismo animal.

ABSTRACT

FIGUEIRAS, Janderson Florêncio, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2013. **Nutritional performance of cattle under grazing and supplemented during dry-to-rainy and rainy seasons.** Adviser: Edenio Detmann. Co-Advisers: Mário Fonseca Paulino and Sebastião de Campos Valadares Filho.

This Thesis was based on two experiments with beef cattle under grazing in signal grass pastures (*Brachiaria decumbens* Stapf) pastures. The first experiment was carried out during the dry-rainy transition season and aimed to evaluate the effects of different amounts of a protein supplement on intake, digestibility, transit and degradation dynamics of fibre, and metabolic characteristics of nitrogen utilization. Five Nellore bulls fitted with rumen cannulated, averaging 273 kg of body weight (BW), were used. The animals grazed five signal grass paddocks (0.34 ha) and had access to water and mineral mixture all time. The experiment was carried out according to a 5×5 Latin square design, with five treatments and five experimental periods. The treatments consisted of five different amounts of offered supplement: 0, 1.25, 2.5, 5.0, and 10.0 g/kg BW. The supplementation was composed by soybean meal (588.8g/kg as fed), corn (382.3 g/kg as fed), urea (26.0 g/kg as fed) and ammonium sulphate (2.9 g/kg as fed) in order to present 340 g of crude protein (CP) per kg (as fed). The dry matter (DM), organic matter (OM), CP, and digested OM intakes increased linearly ($P < 0.10$) as the amount of supplement increased. with increment of supplementation. Despite this, there was no effect of supplement amounts ($P > 0.10$) on pasture and neutral detergent fibre (NDF) intakes. The total and ruminal digestibility of OM and CP were linearly increased ($P < 0.10$) as supplement amount increased. Despite this, no effect was verified ($P > 0.10$) upon digestibility of NDF. The rumen ammonia nitrogen (RAN) concentration increased linearly ($P < 0.01$) according to amounts of supplement. The increase in the supplement amount increased linearly ($P < 0.01$) the nitrogen balance in the rumen and animal body, and the production of microbial nitrogen in the rumen (NMIC). There were no effect ($P > 0.10$) neither on transit nor degradation of fibre in the rumen. It has been concluded that protein supplementation for grazing cattle during dry-to-rainy transition season does not affect pasture intake. Despite this, the supplementation increases the nitrogen balance and the efficiency of nitrogen utilization. This seems to be caused by an improvement on the nitrogen status in the animal metabolism. The

objective of the second experiment was to evaluate the effects of different protein concentration in the supplement on intake, digestibility, transit and degradation dynamics of fibre, and metabolic characteristics of nitrogen utilization in cattle under grazing during rainy season. Five crossbreed Holstein × Zebu bulls, fitted with rumen and abomasum cannulas, averaging 296 kg BW, were used. The animals grazed five signal grass paddocks (0.34 ha) and had access to water and mineral mixture all time. The experiment was carried out according to a 5 × 5 Latin square design, with five treatments and five experimental periods. The treatments were: control (without supplementation), and supplements containing 0, 330, 670 and 1000 g CP/kg as fed. All supplements were provided to the animals at 1 g/kg BW. Corn starch was used as the supplement containing 0 g CP/kg. The supplement containing 1000 g CP/kg was composed by soybean meal, urea, and ammonium sulphate. The other supplements were produced by replacing the protein supplement for starch. The intakes of DM, pasture, OM, CP and digested OM were increased ($P<0.10$) by supplementation. Moreover, there was a positive and linear effect ($P<0.10$) of CP content in the supplement on DM, pasture, OM, CP and digested OM intake. Despite this, the supplementation did not affect ($P>0.10$) the total and ruminal digestibility of OM and CP but increased ($P<0.10$) the total digestibility of NDF. The increase of CP content in the supplement caused a positive and linear effect ($P<0.10$) on total and ruminal digestibility of OM and CP and also a quadratic effect ($P<0.10$) on total digestibility of NDF and diet content of digestible OM. The RAN concentration was increased ($P<0.10$) by supplementation and also presented a linear and positive relationship ($P<0.10$) with the CP content in the supplement. There were no effect ($P>0.10$) neither on transit nor degradation of fibre in the rumen. On average, the nitrogen balance in the animal body was not affected by supplementation ($P>0.10$). Despite this, the nitrogen balance were linearly increased ($P<0.10$) as the CP content in the supplement increased. The NMIC was increased ($P<0.10$) by supplementation and also presented a linear and positive relationship ($P<0.10$) with the CP content in the supplement. It has been concluded that protein supplementation for grazing cattle during rainy season can increase the voluntary intake of pasture and also improve the efficiency of nitrogen utilization when compared to energy supplementation. This seems to be caused by an adequacy of overall metabolism and an improvement on the nitrogen status in the animal metabolism.

Introdução Geral

A maioria dos sistemas de produção de bovinos de corte em regiões tropicais está baseada na utilização de gramíneas tropicais como recursos forrageiros basais, pois estas são capazes de prover substratos energéticos de baixo custo, principalmente a partir dos carboidratos fibrosos (Paulino et al., 2008). Contudo, as gramíneas tropicais raramente podem ser consideradas dieta equilibrada para animais em pastejo, pois estas irão exibir invariavelmente uma ou mais limitações nutricionais que causarão restrições sobre o consumo de pasto, a digestão da forragem ou a metabolizabilidade dos substratos absorvidos. Desta forma, demanda-se a identificação das principais limitações nutricionais do pasto para se evitar entraves à produção animal. Depois de identificadas, as deficiências nutricionais poderão ser reduzidas ou eliminadas utilizando-se programa adequado de suplementação, o que resultará em incremento no desempenho dos animais e na eficiência do sistema de produção (Detmann et al., 2010; 2013).

Os fatores climáticos são reconhecidamente um dos principais determinantes da qualidade das gramíneas tropicais utilizadas em sistemas pastoris ao longo do ano. Em termos gerais, a influência climática é caracteristicamente definida pelas alterações causadas na forragem pela presença ou ausência de precipitação. Segundo Detmann et al. (2010), durante o período com precipitação regular, a massa disponível ao pastejo não pode ser considerada estável do ponto de vista nutricional, pois a forma como o crescimento vegetal se altera durante este período e a interação do animal com a variabilidade na massa disponível podem levar a alterações marcantes na quantidade e qualidade do material ingerido.

De um ponto de vista nutricional e produtivo, o período em que forragem de melhor qualidade é ofertada ao animal pode ser dividido em três fases distintas (Detmann et al., 2010):

I. Transição Seca-Águas: fase que se segue após a ocorrência das primeiras chuvas. Caracteriza-se pelo aumento na disponibilidade de água após a seca e, dependendo da região, pela elevação da temperatura e do fotoperíodo após o inverno. O processo de crescimento da forrageira se inicia de forma rápida e se caracteriza por ampla emissão de novas folhas. Concomitantemente, a relação folha:colmo e o teor de proteína da forragem se elevam rapidamente;

II. Águas: fase em que a temperatura, a precipitação e a radiação solar encontram-se em patamares relativamente estáveis e propícios ao crescimento vegetal, que é contínuo, excetuando-se momentos em que pequenos distúrbios, como veranicos, são observados; e

III. Transição Águas-Seca: se inicia no final do período de verão, com a redução do fotoperíodo, da temperatura e da frequência de precipitação. Normalmente as plantas entram em estágio reprodutivo, observando-se redução gradativa da relação folha:colmo, do teor de proteína na forragem e do crescimento vegetal.

Assim, a baixa estabilidade nutricional da forragem pode causar alterações nos elementos limitantes da dieta e demandar alterações quantitativas e qualitativas no suplemento ofertado aos animais.

De forma particular, no período de transição seca-águas especula-se que após as primeiras chuvas, as forragens possam apresentar altas proporções de nitrogênio não protéico na proteína bruta (PB) e alta digestibilidade da matéria orgânica. Neste período, as gramíneas tropicais não seriam consideradas deficitárias em nitrogênio, apresentando, em geral, teores de PB próximos a 100 g/kg de matéria seca (Detmann et al., 2005; Sales et al., 2011).

Em diversos trabalhos tem sido comprovado o incremento na produção animal com o uso de programas de suplementação durante os períodos de transição seca-águas (Moraes et al., 2006; Nascimento et al., 2009; Acedo et al., 2011; Sales et al., 2011) e águas (Figueiredo et al., 2008; Porto et al., 2009; Costa et al., 2011).

Segundo Detmann et al. (2010; 2013), os pastos tropicais durante o período chuvoso apresentariam desequilíbrio na relação proteína:energia, com excesso relativo de energia. Isso indica diretamente que os programas de suplementação a serem utilizados neste período deveriam focar prioritariamente o estabelecimento de um equilíbrio dietético que envolvesse a elevação da concentração dietética de proteína para que o excedente relativo de substratos energéticos da forragem pudesse ser transformado em produto animal. Desta forma, a suplementação na época de crescimento das forrageiras tropicais deveria ser centrada em características essencialmente proteicas.

Isto tem caracterizado mudança de foco no uso de suplementação e no tipo dos suplementos, uma vez que suplementos energéticos vinham sendo amplamente utilizados nestes períodos, mas ocasionando incrementos não otimizados sobre os desempenhos nutricional e produtivo dos animais (Detmann et al., 2010).

Contudo, estudos voltados à avaliação de características nutricionais e metabólicas em animais suplementados durante estes períodos são ainda escassos em condições tropicais.

Assim, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação proteica sobre o desempenho nutricional de bovinos manejados em pasto de capim braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) durante os períodos de transição seca-águas e de águas.

Referências Bibliográficas

- ACEDO, T.S.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; SALES, M.F.L.; PORTO, M.O. Fontes proteicas em suplementos para novilhos no período de transição seca-águas: características nutricionais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p.895-904, 2011.
- COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T.; CARVALHO, I.P.C. Digestibilidade total e parcial e balanço nitrogenado em bovinos em pastejo no período das águas recebendo suplementos com nitrogênio não protéico e/ou proteína verdadeira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2815-2826, 2011.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; CECON, P.R.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S.; GONÇALVES, L.C.; VALADARES, R.F.D. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante 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. Otimização do uso de recursos forrageiros basais. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 7, 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2010. p.191-240.
- DETMANN, E.; VALENTE, E.E.L.; BATISTA, E.D.; HUHTANEN, P. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. **Livestock Science**, 2013 (submitted).

- FIGUEIREDO, D.M.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; MORAES, E.H.B.K.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.G. Fontes de proteína em suplementos múltiplos para bovinos em pastejo no período das águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.2222-2232, 2008.
- MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; MORAES, K.A.K. Níveis de proteína em suplementos para novilhos mestiços em pastejo durante o período de transição seca/águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.2135-2143, 2006.
- NASCIMENTO, M.L.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PORTO, M.O.; SALES, M.F.L. Fontes de energia em suplementos múltiplos para recria de novilhos mestiços em pastejo durante o período de transição seca/águas: desempenho produtivo e características nutricionais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1121-1132, 2009.
- PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALENTE, E.E.L.; BARROS, L.V. Nutrição de bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 4, 2008, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2008. p.131-169.
- PORTO, M.O.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SALES, M.F.L.; COUTO, V.R.M. Fontes suplementares de proteína para novilhos mestiços em recria em pastagens de capim-braquiária no período das águas: desempenho produtivo e econômico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1553-1560, 2009.
- SALES, M.F.L.; PAULINO, M. P.; VALADARES FILHO, S.C.; FIGUEIREDO, D.M.; PORTO, M.O.; DETMANN, E. Supplementation levels for growing beef cattle grazing in the dry-rainy transition season. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.904-911, 2011.

Capítulo 1

Desempenho Nutricional de Bovinos em Pastejo Durante o Período de Transição Seca-Águas Recebendo Suplementação Proteica

Introdução

A produção animal no Brasil tem se baseado na utilização de forragens tropicais como principal fonte de nutrientes para a produção de bovinos de corte. No entanto, ao longo do ano as forragens sofrem grande influência de variáveis climáticas, o que causa oscilações na quantidade de massa forrageira produzida, bem como na qualidade da forragem disponível ao animal. Tais modificações influenciam diretamente o desempenho animal.

Em termos gerais, a influência climática é mais bem definida pelas alterações causadas na forragem pela presença ou ausência de precipitação. Segundo Detmann et al. (2010), durante o período com precipitação regular, a massa disponível ao pastejo não pode ser considerada estável do ponto de vista nutricional, pois a forma como o crescimento vegetal se altera durante este período e a interação do animal com a massa disponível podem levar a alterações marcantes na qualidade do material ingerido.

De um ponto de vista nutricional e produtivo, o período em que forragem de melhor qualidade é ofertada ao animal pode ser dividido em três fases distintas (Detmann et al., 2010):

I. Transição Seca-Águas: fase que se segue após a ocorrência das primeiras chuvas. Caracteriza-se pelo aumento na disponibilidade de água após a seca e, em certas regiões, pela elevação da temperatura e do fotoperíodo após o inverno. Havendo quantidades adequadas de nutrientes no

solo o processo de crescimento da forrageira se inicia de forma rápida e se caracteriza por ampla emissão de novas folhas. A relação folha:colmo e o teor de proteína da forragem se elevam rapidamente;

II.Águas: fase em que a temperatura, a precipitação e a radiação solar encontram-se em patamares relativamente estáveis e propícios ao crescimento vegetal, que é contínuo, excetuando-se momentos em que pequenos distúrbios, como veranicos, são observados; e

III.Transição Águas-Seca: se inicia no final do período de verão, com a redução do fotoperíodo, da temperatura e da frequência de precipitação. Normalmente as plantas entram em estágio reprodutivo, observando-se redução gradativa da relação folha:colmo, do teor de proteína na forragem e do crescimento vegetal.

Assim, a baixa estabilidade nutricional da forragem pode causar alterações nos elementos limitantes da dieta e demandar alterações quantitativas e qualitativas no suplemento ofertado aos animais.

De forma particular, no período de transição seca-águas, especula-se que após as primeiras chuvas, as forragens possam apresentar altas proporções de nitrogênio não protéico (NNP) na proteína bruta (PB) e alta digestibilidade da matéria orgânica (MO). Neste período, as gramíneas tropicais não seriam consideradas deficitárias em nitrogênio, apresentando, em geral, teores de PB próximos a 100 g/kg de matéria seca (MS) (Detmann et al., 2005a; Sales et al., 2011).

No entanto, gramíneas tropicais sob pastejo raramente podem ser consideradas como dieta balanceada, no senso de se verificarem concentrações de nutrientes e atributos nutricionais perfeitamente condizentes com as proporções definidas pelas exigências dos animais. Segundo levantamento realizado por Detmann et al. (2010), a forragem colhida em pastagens tropicais sob manejo contínuo contínua nos períodos de precipitação abundante apresentam relação

energia:proteína acima daquelas demandadas pelos animais. Logo, o pasto, enquanto dieta completa, apresenta-se desequilibrado, demandando a adoção de programas de suplementação para otimização do uso dos recursos nutricionais do pasto e da produção animal.

Em diversos trabalhos tem sido comprovado o incremento na produção animal com o uso de programas de suplementação durante o período de transição seca-águas (Moraes et al., 2006; Nascimento et al., 2009; Acedo et al., 2011; Sales et al., 2011). Contudo, estudos voltados à avaliação de características nutricionais e metabólicas em animais suplementados durante este período são ainda escassos em condições tropicais.

Assim, objetivou-se avaliar os efeitos do incremento quantitativo de suplemento protéico para bovinos em pastejo durante o período de transição seca-águas sobre o consumo, a digestibilidade, as dinâmicas de trânsito e degradação ruminal dos compostos fibrosos e sobre aspectos do metabolismo dos compostos nitrogenados.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no setor de Bovinocultura de Corte do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, entre agosto e outubro de 2009, período que compreendeu a transição entre as estações de seca e de águas. Os dados climáticos relativos aos meses de execução do experimento são apresentados na Figura 1.

Foram utilizados cinco novilhos Nelore, não castrados, com peso corporal (PC) médio inicial de 273 ± 9 kg, fistulados no rúmen, mantidos em piquetes individuais (0,34 ha) formados com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.), com taxa de lotação média ao longo do experimento de 1,78 UA/ha. Os animais tiveram acesso a água em bebedouros individuais e a

mistura mineral em cochos cobertos. De forma anexa aos piquetes, localiza-se o curral para o manejo dos animais, no qual se realizavam coletas de fezes, urina, conteúdo ruminal, digesta omasal e sangue, entre outras práticas de manejo.

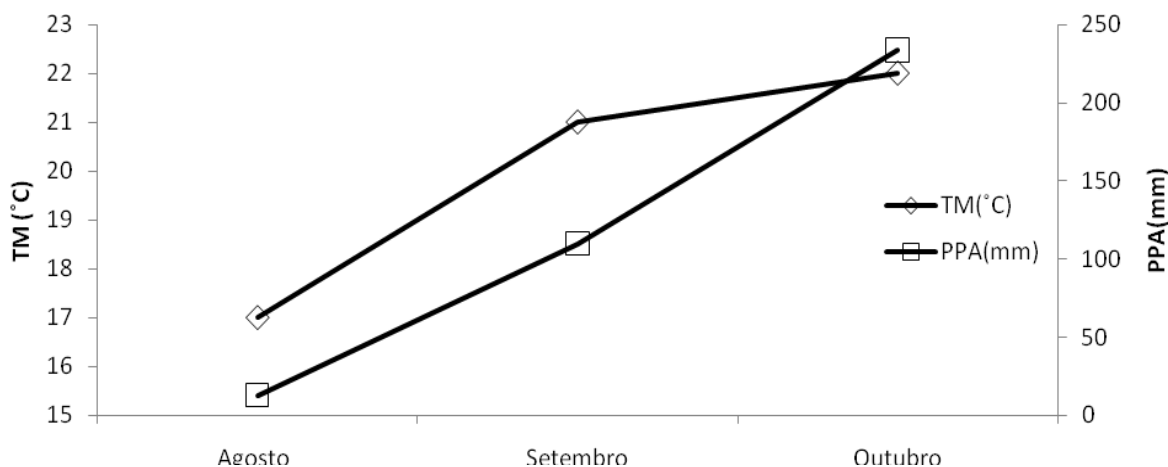


Figura 1- Precipitação pluviométrica acumulada (PPA) e temperatura média (TM) em função dos meses de realização do experimento (Fonte: Departamento de Engenharia Agrícola - UFV).

Os cinco tratamentos avaliados foram definidos de maneira a suplementar os animais em 0; 1,25; 2,5; 5,0 e 10,0 g de suplemento (em termos de matéria natural) por kg de PC. O suplemento foi composto (com base na matéria natural) por farelo de soja (588,8 g/kg), milho (382,3 g/kg); uréia (26,0 g/kg) e sulfato de amônio (2,9 g/kg) de forma a apresentar 340 g de PB/kg de matéria natural (MN).

O experimento foi estruturado e conduzido segundo delineamento em quadrado latino 5 × 5, com cinco tratamentos, cinco animais e cinco períodos experimentais, com duração de 16 dias cada. Os cinco primeiros dias de cada período experimental foram destinados à adaptação dos

animais aos suplementos, sendo que no primeiro dia foi realizada a pesagem dos animais com o propósito de definir a quantidade de suplemento a ser fornecida.

Os suplementos foram ofertados em cochos cobertos localizados em cada piquete às 12h00 de cada dia durante todo o período experimental.

No primeiro dia de cada período experimental quantificou-se a massa de forragem em cada piquete por intermédio do corte rente ao solo de cinco áreas delimitadas por um quadrado de dimensões $0,5 \times 0,5$ m, selecionadas ao acaso em cada piquete (Figura 2). Foram retiradas alíquotas de cada amostra coletada, sendo confeccionadas amostras compostas para cada piquete, as quais foram secas sob ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (1 e 2 mm) e acondicionadas em recipientes de polietileno. Posteriormente procedeu-se à quantificação do teor de MS (método INCT G-003-1; Detmann et al., 2012).

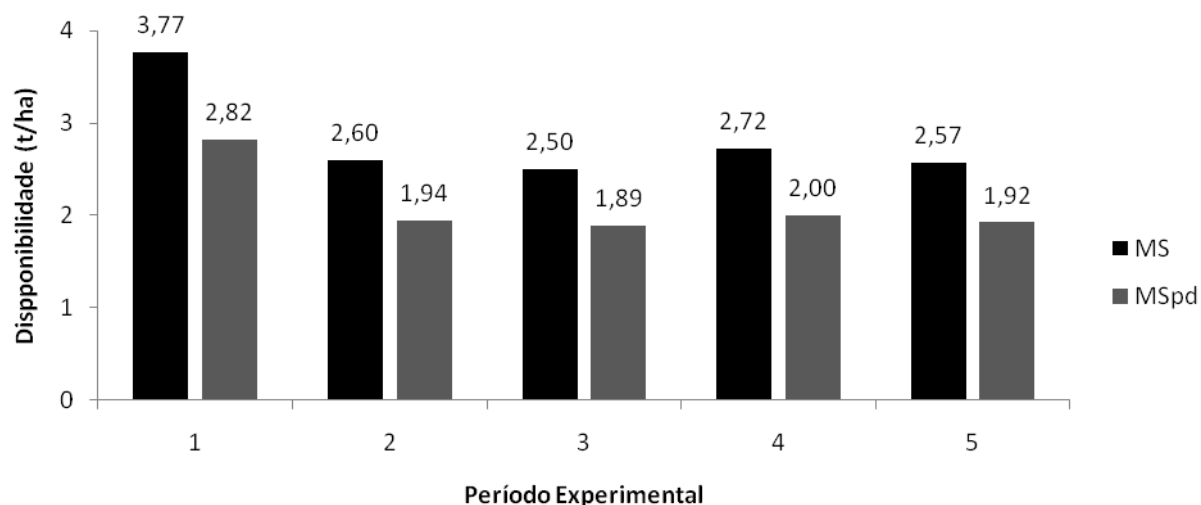


Figura 2 - Disponibilidade média de matéria seca (MS) e de matéria seca potencialmente digestível (MSpd) na pastagem em função dos períodos experimentais.

No primeiro, quinto e nono dias de cada período experimental foram obtidas amostras da forragem ingerida pelos animais por intermédio de simulação manual de pastejo. Posteriormente à coleta, estas amostras foram secas em estufa com ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (1 e 2 mm). As amostras foram posteriormente compostas, com base no peso seco ao ar, por piquete e período experimental. Amostras do suplemento foram coletadas semanalmente.

Para a estimativa da excreção fecal utilizou-se dióxido de titânio como indicador externo, o qual foi fornecido na quantidade de 20 g/dia a cada animal, às 12h00, por intermédio da fístula ruminal, entre o primeiro e oitavo dias de cada período experimental. As amostras fecais foram coletadas diretamente do reto dos animais a partir do sexto dia de cada período experimental de acordo com a distribuição: sexto dia - 8h00 e 14h00; sétimo dia - 10h00 e 16h00; e oitavo dia - 12h00 e 18h00. Neste período foram tomadas amostras de digesta omasal conforme a distribuição: sexto dia - 8h00; sétimo dia - 16h00; e oitavo dia - 12h00. A coleta de digesta omasal foi realizada por intermédio de sucção direta utilizando-se kitasato, tubo coletor e bomba de vácuo (Leão, 2002), sendo obtidos aproximadamente 500 mL de amostra por horário e por animal. As amostras de fezes e digesta omasal foram secas em estufa com ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (1 e 2 mm). Posteriormente, elaboraram-se amostras compostas de fezes e de digesta omasal, com base no peso seco ao ar, por animal e período experimental.

Para avaliação do pH, da concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) e da concentração de ácidos graxos voláteis (AGV; acético, propiônico e butírico), foram realizadas coletas de líquido ruminal no nono dia de cada período experimental. As amostras foram coletadas manualmente às 6h00, 12h00, 18h00 e 24h00 na interface líquido:sólido do ambiente ruminal, filtradas por uma camada tripla de gaze e submetidas à avaliação imediata do pH

utilizando-se potenciômetro digital. Posteriormente, foram tomadas duas alíquotas. A primeira alíquota de 40 mL foi fixada com 1 mL de H_2SO_4 (1:1) e congelada (-20°C) para posterior quantificação da concentração de NAR. A segunda alíquota de 10 mL foi mantida sob refrigeração. Ao final do período de coletas, as quatro alíquotas foram combinadas, fixadas com 10 mL de solução de ácido metafosfórico (200 g/L) e congeladas (-20°C) para a quantificação da concentração de AGV.

O procedimento para isolamento de microrganismos ruminais a partir de amostras de conteúdo ruminal foi realizado no nono dia do período experimental, sendo a primeira coleta às 12h00 e a segunda às 18h00, seguindo-se os procedimentos descritos por Cecava et al. (1990). As coletas obtidas nos dois horários foram combinadas por animal.

Do décimo ao décimo sexto dia do período experimental foram realizados os procedimentos para avaliação da cinética de trânsito gastrointestinal de líquidos e de partículas fibrosas, ambos baseados no fornecimento de indicador externo em dose única (Ellis et al., 1994). Para avaliação do fluxo de partículas utilizou-se como indicador externo o cromo mordente à fibra (Udén et al., 1980). A base fibrosa para a produção do indicador foi retirada de amostras de pasto obtidas por simulação manual de pastejo no primeiro dia de cada período experimental. Para a simulação da atividade inicial de mastigação pelo animal, as amostras foram submetidas a um processo de moagem tripla em moinho de facas, sem peneira, segundo sugestões de Detmann et al. (2005b). Para avaliação do fluxo de líquidos utilizou-se o complexo Co-EDTA como indicador externo (Udén et al., 1980).

Foram infundidos no rúmen de cada animal, simultaneamente, 100 g de fibra mordente e 10 g de Co-EDTA às 6h00 do décimo dia de cada período experimental. As coletas fecais foram obtidas diretamente do reto dos animais em 0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108,

120 e 144 horas após o fornecimento dos indicadores. As amostras foram secas em estufa com ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (1 mm).

A partir do nono dia do período experimental foi conduzido procedimento de incubação *in situ* para avaliação da dinâmica de degradação ruminal da fibra em detergente neutro (FDN) da forragem. As amostras utilizadas foram obtidas por simulação manual de pastejo no primeiro dia de cada período experimental, secas sob ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (2 mm). O material foi acondicionado em sacos de tecido não-tecido (TNT; 100 g/m²) com dimensões 4 × 5 cm na proporção de 20 mg MS/cm² de superfície (Casali et al., 2008). As amostras foram incubadas em duplicata para cada tempo de incubação no rúmen dos animais. Empregaram-se os seguintes tempos de incubação: 0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 96, 120 e 144 horas. Os sacos foram dispostos em ordem reversa no tocante aos tempos de incubação, de forma a serem retirados simultaneamente, sendo então lavados em água corrente e secos sob ventilação forçada (60°C).

No décimo sexto dia de cada período experimental foram realizadas coletas de urina, na forma de amostra *spot*, em micção espontânea dos animais, 2 horas antes e 4 horas após o fornecimento do suplemento. As amostras coletadas foram filtradas em gaze e alíquotas de 10 mL foram separadas e diluídas com 40 mL de ácido sulfúrico (0,036 N) e congeladas (-20°C) para posterior quantificação das concentrações de nitrogênio total, creatinina e ureia.

Simultaneamente às coletas de urina foram feitas coletas de sangue via veia jugular, utilizando tubos com vácuo e gel acelerador de coagulação (BD Vacutainer® SST II Advance). As amostras de sangue foram imediatamente centrifugadas a 2.700 × g por 20 minutos e alíquotas de soro foram congeladas (-20°C) para posterior quantificação da concentração de nitrogênio ureico (NUS).

As amostras de forragem obtidas por simulação manual de pastejo, fezes, digesta omasal e suplementos (processadas a 1 mm) foram avaliadas quanto aos teores de MS (método INCT-CA G-003/1), MO (método INCT-CA M-001/1), PB (método INCT-CA N-001/1), extrato etéreo (EE; método INCT-CA G-004/1), FDN corrigida para cinzas e proteína (FDNcp; utilizando-se α -amilase termoestável e omitindo-se o uso de sulfito de sódio; método INCT-CA F-002/1) e lignina (obtida pela solubilização da celulose após extração com detergente ácido; método INCT-CA F-005/1) de acordo com os métodos analíticos definidos pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal (INCT-CA; Detmann et al., 2012; Tabela 1).

Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos segundo Detmann & Valadares Filho (2010):

$$CNF = 1000 - MM + EE + FDNcp - PB + PBu + U \quad (1);$$

em que: CNF = teor de carboidratos não fibrosos; MM = teor de matéria mineral; EE = teor de extrato etéreo; FDNcp = teor de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; PB = teor de proteína bruta; PBu = teor de proteína bruta oriunda da ureia; e U = teor de ureia. Todos os termos são expressos como g/kg MS.

As amostras fecais referentes à avaliação de consumo foram avaliadas quanto aos teores de dióxido de titânio segundo método colorimétrico INCT-CA M-007/1 (Detmann et al., 2012). A excreção fecal foi estimada por intermédio da relação entre dose e concentração fecal do indicador externo.

As estimativas de consumo de forragem foram obtidas utilizando-se a FDN indigestível (FDNi) como indicador interno, quantificadas por procedimentos de incubação *in situ* por 288 horas nas amostras processadas a 2 mm utilizando-se sacos de TNT (método INCT-CA F-008/1; Detmann et al., 2012).

O consumo foi estimado segundo a equação:

$$CMS = \left[\frac{EF \times CIFz - CMSSup \times CISup}{CIFor} \right] + CMSSu \quad (2);$$

em que: CMS = consumo de MS (g/dia); EF = excreção fecal (g/dia); CIFz = concentração de FDNi nas fezes (g/g); CMSSup = consumo de MS de suplemento (g/dia); CISup = concentração de FDNi no suplemento (g/g); e CIFor = concentração de FDNi na forragem (g/g).

As estimativas de fluxo omasal de MS foram obtidas pela relação entre consumo e concentração omasal de FDNi.

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

Item	Pasto ^{4,5}	Suplemento
MS ¹	308,1±8,5	885,5
MO ²	907,3±1,9	947,1
PB ²	113,3±3,9	379,5
EE ²	11,1±0,2	19,8
FDNcp ²	570,8±9,1	90,6
CNF ²	212,1±9,8	498,3
PIDN ³	318,2±21,1	92,0
Lignina ²	38,3±3,1	10,6
FDNi ²	192,7±4,8	13,4

¹/g/kg de matéria natural. ²/g/kg MS. ³/ g/kg PB. ⁴/ Amostras obtidas por simulação manual de pastejo. ⁵/ Média ± erro-padrão da média.

As amostras de forragem relativas à avaliação de disponibilidade foram avaliadas quanto aos teores de MS, FDN (sem correções para cinzas e proteína) e FDNi, como previamente

descrito. A fração da MS potencialmente digestível (MSpd) na forragem disponível foi estimada segundo Paulino et al. (2008):

$$MSpd = 0,98 \times \left(1000 - FDN_i \right) + \left(FDN - FDN_i \right) \quad (3);$$

em que: MSpd = teor de MS potencialmente digestível na forragem (g/kg MS); e FDN e FDN_i = teores de FDN e FDN_i na forragem, respectivamente (g/kg MS).

As avaliações das concentrações fecais de cromo e cobalto foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica após a abertura das amostras por digestão em ácidos nítrico e perclórico (método INCT-CA M-005/1; Detmann et al., 2012).

A concentração de NAR no líquido ruminal foi quantificada pela técnica colorimétrica adotada pelo INCT-CA (método N-006/1; Detmann et al., 2012). As concentrações obtidas nos diferentes tempos de amostragem foram combinadas por animal, 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 análises de AGV foram realizadas por cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC), utilizando-se cromatógrafo da marca Shimadzu, modelo SPD-10A VP acoplado a detector ultravioleta (UV), utilizando-se comprimento de ondas de 210 nm. Utilizou-se coluna C18 (fase reversa) da marca Shimadzu com medidas 30 cm × 4,5 mm de diâmetro, fluxo de 0,8 mL/minuto sob pressão de 24 kgf. Utilizou-se fase móvel de água com 10 g/L de ácido ortofosfórico.

As amostras de microrganismos ruminais foram avaliadas quanto aos seus teores de MS e PB, conforme descrito anteriormente, e bases púricas, segundo procedimentos descritos por Ushida et al. (1985). As bases púricas foram utilizadas como indicador para estimação do fluxo omasal de nitrogênio microbiano.

As amostras de urina, depois de descongeladas, foram compostas por animal e período experimental e analisadas quanto aos teores de ureia, segundo método enzimático-colorimétrico (Bioclin® K047); creatinina, segundo o método de Jaffé modificado (Bioclin® K016-1); e nitrogênio total, segundo o método de Kjeldahl (Detmann et al., 2012). As amostras de soro sanguíneo, após descongelamento, foram analisadas quanto aos teores de ureia como descrito para as amostras de urina.

O volume total urinário foi avaliado por intermédio da relação entre concentração de creatinina na urina a sua excreção por unidade de PC segundo proposições de Chizzotti et al. (2006).

Os parâmetros de cinética de trânsito de líquidos e sólidos foram estimados por intermédio do ajustamento às curvas de excreção fecal dos indicadores do modelo $\Gamma(2)$ tempo-dependente descrito por Ellis et al. (1994):

$$C_t = Z \times \left(1 - \tau \right) \times \gamma \times \exp \left[-\gamma \times \left(1 - \tau \right) \right] \quad (4);$$

em que: C_t = concentração fecal do indicador no tempo “t”(ppm); t = tempo após o fornecimento do indicador (h); γ = parâmetro taxa tempo-dependente relativo ao fluxo ruminal de partículas fibrosas ou de líquidos (h^{-1}); Z = parâmetro sem interpretação biológica direta (ppm $\times$ h); e τ = tempo decorrido entre a aplicação e o aparecimento do indicador nas fezes (h).

O tempo médio de retenção no rúmen-retículo foi estimado pela equação (Ellis et al., 1994):

$$TMRR = \frac{2}{\gamma} \quad (5);$$

em que: TMRR = tempo médio de retenção rúmen-retículo (h).

Os resíduos de degradação ruminal foram analisados quanto ao teor de FDN em aparelho analisador de fibras (Ankom²²⁰®). Os perfis de degradação da FDN foram interpretados por intermédio do modelo logístico descrito por Van Milgen et al. (1991):

$$R_t = B \times \left(1 + \lambda \times t \right) \times \exp \left(-\lambda \times t \right) + I \quad (6);$$

em que: R_t = resíduo não degradado de FDN no tempo “t” (g/100 g); B = fração potencialmente degradável (g/100 g); I = fração indegradável (g/100 g); e λ = taxa fracional de latência e degradação (h^{-1}).

Os procedimentos estatísticos lineares foram conduzidos por intermédio do procedimento MIXED do SAS (*Statistical Analysis System*, versão 9.2), adotando-se 0,10 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I. Após a análise de variância procedeu-se à decomposição ortogonal da soma de quadrados para tratamentos em efeitos de ordem linear, quadrática, cúbica e de quarto grau relativos à quantidade de suplemento fornecida aos animais.

Para o ajustamento dos modelos não lineares relativos às equações (4) e (6) utilizou-se o algoritmo iterativo de Gauss-Newton constante no procedimento NLIN do SAS. A comparação entre tratamentos foi realizada por intermédio da distribuição de χ^2 segundo o teste de identidade de modelos não lineares proposto por Regazzi (2003). Neste caso, avaliaram-se as diferenças globais entre todos os tratamentos. Para a cinética de trânsito, os testes supracitados foram aplicados somente aos parâmetros γ e τ , uma vez que o parâmetro Z não apresenta sentido biológico (Equação 4). Para a cinética de degradação avaliou-se somente o parâmetro λ (Equação 6), sob o pressuposto de as frações potencialmente degradável e indegradável constituírem características exclusivas do substrato (Detmann et al., 2008). Para os procedimentos não lineares adotou-se 0,10 como nível crítico de probabilidade assintótica para o erro tipo I.

Resultados

Os consumos de MS, MO, PB, e MO digerida (MOD) foram incrementados linearmente ($P<0,01$) com o aumento no fornecimento de suplemento (Tabela 2). Entretanto, os consumos de MS de pasto, FDNcp, FDNi e FDNcp digerida não foram alterados ($P>0,10$) em função da quantidade de suplemento (Tabela 2).

A ampliação da quantidade de suplemento elevou linearmente ($P<0,01$) os coeficientes de digestibilidade total da MO e da PB. A concentração de MOD na dieta foi afetada de forma quadrática ($P<0,01$) pela quantidade de suplemento. Por outro lado, nenhum efeito da quantidade de suplemento ($P>0,10$) foi verificado sobre o coeficiente de digestibilidade total da FDNcp (Tabela 3).

De forma similar aos coeficientes de digestibilidade total, os coeficientes de digestibilidade ruminal da MO e da PB, foram incrementados linearmente ($P<0,01$) à medida que se ampliou a quantidade de suplemento fornecida. Nenhum efeito foi verificado ($P>0,10$) sobre o coeficiente de digestibilidade ruminal da FDNcp (Tabela 3).

Não foram verificados efeitos ($P>0,10$) dos tratamentos sobre os coeficientes de digestibilidade intestinal da MO e PB (Tabela 3). O coeficiente de digestibilidade intestinal da FDNcp foi reduzido de forma linear ($P<0,05$) com o aumento na quantidade de suplemento. Ressalta-se, contudo, que todos os coeficientes de digestibilidade intestinal da FDNcp foram iguais a zero ($P>0,10$) (Tabela 3).

O pH ruminal foi reduzido linearmente ($P<0,01$) com a elevação na quantidade de suplemento ofertada aos animais. Em adição, a concentração de NAR foi incrementada linearmente ($P<0,01$) com o aumento no fornecimento de suplemento (Tabela 4).

Tabela 2 - Médias de quadrados mínimos e erro-padrão da média (EPM) para os consumos voluntários de matéria seca (MS), MS de pasto (MSP), MS de suplemento (MSSup), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), MO digerida (MOD), FDNcp digerida (FDND) em função da quantidade de suplemento ofertada

Item	Quantidade de suplemento (g/kg PC) ¹						Valor-P ²			
	0	1,25	2,50	5,00	10,00	EPM	L	Q	C	QT
kg/dia										
MS	5,694	5,818	6,468	7,662	8,823	0,472	<0,001	0,578	0,476	0,798
MSP	5,694	5,495	5,810	6,338	6,192	0,456	0,259	0,573	0,470	0,797
MSSup	--	0,322	0,657	1,323	2,630	--	--	--	--	--
MO	5,107	5,302	5,901	7,039	8,116	0,427	<0,001	0,496	0,497	0,836
PB	0,602	0,745	0,897	1,186	1,748	0,064	<0,001	0,871	0,978	0,956
FDNcp	3,150	3,297	3,341	3,822	3,635	0,271	0,155	0,290	0,535	0,758
FDNi	1,103	1,072	1,111	1,164	1,235	0,076	0,136	0,896	0,702	0,805
MOD	2,623	2,923	3,363	4,471	5,176	0,356	<0,001	0,276	0,444	0,974
FDND	1,821	2,031	2,024	2,412	2,028	0,241	0,524	0,159	0,619	0,643
g/kg de PC										
MS	18,8	19,3	21,7	25,1	29,3	1,5	<0,001	0,604	0,583	0,680
MSP	18,8	18,2	19,5	20,7	20,6	1,5	0,262	0,605	0,581	0,689
MSSup	--	1,1	2,2	4,4	8,7	0,3	--	--	--	--
FDNcp	10,5	10,9	11,3	12,5	12,1	0,9	0,151	0,320	0,653	0,883
FDNi	3,6	3,6	3,7	3,8	4,0	0,2	0,119	0,896	0,771	0,773

¹/Quantidade de suplemento em matéria natural. ²/L, Q, C, QT = efeitos de ordem linear, quadrática, cúbica e de quarto grau em função da quantidade de suplemento ofertada.

Embora as concentrações totais de AGV total não tenham sido afetadas ($P>0,10$) pela quantidade de suplemento, verificou-se incremento linear na proporção molar de butirato ($P<0,06$) e decréscimos lineares ($P<0,01$) na proporção molar de acetato e na relação acetato: propionato (A:P) com o aumento no fornecimento de suplemento (Tabela 4). A proporção molar

de propionato apresentou comportamento quadrático ($P<0,07$) em função da quantidade de suplemento, com valores relativamente estáveis de 0 a 5 g/kg PC e com incremento proeminente com o fornecimento de 10 g/kg PC em suplemento (Tabela 4).

Tabela 3 - Médias de quadrados mínimos e erro-padrão da média (EPM) para os coeficientes de digestibilidade (g/g) total, ruminal e intestinal da matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e para a concentração dietética de matéria orgânica digestível (MOD; g/kg MS) em função da quantidade de suplemento ofertada

Item	Quantidade de suplemento (g/kg PC) ¹					EPM	Valor- P ²				
	0	1,25	2,50	5,00	10,00		L	Q	C	QT	
	Total										
MO	0,513	0,546	0,550	0,630	0,638	0,028	0,008	0,130	0,373	0,452	
PB	0,513	0,605	0,623	0,708	0,763	0,034	0,002	0,109	0,791	0,477	
FDNcp	0,577	0,612	0,580	0,627	0,558	0,031	0,565	0,229	0,674	0,335	
MOD	436	489	502	573	605	179	<0,001	0,041	0,817	0,371	
	Ruminal ³										
MO	0,347	0,384	0,375	0,478	0,505	0,031	0,001	0,356	0,367	0,378	
PB	-0,286	0,118	0,026	0,273	0,421	0,108	0,009	0,145	0,444	0,132	
FDNcp	0,550	0,579	0,554	0,639	0,566	0,030	0,583	0,108	0,265	0,308	
	Intestinal ³										
MO	0,251	0,262	0,274	0,296	0,267	0,021	0,547	0,185	0,744	0,985	
PB	0,600	0,535	0,576	0,594	0,589	0,030	0,620	0,876	0,222	0,290	
FDNcp	0,053	0,079	0,059	0,069	-0,034	0,044	0,048	0,344	0,116	0,951	

¹/Quantidade de suplemento em matéria natural. ²/L, Q, C, QT = efeitos de ordem linear, quadrática, cúbica e de quarto grau em função da quantidade de suplemento ofertada. ³/ Calculado como fração do que chegou ao local da digestão.

Observou-se incremento linear ($P<0,01$) na concentração de NUS com o aumento na quantidade de suplemento fornecida (Tabela 4).

O aumento na quantidade de suplemento ampliou linearmente ($P<0,01$) o consumo, a excreção fecal, a excreção urinária e o balanço de compostos nitrogenados no organismo do animal e no ambiente ruminal. A produção de compostos nitrogenados microbianos no rúmen (NMIC) foi incrementada linearmente ($P<0,01$) pelo aumento no fornecimento de suplemento. Contudo, nenhum efeito foi verificado sobre a eficiência de síntese de proteína microbiana ($P>0,10$), cujo valor médio observado foi de 115,7 g PB microbiana/kg MOD (Tabela 5).

Tabela 4 - Médias de quadrados mínimos e erro-padrão da média (EPM) para o pH ruminal, concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR; mg/dL), concentração de ácidos graxos voláteis (AGV; mmol/dL), proporções molares (mmol/100 mmol) de acetato, propionato e butirato, e relação acetato:propionato (A:P) no líquido ruminal em função da quantidade de suplemento ofertada

Item	Quantidade de suplemento (g/kg PC) ¹						Valor- P ²			
	0	1,25	2,50	5,00	10,00	EPM	L	Q	C	QT
pH	6,81	6,78	6,81	6,70	6,59	0,04	0,006	0,708	0,519	0,438
NAR	8,49	10,73	11,52	13,58	16,96	0,64	<0,001	0,224	0,464	0,533
AGV Total	8,30	9,06	9,75	8,49	8,64	0,77	0,826	0,577	0,225	0,667
Acetato	77,36	77,02	76,96	76,72	74,36	0,72	0,008	0,369	0,690	0,935
Propionato	16,50	16,52	16,60	16,24	18,28	0,41	0,007	0,060	0,360	0,795
Butirato	6,16	6,44	6,42	7,08	7,40	0,48	0,059	0,722	0,768	0,730
A:P	4,69	4,68	4,65	4,74	4,08	0,15	0,009	0,110	0,436	0,825

¹/Quantidade de suplemento em matéria natural. ²/L, Q, C, QT = efeitos de ordem linear, quadrática, cúbica e de quarto grau em função da quantidade de suplemento ofertada.

As estimativas da taxa fracional de latência e degradação (λ) da FDN não foram afetadas ($P>0,36$) pela quantidade de suplemento ofertada (Tabela 6).

O trânsito ruminal de partículas fibrosas ($P>0,94$) e o fluxo de líquidos ($P>0,20$) não foram afetados pela quantidade de suplemento. Verificou-se estimativas médias para o parâmetro

taxa tempo-dependente (γ) de 0,0330 h⁻¹, o que equivale a 60,6 horas de tempo médio de retenção no rúmen-retículo para partículas fibrosas, e de 0,0781 h⁻¹, o que equivale a 25,6 horas de tempo médio de retenção no rúmen-retículo para líquidos (Tabela 7).

Tabela 5 - Médias de quadrados mínimos e erro-padrão da média (EPM) para a concentração de nitrogênio ureico no soro (NUS; mg/dL), consumo de nitrogênio (CN; g/dia), excreção fecal de nitrogênio (EFN; g/dia), excreção urinária de nitrogênio (EUN; g/dia), excreção urinária de nitrogênio ureico (EUNU; g/dia), balanço nitrogenado aparente (BN; g/dia), balanço nitrogenado relativo (BNR; g/g de nitrogênio ingerido), balanço nitrogenado ruminal (BNRU; g/dia), fluxo intestinal de nitrogênio microbiano (NMIC; g/dia) e eficiência de síntese de proteína microbiana (EFM; g PB microbiana/kg de MOD) em função da quantidade de suplemento ofertada

Item	Quantidade de suplemento (g/kg PC) ¹					EPM	Valor- P ²			
	0	1,25	2,50	5,00	10,00		L	Q	C	QT
NUS	9,24	12,22	12,80	16,90	22,00	0,71	<0,001	0,222	0,944	0,200
CN	96,3	119,3	143,6	189,8	279,7	10,2	<0,001	0,871	0,978	0,956
EFN	44,6	46,4	50,1	54,4	65,1	3,8	0,001	0,972	0,986	0,824
EUN	67,7	89,4	88,1	86,8	138,5	11,7	0,001	0,403	0,197	0,675
EUNU	23,1	32,1	42,4	55,6	82,3	5,1	<0,001	0,521	0,804	0,808
BN	-16,0	-16,5	5,5	48,5	76,0	11,6	<0,001	0,322	0,185	0,690
BNR	-0,202	-0,182	-0,050	0,260	0,250	0,092	0,009	0,091	0,179	0,884
BNRU	-22,6	18,3	16,9	55,5	118,3	9,9	<0,001	0,586	0,456	0,152
NMIC	48,2	52,3	66,0	79,5	93,4	5,1	<0,001	0,690	0,600	0,323
EFM	117,0	112,2	129,1	112,3	107,9	10,4	0,386	0,975	0,346	0,234

¹/Quantidade de suplemento em matéria natural. ²/L, Q, C, QT = efeitos de ordem linear, quadrática, cúbica e de quarto grau em função da quantidade de suplemento ofertada.

Discussão

Neste estudo não foram verificados efeitos positivos da suplementação sobre o consumo voluntário de forragem (Tabela 2). Este comportamento corrobora os resultados obtidos por outros autores em condições tropicais ao fornecerem suplementos proteicos a bovinos manejados em pastagens durante períodos de crescimento das forrageiras (Zervoudakis et al., 2008; Costa et al., 2011a; Lazzarini, 2011; Sales et al., 2011).

Tabela 6 - Estimativas dos parâmetros da dinâmica de degradação ruminal da fibra em detergente neutro em função da quantidade de suplemento ofertada

Quantidade de suplemento (g/kg PC) ¹	Parâmetros ²		
	B	I	λ
0,0	62,92±2,71	37,08±2,22	0,059±0,005
1,25	65,53±2,66	34,47±2,10	0,063±0,005
2,50	67,53±2,59	32,48±1,92	0,072±0,005
5,00	64,60±2,68	35,40±2,04	0,066±0,005
10,00	67,14±2,75	32,86±2,25	0,058±0,005
Valor P ³	---	---	0,366

¹/Quantidade de suplemento em matéria natural. ²/ B = fração potencialmente degradável (g/100 g FDN); I = fração indegradável (g/100 g FDN); λ = taxa comum de latência e degradação (h⁻¹).³/ Nível descritivo de probabilidade relativo à diferença entre tratamentos.

Resultados oriundos de estudos conduzidos no Brasil permitem evidenciar que a inclusão de compostos nitrogenados suplementares na dieta de bovinos alimentados com gramíneas tropicais pode ampliar o consumo de forragem basal até que níveis proteicos próximos a 100 g PB/kg MS sejam atingidos (Figueiras et al., 2010; Sampaio et al., 2010). A partir desta

concentração dietética de PB, as exigências microbianas em termos de compostos nitrogenados seriam atendidas e nenhum estímulo sobre o consumo de material digerido seria mais observado (Detmann et al., 2010), minimizando-se o efeito de enchimento ruminal da forragem basal. Segundo Detmann et al. (2009), concentração mínima de 8 mg NAR/dL seria demandada para que se propicie as condições necessárias para que os microrganismos ruminais possam degradar com eficiência a fibra oriunda da forragem.

Tabela 7 - Estimativas dos parâmetros da dinâmica de trânsito de partículas fibrosas e de líquidos em função da quantidade de suplemento ofertada

Quantidade de suplemento (g/kg PC) ¹	Parâmetros ²		
	Z	Γ	τ
Partículas fibrosas			
0,0	1732,6±110,8	0,0322±0,0025	6,25±0,86
1,25	1405,0±111,6	0,0317±0,0031	5,06±1,12
2,50	1677,2±111,1	0,0326±0,0026	5,54±0,94
5,00	1707,2±108,3	0,0337±0,0026	5,44±0,90
10,00	1829,4±112,8	0,0351±0,0026	5,48±0,80
Valor-P ³	---	0,849	0,926
Líquidos			
0,0	1783,2±124,5	0,0768±0,0066	4,32±0,43
1,25	1834,5±124,5	0,0744±0,0066	4,17±0,44
2,50	1576,0±116,9	0,0700±0,0066	3,38±0,54
5,00	2135,9±128,7	0,0860±0,0063	4,01±0,37
10,00	2237,5±126,9	0,0835±0,0058	4,01±0,34
Valor-P ³	---	0,200	0,703

¹/Quantidade de suplemento em matéria natural. ²/ Z= parâmetro sem interpretação biológica direta (ppm×x h); γ = parâmetro-taxa tempo-dependente relativo ao fluxo ruminal de partículas fibrosas e de líquidos (h⁻¹); τ = tempo de transito intestinal (h).³/ Nível descritivo de probabilidade relativo à diferença entre tratamentos.

Desta forma, considerando-se a concentração média de PB da forragem basal (113 g/kg MS; Tabela 1) e a concentração de NAR verificada na ausência de suplementos (8,49 mg/dL; Tabela 4), não seriam esperados efeitos negativos associados a restrições quanto à degradação da fibra insolúvel sobre o consumo voluntário de forragem. Estes argumentos são corroborados pela ausência de efeitos da suplementação sobre os consumos de FDNcp digerida (Tabela 3), sobre os coeficientes de digestibilidade ruminal da FDNcp (Tabela 4) e sobre a degradação e o trânsito da FDN no ambiente ruminal (Tabelas 6 e 7).

Segundo Carvalho et al. (2011), a inclusão de carboidratos prontamente fermentáveis à dieta pode favorecer as bactérias fermentadoras de CNF em detrimento das bactérias fibrolíticas. Este fenômeno, conhecido como “efeito carboidrato”, amplia a competição por nutrientes essenciais entre grupos de espécies microbianas (El-Shazly et al., 1961; Mould et al., 1983), o que desfavorece a utilização da fibra insolúvel pelos microrganismos fibrolíticos (Rooke et al., 1987; Huhtanen, 1987; Costa et al., 2009; Zorzi et al., 2009), de menor taxa de crescimento e, conseqüentemente, menor capacidade competitiva (Carvalho et al., 2011). Contudo, em condições de disponibilidade não restrita de compostos nitrogenados, como verificado neste estudo, os eventos de competição são minimizados (Carvalho et al., 2011; Lazzarini, 2011), o que evitou alterações negativas sobre a degradação ruminal da fibra (Tabelas 3 e 6).

Durante os períodos de franco crescimento da forragem, como no período de transição seca-águas, a forragem disponível ao pastejo constitui dieta com excesso relativo de energia em relação à concentração de proteína (Detmann et al., 2010). Assim, considerando-se que uma relação proteína: energia balanceada constitui fator determinante para maximizar o consumo voluntário (Illius & Jessop, 1996; Forbes, 2003), a adição de energia via suplementação poderia acentuar o desequilíbrio dietético quanto à relação proteína:energia. Isto levaria à ampliação do desconforto metabólico do animal, o qual poderia substituir grande massa de forragem por

pequena quantidade de suplemento a fim de equilibrar a relação proteína:energia em seu metabolismo. Ocorrência de efeitos substitutivos devido ao fornecimento de concentrados para bovinos em pastejo durante o período das águas foram relatados por Detmann et al. (2001) e Costa et al. (2011b).

Neste contexto, a adição de concentrado à dieta incrementou a disponibilidade e a ingestão de energia, o que pode ser percebido pelo incremento no consumo e na concentração dietética de MOD (Tabelas 2 e 3) e na redução da relação acetato:propionato no ambiente ruminal (Tabela 4). Ressalta-se que estes efeitos são atribuídos única e exclusivamente ao suplemento, pois, como previamente ressaltado, não foram observadas alterações no consumo de pasto e na degradação da FDN. Ressalta-se que, a despeito na redução na relação acetato:propionato, não houve alteração na concentração total de ácidos graxos no rúmen, o que agrega aos resultados obtidos por Krysl et al. (1989) e Hess et al. (1996).

Contudo, devido à alta concentração de PB no suplemento (380 g PB/kg MS; Tabela 1), a ampliação no consumo de energia (i.e., MOD) associou-se positivamente ao consumo de PB. Assim, os teores de PB e MOD na dieta foram simultaneamente ampliados, fazendo com que não ocorresse queda na relação proteína:energia (Figura 3), o que parece ter evitado a ocorrência de efeito substitutivo e propiciado a manutenção do consumo de pasto (Tabela 2). Em situações de forragem de média a alta qualidade, como a observada neste estudo (Tabela 1), o fornecimento de suplementos proteicos parece acarretar baixa redução no consumo de energia a partir da forragem para manutenção da relação proteína:energia dentro de uma faixa confortável ao animal e compatível com as demandas metabólicas. Isto reitera que a suplementação essencialmente proteica pode ser mais adequada para se maximizar o uso de forragem em animais manejados em pastos de alta qualidade (Costa et al., 2011b).

De forma geral, os principais benefícios da suplementação parecem residir sobre o incremento na deposição de nitrogênio no corpo animal, mensurada pelo balanço aparente de compostos nitrogenados (BN), e sobre o incremento na eficiência de uso do nitrogênio dietético, mensurada pelo balanço relativo de compostos nitrogenados (BNR) (Tabela 5). Comportamento similar foi observado por diferentes autores em condições tropicais (Costa et al., 2011c; Rufino, 2011; Batista, 2012).

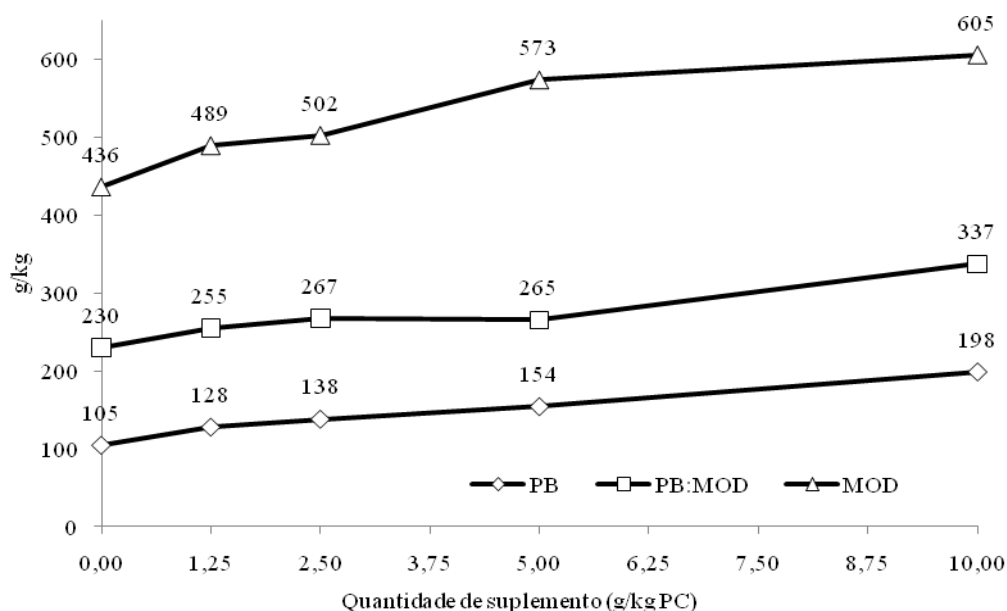


Figura 3 - Relação entre a quantidade de suplemento ofertada e as concentrações dietéticas de proteína bruta (PB; g/kg MS) e matéria orgânica digerida (MOD, g/kg MS) e a relação PB:MOD (g/kg).

A ampliação no fornecimento de suplemento elevou a excreção fecal de nitrogênio (Tabela 5), o que parece ser reflexo do aumento no escape de amido para o intestino grosso. Nestas condições amplia-se a atividade microbiana naquele sítio, incorrendo em elevação na excreção de debrís microbianos e elevando a excreção de nitrogênio metabólico fecal (Ørskov,

1988). Concomitantemente, o aumento no fornecimento de suplemento incrementou as perdas nitrogenadas na urina (Tabela 5), possivelmente causadas pela maior disponibilidade de nitrogênio no rúmen. O balanço nitrogenado ruminal (BNRU) alterou-se de negativo para positivo com a suplementação (Tabela 5), incorrendo em maior concentração de amônia ruminal (Tabela 4) e maior transferência de nitrogênio para a corrente sanguínea. Isto amplia a concentração de NUS e, conseqüentemente, a perda urinária de nitrogênio total e ureico (Tabela 5).

Contudo, a despeito da ampliação nas perdas, observou-se efeito linear positivo sobre o BN e sobre BNR, o que indica que o aumento na eficiência de utilização do nitrogênio foi mais proeminente que as perdas causadas pelo fornecimento de suplementos. As estimativas de NMIC foram ampliadas linearmente pelo fornecimento de suplementos (Tabela 5), o que implica em aumento no fornecimento de proteína metabolizável (PM) para o animal. Contudo, considerando-se que nem todo nitrogênio microbiano está na forma de proteína verdadeira e que esta proteína não seria totalmente aproveitada pelos processos de digestão intestinal, pode ser percebido que o aumento no suprimento de NMIC não pode responder totalmente pelo aumento na deposição de nitrogênio no organismo animal. Comportamento similar foi relatado por Costa et al. (2011c), Rufino (2011) e Batista (2012).

Incrementos no desempenho nutricional animal com o uso de suplementos têm sido atribuídos a melhorias no status de nitrogênio no organismo animal (Egan, 1965a; Egan & Moir, 1965; Kempton et al., 1976). Em termos teóricos, o termo status de nitrogênio ou status de proteína define a disponibilidade quantitativa e qualitativa de compostos nitrogenados para todas as funções fisiológicas no metabolismo animal, incluindo-se as funções associadas com o metabolismo de outros compostos (e.g., energia). Portanto, o status de nitrogênio constitui um

termo relativo que dependerá do nível de produção e estágio fisiológico do animal, os quais definirão os requerimentos de compostos nitrogenados (Detmann et al., 2013).

Levando-se em consideração o conceito de status de nitrogênio, pode ser estabelecido que os compostos nitrogenados disponíveis para o metabolismo animal seriam utilizados para diferentes funções metabólicas seguindo-se uma ordem de prioridade, a saber: sobrevivência, manutenção e produção (crescimento, reprodução, etc). Portanto, deposições de nitrogênio na forma de tecidos corporais ou produtos somente ocorreriam depois de supridas as demandas por compostos nitrogenados com maior prioridade (Detmann et al., 2013).

Uma das funções metabólicas de maior prioridade é a reciclagem de nitrogênio para o trato gastrointestinal. Esta assertiva mostra-se plausível considerando-se que um suprimento contínuo de nitrogênio para o crescimento microbiano no rúmen deve ser visto como estratégia de sobrevivência (Egan, 1965b; Van Soest, 1994).

Sob suprimento deficiente de nitrogênio, o animal reduz a excreção urinária de nitrogênio e incrementa a fração do nitrogênio dietético que é reciclada ao ambiente ruminal (Hennessy & Nolan, 1988). Se a deficiência de nitrogênio se torna mais severa, o animal pode ampliar a mobilização de tecido para sustentar a massa de nitrogênio reciclada (NRC, 1985; Rufino, 2011). Contudo, considerando-se uma situação alimentar na qual não haja deficiência dietética proeminente de compostos nitrogenados, a quantidade de nitrogênio reciclada ao ambiente ruminal mantém-se relativamente constante (Marini & Van Ambourgh, 2003; Maltby et al., 2005; Reynolds & Kristensen, 2008). Portanto, haverá menor deposição de nitrogênio na forma de tecidos sob baixas concentrações dietéticas de compostos nitrogenados devido ao fato de uma maior percentagem do nitrogênio ingerido ser direcionada para reciclagem e, como consequência, menor percentagem do nitrogênio estará disponível para produção.

As questões relacionadas às prioridades metabólicas dos compostos nitrogenados podem ser percebidas, ao menos em parte, a partir da avaliação do BNRU. Na ausência de suplementação, estimativa negativa de BNRU foi obtida (Tabela 5), o que concorda com os resultados obtidos por diversos autores em condições tropicais (Costa et al., 2011a; 2011c; Rufino, 2011; Batista, 2012). Isto significa que o fluxo de nitrogênio para o abomaso é superior ao consumo de nitrogênio. Nestes casos, existirá maior dependência dos eventos de reciclagem para prover suprimento adequado de nitrogênio no ambiente ruminal. Isto acarretará em redução da eficiência de utilização da PM para ganho e, em alguns casos, em elevação da taxa de quebra de proteína muscular para o suprimento das demandas de nitrogênio de maior prioridade (Costa et al., 2011b; Rufino, 2011; Detmann et al., 2013).

Em condições tropicais, o BNR está positivamente associado à disponibilidade de nitrogênio (concentração dietética de PB e concentração de NAR), mas não sofre influência direta da digestibilidade da dieta (Detmann et al., 2013). Este comportamento indica que a deficiência dietética de nitrogênio é a causa da falta de equilíbrio no ambiente ruminal concernente ao balanço de nitrogênio, o que pode ser contornado pela utilização de proteína suplementar (Costa et al., 2011b; Lazzarini, 2011), corroborando os resultados aqui obtidos (Tabela 5).

Assim, considerando que a eficiência de utilização do nitrogênio está mais fortemente associada ao suprimento de nitrogênio, esta será então ampliada pela melhoria no status de nitrogênio no organismo animal (Detmann et al., 2013). Assim, elevar-se-á a proporção do nitrogênio total que é utilizada para fins anabólicos e a eficiência global de utilização da PM. Segundo Detmann et al. (2013), a hipótese de que a eficiência de uso do nitrogênio é ampliada pela melhoria no status de nitrogênio parece ser muito mais provável do que qualquer efeito direto do suprimento de PM via suplementos, pois incrementos nesta eficiência têm sido obtidos

com o fornecimento de fontes nitrogenadas proteicas ou não-proteicas (Egan & Moir, 1965; Costa et al., 2011c).

Conclusão

A suplementação proteica em bovinos manejados em pastagens durante o período de transição seca-águas não afeta o consumo voluntário de pasto. Observa-se, contudo, ampliação no balanço de compostos nitrogenados e na eficiência de uso do nitrogênio como possível reflexo de melhorias do status de nitrogênio no organismo animal.

Referências Bibliográficas

- ACEDO, T.S.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; SALES, M.F.L.; PORTO, M.O. Fontes protéicas em suplementos para novilhos no período de transição seca-águas: características nutricionais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, p.895-904, 2011.
- BATISTA, E.D. **Suplementação nitrogenada ruminal e/ou abomasal em bovinos alimentados com forragem tropical de alta qualidade**. 2012. 62f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, 2012.
- CARVALHO, I.P.C.; DETMANN, E.; MANTOVANI, H.C.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; COSTA, V.A.C.; GOMES, D.I. Growth and antimicrobial activity of lactic acid bacteria from rumen fluid according to energy or nitrogen source. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1260-1265, 2011.

- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C.; HENRIQUES, L.T.; FREITAS, S.G.; PAULINO, M.F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.335-342, 2008.
- CECAVA, J.M.; MERCHEN, N.R.; GAY, L.C.; BERGER, L.L. 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.
- CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; CHIZZOTTI, F.H.M.; CAMPOS, J.M.S.; MARCONDES, M.I.; FONSECA, M.A. Consumo, digestibilidade e excreção de uréia e derivados de purinas em novilhas de diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1813-1821, 2006.
- COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F.; HENRIQUES, L.T.; MANTOVANI, H.C. Degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro de forragem tropical de alta qualidade em função da suplementação com proteína e/ou carboidratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1803-1811, 2009.
- COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T.; CARVALHO, I.P.C.; VALENTE, T.N.P. Consumo e dinâmica ruminal da fibra em detergente neutro em bovinos em pastejo no período das águas recebendo suplementação com nitrogênio não protéico e/ou proteína verdadeira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2805-2814, 2011a.
- COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; CARVALHO, I.P.C.; MONTEIRO, L.P. Consumo e digestibilidade em bovinos em pastejo durante o período das águas sob suplementação com fontes de compostos nitrogenados e de carboidratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1788-1798, 2011b.

- COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T.; CARVALHO, I.P.C. Digestibilidade total e parcial e balanço nitrogenado em bovinos em pastejo no período das águas recebendo suplementos com nitrogênio não protéico e/ou proteína verdadeira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2815-2826, 2011c.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, p.980-984, 2010.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VALADARES FILHO, S.C.; LANA, R.P.; QUEIROZ, D.S. Suplementação de novilhos mestiços durante a época das águas: parâmetros ingestivos e digestivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1340-1349, 2001.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; CECON, P.R.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S.; GONÇALVES, L.C.; VALADARES, R.F.D. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante 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, 2005a.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; CECON, P.R.; VALADARES FILHO, S.C.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S.; LEÃO, M.I.; LANA, R.P.; PONCIANO, N.J. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante o período de transição seca/águas: Consumo voluntário e trânsito de partículas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1371-1379, 2005b.

- 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: DZO-UFV, 2008. p.21-52.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; MANTOVANI, H.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SAMPAIO, C.B.; SOUZA, M.A.; LAZZARINI, I.; DETMANN, K.S.C. Parameterization of ruminal fiber degradation in low-quality tropical forage using *Michaelis-Menten* kinetics. **Livestock Science**, v.126, p.136-146, 2009.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Otimização do uso de recursos forrageiros basais. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 7, 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2010. p.191-240.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. (Eds.) **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p.
- DETMANN, E.; VALENTE, E.E.L.; BATISTA, E.D.; HUHTANEN, P. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. **Livestock Science**, 2013 (submitted).
- EL-SHAZLY, K.; DEHORITY, B.A.; JOHNSON, R.R. Effect of starch on the digestion of cellulose *in vitro* and *in vivo* by rumen microorganisms. **Journal of Animal Science**, v.20, p.268-273, 1961.
- ELLIS, W.C.; MATIS, J.H.; HILL, T.M.; MURPHY, M.R. Methodology for estimating digestion and passage kinetics of forages. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage quality evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.

- EGAN, A.R. Nutritional status and intake regulation in sheep. III. The relationship between improvement of nitrogen status and increase in voluntary intake of low-protein roughages by sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.16, 463-472, 1965a.
- EGAN, A.R. The fate and effects of duodenally infused casein and urea nitrogen in sheep fed on a low-protein roughage. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.16, p.169-177, 1965b.
- EGAN, A.R.; MOIR, R.J. Nutritional status and intake regulation in sheep. I. Effects of duodenally infused single doses of casein, urea, and propionate upon voluntary intake of a low-protein roughage by sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.16, p.437-449, 1965.
- FIGUEIRAS, J.F.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALENTE, T.N.P.; VALADARES FILHO, S.C.; LAZZARINI, I. Intake and digestibility in cattle under grazing supplemented with nitrogenous compounds during dry season. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1303-1312, 2010.
- FORBES, J.M. The multifactorial nature of food intake control. **Journal of Animal Science**, v.81, p.E139-E144, 2003. (Electronic Supplement 2)
- HENNESSY, D.W.; NOLAN, J.V. Nitrogen kinetics in cattle fed a mature subtropical grass hay with and without protein meal supplementation. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.39, p.1135-1150, 1988.
- HESS, B.W.; KRYSL, L.J.; JUDKINS, M.B.; HOLCOMBE, D.W.; HESS, J.D., HANKS, D.R.; HUBER, S.A. Supplemental cracked corn or wheat bran for steers grazing endophyte-free fescue pasture: Effects on live weight gain, nutrient quality, forage intake, particulate and fluid kinetics, ruminal fermentation, and digestion. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1116-1125, 1996.

- HUHTANEN, P. The effects of intraruminal infusions of sucrose and xylose on the nitrogen and fiber digestion in the rumen of cattle receiving diets of grass silage and barley. **Journal of Agriculture Science in Finland**, v.59, p.101-120, 1987.
- ILLIUS, A.W.; JESSOP, N.S. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.74, p.3052-3062, 1996.
- KRYSL, L.J.; BRANINE, M.E.; CHEEMA, A.U.; FUNK, M.A.; GALYEAN, M.L. Influence of soybean meal and sorghum grain supplementation on intake, digesta kinetics, ruminal fermentation, site and extent of digestion and microbial protein synthesis in beef steers grazing blue grama rangeland. **Journal of Animal Science**, v.67, p.3040-3051, 1989.
- KEMPTON, T.J.; NOLAN, J.V.; LENG, R.A. Principles for the use of non-protein nitrogen and by-pass protein in diets of ruminants. **World Animal Review**, v.22, p.2-10, 1976.
- LAZZARINI, I. **Desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante os períodos de seca e águas suplementados com compostos nitrogenados e/ou amido**. 2011. 66f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- LEÃO, M.I. **Metodologias de coletas de digestas omasal e abomasal em novilhos submetidos a três níveis de ingestão: consumo, digestibilidade e produção microbiana**. 2002. 57f. Tese (Doutorado em Ciência Animal), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.
- MALTBY, S.A.; REYNOLDS, C.K.; LOMAX, M.A.; BEEVER, D.E. Splanchnic metabolism of nitrogenous compounds and urinary nitrogen excretion in steers fed alfalfa under conditions of increased absorption of ammonia and L-arginine supply across the portal-drained viscera. **Journal of Animal Science**, v.83, p.1075-1087, 2005.
- MARINI, J.C.; Van AMBURGH, M.E. Nitrogen metabolism and recycling in Holstein heifers. **Journal of Animal Science**, v.81, p.545-552, 2003.

- MOULD, F.L.; ØRSKOV, E.R.; MANN, S.O. Associative effects of mixed feeds. 2. The effect of dietary additions of bicarbonate salts on the voluntary intake and digestibility of diets containing various proportions of hay and barley. **Animal Feed Science and Technology**, v.10, p.15-25, 1983.
- MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; MORAES, K.A.K. Níveis de proteína em suplementos para novilhos mestiços em pastejo durante o período de transição seca/águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.2135-2143, 2006.
- NASCIMENTO, M.L.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PORTO, M.O.; SALES, M.F.L. Fontes de energia em suplementos múltiplos para recria de novilhos mestiços em pastejo durante o período de transição seca/águas: desempenho produtivo e características nutricionais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1121-1132, 2009.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Ruminant nitrogen usage**. Washington, DC: Academic Press, 1985. 138 p.
- ØRSKOV, E.R. **Nutrición proteica de los ruminantes**. Zaragoza: Editora Acribia, 1988. 178p.
- PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALENTE, E.E.L.; BARROS, L.V. Nutrição de bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 4, 2008, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2008. p.131-169.
- REGAZZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e identidade de modelos de regressão não-linear. **Ceres**, v.50, p.9-26, 2003.
- REYNOLDS, C.K.; KRISTENSEN, N.B. Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy of ruminants: an asynchronous symbiosis. **Journal of Animal Science**, v.86, p.E293-E305, 2008. (Electronic Supplement)

- ROOKE, J.A.; LEE, N.H.; ARMSTRONG, D.G. The effects of intraruminal infusions of urea, casein, glucose syrup and a mixture of glucose syrup and casein on nitrogen digestion in the rumen of cattle receiving grass silage diets. **British Journal of Nutrition**, v.57, p.89-98, 1987.
- RUFINO, L.M.A. **Suplementação nitrogenada ruminal e/ou abomasal em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade**. 2011. 44f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- SAMPAIO, C.B.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.A.; LAZZARINI, I.; PAULINO, P.V.R.; QUEIROZ, A.C. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Tropical Animal Health and Production**, v.42, p.1471-1479, 2010.
- SALES, M.F.L.; PAULINO, M.P.; VALADARES FILHO, S.C.; FIGUEIREDO, D.M.; PORTO, M.O.; DETMANN, E. Supplementation levels for growing beef cattle grazing in the dry-rainy transition season. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.904-911, 2011.
- UDÉN, P.; COLUCCI, P.E.; Van SOEST, P.J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v.31, p.625-632, 1980.
- 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.
- Van MILGEN, J.; MURPHY, L.L.; BERGER, L.L. A compartmental model to analyze ruminal digestion. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.2515-2529, 1991.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

ZERVOUDAKIS, J.T.; PAULINO, M.F.; CABRAL, L.S.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; MORAES, E.H.B.K. Suplementos múltiplos de autocontrole de consumo na recria de novilhos no período das águas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1968-1973, 2008.

ZORZI, K.; DETMANN, E.; QUEIROZ, A.C.; PAULINO, M.F.; MANTOVANI, H.C.; BAYÃO, G.F. *In vitro* degradation of neutral detergent fiber of high-quality tropical forage according to supplementation with different nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.964-971, 2009.

Capítulo 2

Desempenho Nutricional de Bovinos em Pastejo Durante o Período das Águas Recebendo Suplementos com Diferentes Concentrações de Proteína

Introdução

A maioria dos sistemas de produção de bovinos de corte em regiões tropicais está baseada na utilização de gramíneas tropicais como recursos forrageiros basais, pois estas são capazes de prover substratos energéticos de baixo custo, principalmente a partir dos carboidratos fibrosos (Paulino et al., 2008). Contudo, as gramíneas tropicais raramente podem ser consideradas como dieta equilibrada para animais em pastejo, pois estas irão exibir invariavelmente uma ou mais limitações nutricionais que causarão restrições sobre o consumo de pasto, a digestão da forragem ou a metabolizabilidade dos substratos absorvidos. Desta forma, demanda-se a identificação das principais limitações nutricionais do pasto para se evitar entraves à produção animal. Depois de identificadas, as deficiências nutricionais poderão ser reduzidas ou eliminadas utilizando-se programa adequado de suplementação, o que resultará em incremento no desempenho dos animais e na eficiência do sistema de produção (Detmann et al., 2010; 2013).

Durante a estação chuvosa (época das águas) as gramíneas tropicais sob pastejo exibem intenso crescimento e a forragem produzida possui valor nutritivo superior ao observado durante a época seca. Contudo, a despeito da maior produção animal, a utilização da forragem basal durante a época das águas não deve ser vista como otimizada, pois existe um ganho potencial (ganho latente) de aproximadamente 200 g/animal/dia que pode ser obtido com o uso de

suplementos (Poppi & McLennan, 1995; Paulino et al., 2008). Segundo Detmann et al. (2010), a avaliação dos pastos tropicais durante o período chuvoso indica que há um desequilíbrio na relação proteína:energia, com excesso relativo de energia. Isso indica diretamente que os programas de suplementação a serem utilizados neste período deveriam focar prioritariamente o estabelecimento de equilíbrio dietético que envolvesse a elevação da concentração dietética de proteína para que o excedente relativo de substratos energéticos da forragem pudesse ser transformado em produto animal. Desta forma, a suplementação na época das águas deveria ser centrada em características essencialmente proteicas.

Suplementos proteicos têm sido amplamente utilizados no manejo de animais em pastejo durante o período das águas (Figueiredo et al., 2008; Porto et al., 2009; Costa et al., 2011a). Isto tem caracterizado mudança de foco no uso de suplementação e no tipo dos suplementos, uma vez que suplementos energéticos vinham sendo amplamente utilizados neste período, mas ocasionando incrementos não otimizados sobre os desempenhos nutricional e produtivo dos animais (Detmann et al., 2010).

Contudo, avaliações comparativas dos efeitos nutricionais e metabólicos em animais em pastejo recebendo suplementação proteica ou energética ainda são escassas em condições brasileiras.

Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos do fornecimento de suplementos com diferentes concentrações de proteína para bovinos em pastejo durante o período das águas sobre o consumo, a digestibilidade, as dinâmicas de trânsito e degradação ruminal dos compostos fibrosos e sobre aspectos do metabolismo dos compostos nitrogenados.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no setor de Bovinocultura de Corte do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, entre Janeiro e Março de 2010, período que compreendeu a estação das águas. Os dados climáticos relativos aos meses de execução do experimento são apresentados na Figura 1.

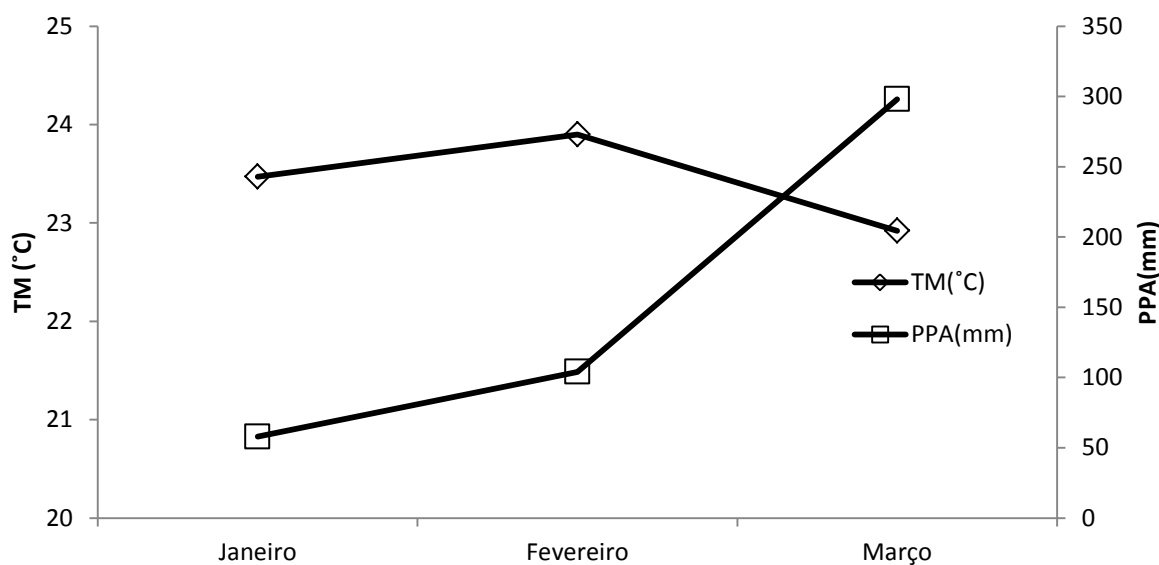


Figura 1- Precipitação pluviométrica acumulada (PPA) e temperatura média (TM) em função dos meses de realização do experimento (Fonte: Departamento de Engenharia Agrícola - UFV).

Foram utilizados cinco novilhos F1 Holandês × Zebu, não castrados, com peso corporal (PC) médio inicial de 296 ± 14 kg, fistulados no rúmen e abomaso, mantidos em piquetes individuais (0,34 ha) cobertos com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.), mantendo-se taxa de lotação média durante o experimento de 1.93 UA/ha. Os animais tiveram acesso a água

em bebedouros individuais e a mistura mineral em cochos cobertos. De forma anexa aos piquetes, localiza-se o curral para o manejo dos animais, no qual se realizavam coletas de fezes, urina, conteúdo ruminal, digesta abomasal e sangue, entre outras práticas de manejo.

Os cinco tratamentos avaliados foram: controle (somente mistura mineral) e suplementos formulados para conterem 0, 330, 670 e 1000 g de proteína bruta (PB)/kg de matéria natural fornecidos diariamente na proporção de 1 g de matéria natural de suplemento/kg PC.

O suplemento contendo 0 g PB/kg de matéria natural foi composto exclusivamente por amido de milho (Amisol 3408®, Corn Products Co). O suplemento contendo 1000 g PB/kg de matéria natural foi composto por farelo de soja (740 g/kg) e por mistura ureia: sulfato de amônio (9:1; 260 g/kg). Os suplementos contendo teores proteicos de 330 e 670 g/kg foram compostos pela substituição de 1/3 e 2/3 do amido pelo concentrado proteico.

A quantidade de suplemento fornecido foi calculada com base no PC dos animais ao início de cada período experimental. Os suplementos foram infundidos no rúmen dos animais às 12h00 de cada dia durante todo o período experimental.

O experimento foi estruturado e conduzido segundo delineamento em quadrado latino 5 × 5, com cinco tratamentos, cinco animais e cinco períodos experimentais, com duração de 16 dias cada. Os cinco primeiros dias de cada período experimental foram destinados à adaptação dos animais aos suplementos.

No primeiro dia de cada período experimental quantificou-se a massa de forragem em cada piquete por intermédio do corte rente ao solo de cinco áreas delimitadas por um quadrado de dimensões 0,5 × 0,5 m, selecionadas ao acaso em cada piquete (Figura 2). Foram retiradas alíquotas de cada amostra coletada, sendo confeccionadas amostras compostas para cada piquete, as quais foram secas sob ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (1 e 2 mm)

e acondicionadas em recipientes de polietileno. Posteriormente, procedeu-se à quantificação do teor de matéria seca (MS; método INCT G-003-1; Detmann et al., 2012).

No primeiro, quinto e nono dias de cada período experimental foram obtidas amostras da forragem ingerida pelos animais por intermédio de simulação manual de pastejo. Posteriormente à coleta, estas amostras foram secas em estufa com ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (1 e 2 mm). As amostras foram posteriormente compostas, com base no peso seco ao ar, por piquete e período experimental. Amostras dos suplementos foram tomadas semanalmente.

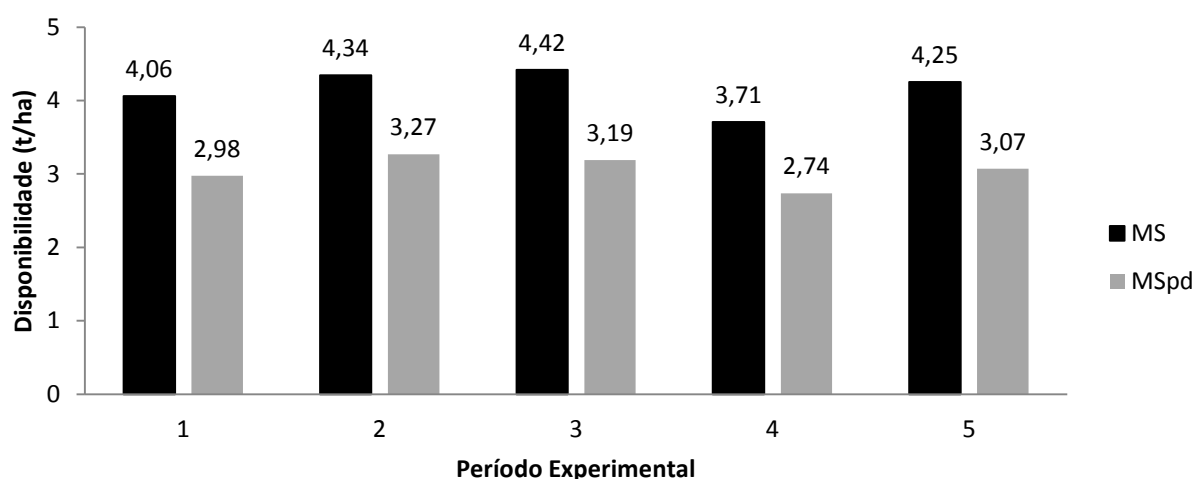


Figura 2 - Disponibilidade média de matéria seca (MS) e matéria seca potencialmente digestível (MSpd) na pastagem em função dos períodos experimentais.

Para a estimativa da excreção fecal utilizou-se dióxido de titânio como indicador externo, o qual foi fornecido na quantidade de 20 g/dia a cada animal, às 12h00, por intermédio da fistula ruminal, entre o primeiro e oitavo dias de cada período experimental. As amostras fecais e de digesta abomasal foram tomadas diretamente do reto e da cânula abomasal dos animais a partir do sexto dia de cada período experimental de acordo com a distribuição: sexto dia - 8h00 e

14h00; sétimo dia - 10h00 e 16h00; e oitavo dia -12h00 e 18h00. 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 de fezes e de digesta abomasal, com base no peso seco ao ar, por animal e período experimental.

Para avaliação do pH, da concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) e da concentração de ácidos graxos voláteis (AGV; acético, propiônico e butírico), foram realizadas coletas de líquido ruminal no nono dia de cada período experimental. As amostras foram coletadas manualmente às 6h00, 12h00, 18h00 e 24h00 na interface líquido:sólido do ambiente ruminal, filtradas por uma camada tripla de gaze e submetidas à avaliação imediata do pH utilizando-se potenciômetro digital. Posteriormente, foram tomadas duas alíquotas. A primeira alíquota de 40 mL foi fixada com 1 mL de H₂SO₄ (1:1) e congelada (-20°C) para posterior quantificação da concentração de NAR. A segunda alíquota de 10 mL foi mantida sob refrigeração. Ao final do período de coletas, as quatro alíquotas foram combinadas, fixadas com 10 mL de solução de ácido metafosfórico (200 g/L) e congeladas (-20°C) para a quantificação da concentração de AGV.

O procedimento para isolamento de microrganismos ruminais a partir de amostras de conteúdo ruminal foi realizado no nono dia do período experimental, sendo a primeira coleta às 12h00 e a segunda às 18h00 seguindo-se os procedimentos descritos por Cecava et al. (1990). As coletas obtidas nos dois horários foram combinadas por animal.

Do décimo ao décimo sexto dia do período experimental foram realizados os procedimentos para avaliação da cinética de trânsito gastrointestinal de líquidos e de partículas fibrosas, ambos baseados no fornecimento de indicador externo em dose única (Ellis et al., 1994). Para avaliação do fluxo de partículas utilizou-se como indicador externo o cromo mordente à fibra (Udén et al., 1980). A base fibrosa para a produção do indicador foi retirada de amostras de

pasto obtidas por simulação manual de pastejo no primeiro dia de cada período experimental. Para a simulação da atividade inicial de mastigação pelo animal, as amostras foram submetidas a um processo de moagem tripla em moinho de facas, sem peneira, segundo sugestões de Detmann et al. (2005). Para avaliação do fluxo de líquidos utilizou-se o complexo Co-EDTA como indicador externo (Udén et al., 1980).

Foram infundidos diretamente no rúmen de cada animal simultaneamente, 100 g de fibra mordente e 10 g de Co-EDTA às 6h00 do décimo dia de cada período experimental. As coletas fecais foram obtidas diretamente do reto dos animais em 0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108, 120 e 144 horas após o fornecimento dos indicadores. As amostras foram secas em estufa com ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (1 mm).

A partir do nono dia do período experimental foi conduzido procedimento de incubação *in situ* para avaliação da dinâmica de degradação ruminal da fibra em detergente neutro (FDN) da forragem. As amostras utilizadas foram obtidas por simulação manual de pastejo no primeiro dia de cada período experimental, secas sob ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (2 mm). O material foi acondicionado em sacos de tecido não-tecido (TNT; 100 g/m²) com dimensões 4 × 5 cm na proporção de 20 mg MS/cm² de superfície (Casali et al., 2008). As amostras foram incubadas em duplicata para cada tempo de incubação no rúmen dos animais. Empregaram-se os seguintes tempos de incubação: 0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 96, 120 e 144 horas. Os sacos foram dispostos em ordem reversa no tocante aos tempos de incubação, de forma a serem retirados simultaneamente, sendo então lavados em água corrente e secos sob ventilação forçada (60°C).

No décimo sexto dia de cada período experimental foram realizadas coletas de urina, na forma de amostra *spot*, em micção espontânea dos animais, 2 horas antes e 4 horas após o fornecimento dos suplementos. As amostras coletadas foram filtradas em gaze e alíquotas de 10

mL foram separadas e diluídas com 40 mL de ácido sulfúrico (0,036 N) e congeladas (-20°C) para posterior quantificação das concentrações de nitrogênio total, creatinina e ureia.

Simultaneamente às coletas de urina foram feitas coletas de sangue via veia jugular, utilizando tubos com vácuo e gel acelerador de coagulação (BD Vacutainer® SST II Advance). As amostras de sangue foram imediatamente centrifugadas a $2.700 \times g$ por 20 minutos e alíquotas de soro foram congeladas (-20°C) para posterior quantificação da concentração de nitrogênio ureico (NUS).

As amostras de forragem obtidas por simulação manual de pastejo, fezes, digesta abomasal e suplementos (processadas a 1 mm) foram avaliadas quanto aos teores de MS (método INCT-CA G-003/1), matéria orgânica (MO; método INCT-CA M-001/1), PB (método INCT-CA N-001/1), extrato etéreo (EE; método INCT-CA G-005/1), FDN corrigida para cinzas e proteína (FDN_{cp}; utilizando-se α -amilase termoestável e omitindo-se o uso de sulfito de sódio; método INCT-CA F-002/1) e lignina (obtida pela solubilização da celulose após extração com detergente ácido; método INCT-CA F-005/1) de acordo com os métodos analíticos definidos pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal (INCT-CA; Detmann et al., 2012; Tabela 1).

Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos segundo Detmann & Valadares Filho (2010):

$$CNF = 1000 - [MM + EE + FDN_{cp} + PB - P Bu + U] \quad (1);$$

em que: CNF = teor de carboidratos não fibrosos; MM = teor de matéria mineral; EE = teor de extrato etéreo; FDN_{cp} = teor de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; PB = teor de proteína bruta; P Bu = teor de proteína bruta oriunda da ureia; e U = teor de ureia. Todos os termos são expressos como g/kg MS.

As amostras fecais referentes à avaliação de consumo foram avaliadas quanto aos teores de dióxido de titânio segundo método colorimétrico INCT-CA M-007/1 (Detmann et al., 2012). A excreção fecal foi estimada por intermédio da relação entre dose e concentração fecal do indicador externo.

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

Item	Suplementos ⁴		Pasto ^{5, 6}
	Proteico	Amido	
MS ¹	871,0	895,2	256,4±0,81
MO ²	956,0	999,5	921,2±0,24
PB ²	1256,0	0,0	122,5±0,51
PDR ³	886,0 ⁷	0,0	---
FDNcp ²	63,8	0,0	577,1±0,95
CNF ²	101,0	996,2	205,8±0,72
PIDN ³	5,3	0,0	208,9±1,65
Lignina ²	11,4	0,0	31,5±0,13
FDNi ²	14,8	0,0	171,3±0,65

¹/g/kg de matéria natural. ²/g/kg MS. ³/ g/kg PB. ⁴ / Proteico = farelo de soja + ureia + sulfato de amônio. ⁵/ Amostras obtidas por simulação manual de pastejo. ⁶/ Média ± erro-padrão da média. ⁷/ Valor estimado segundo valores constantes na base de dados CQBAL 3.0.

As estimativas de consumo de forragem foram obtidas utilizando-se a FDN indigestível (FDNi) como indicador interno, quantificadas por procedimentos de incubação *in situ* por 288 horas nas amostras processadas a 2 mm utilizando-se sacos de TNT (método INCT-CA F-008/1; Detmann et al., 2012).

O consumo foi estimado segundo a equação:

$$CMS = \left[\frac{EF \times CIFz - CMSSup \times CISup}{CIFor} \right] + CMSSu \quad (2);$$

em que: CMS = consumo de MS (g/dia); EF = excreção fecal (g/dia); CIFz = concentração de FDNi nas fezes (g/g); CMSSup = consumo de MS de suplemento (g/dia); CISup = concentração de FDNi no suplemento (g/g); e CIFor = concentração de FDNi na forragem (g/g).

As estimativas de fluxo abomasal de MS foram obtidas pela relação entre consumo e concentração abomasal de FDNi.

As amostras de forragem relativas à avaliação de disponibilidade foram avaliadas quanto aos teores de MS, FDN (sem correções para cinzas e proteína) e FDNi, como previamente descrito. A fração da MS potencialmente digestível (MSpd) na forragem disponível foi estimado segundo Paulino et al. (2008):

$$MSpd = 0,98 \times \left(1000 - FDN \right) + \left(FDN - FDNi \right) \quad (3);$$

em que: MSpd = teor de MS potencialmente digestível na forragem (g/kg MS); e FDN e FDNi = teores de FDN e FDNi na forragem, respectivamente (g/kg MS).

As avaliações das concentrações fecais de cromo e cobalto foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica após a abertura das amostras por digestão em ácidos nítrico e perclórico (método INCT-CA M-005/1; Detmann et al., 2012).

A concentração de NAR no líquido ruminal foi quantificada pela técnica colorimétrica adotada pelo INCT-CA (método N-006/1; Detmann et al., 2012). As concentrações obtidas nos diferentes tempos de amostragem foram combinadas por animal, 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 análises de AGV foram realizadas por cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC), utilizando-se cromatógrafo da marca Shimadzu, modelo SPD-10A VP acoplado a detector ultravioleta (UV), utilizando-se comprimento de ondas de 210 nm. Utilizou-se coluna C18 (fase reversa) da marca Shimadzu com medidas 30 cm × 4,5 mm de diâmetro, fluxo de 0,8 mL/minuto sob pressão de 24 kgf. Utilizou-se fase móvel de água com 10 g/L de ácido ortofosfórico.

As amostras de microrganismos ruminais foram avaliadas quanto aos seus teores de MS e PB, conforme descrito anteriormente, e bases púricas, segundo procedimentos descritos por Ushida et al. (1985). As bases púricas foram utilizadas como indicador para avaliação do fluxo abomasal de material de origem microbiana.

As amostras de urina, depois de descongeladas, foram compostas por animal e período experimental e analisadas quanto aos teores de ureia, segundo método enzimático-colorimétrico (Bioclin® K047); creatinina, segundo o método de Jaffé modificado (Bioclin® K016-1); e nitrogênio total, segundo o método de Kjeldahl (Detmann et al., 2012). As amostras de soro sanguíneo, após descongelamento, foram analisadas quanto aos teores de ureia como descrito para as amostras de urina.

O volume total urinário foi avaliado por intermédio da relação entre concentração de creatinina na urina a sua excreção por unidade de PC segundo proposições de Chizzotti et al. (2006).

Os parâmetros de cinética de trânsito de líquidos e sólidos foram estimados por intermédio do ajustamento às curvas de excreção fecal dos indicadores do modelo $\Gamma(2)$ tempo-dependente descrito por Ellis et al. (1994):

$$C_t = Z \times \left(1 - e^{-\gamma \times t} \right) \times \exp \left[-\gamma \times \left(1 - e^{-\tau} \right) \right] \quad (4);$$

em que: C_t = concentração fecal do indicador no tempo “t”(ppm); t = tempo após o fornecimento do indicador (h); γ = parâmetro taxa tempo-dependente relativo ao fluxo ruminal de partículas fibrosas ou de líquidos (h^{-1}); Z = parâmetro sem interpretação biológica direta (ppm× h); e τ = tempo decorrido entre a aplicação e o aparecimento do indicador nas fezes (h).

O tempo médio de retenção no rúmen-retículo foi estimado pela equação (Ellis et al., 1994):

$$TMRR = \frac{2}{\gamma} \quad (5);$$

em que: TMRR = tempo médio de retenção rúmen-retículo (h).

Os resíduos de degradação ruminal foram analisados quanto ao teor de FDN em aparelho analisador de fibras (Ankom²²⁰®). Os perfis de degradação da FDN foram interpretados por intermédio do modelo logístico descrito por Van Milgen et al. (1991):

$$R_t = B \times \left(1 + \lambda \times t \right) \times \exp \left(-\lambda \times t \right) + I \quad (6);$$

em que: R_t = resíduo não degradado de FDN no tempo “t” (g/100 g); B = fração potencialmente degradável (g/100 g); I = fração indegradável (g/100 g); e λ = taxa fracional de latência e degradação (h^{-1}).

Os procedimentos estatísticos lineares foram conduzidos por intermédio do procedimento MIXED do SAS (*Statistical Analysis System*, versão 9.2), adotando-se 0,10 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I. Após a análise de variância procedeu-se à decomposição ortogonal da soma de quadrados para tratamentos em quatro contrastes ortogonais: o primeiro relativo à comparação entre tratamento controle e tratamentos envolvendo suplementação; os três restantes foram definidos pelos efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica relativos à concentração de PB nos suplementos.

Para o ajustamento não lineares relativos às equações (4) e (6) utilizou-se o algoritmo iterativo de Gauss-Newton constante no procedimento NLIN do SAS. A comparação entre tratamentos foi realizada por intermédio da distribuição de χ^2 segundo o teste de identidade de modelos não lineares proposto por Regazzi (2003). Neste caso, avaliaram-se as diferenças globais entre todos os tratamentos. Para a cinética de trânsito, os testes supracitados foram aplicados somente aos parâmetros γ e τ , uma vez que o parâmetro Z não apresenta sentido biológico (Equação 4). Para a cinética de degradação avaliou-se somente o parâmetro λ (Equação 6), sob o pressuposto de as frações potencialmente degradável e indegradável constituírem características exclusivas do substrato (Detmann et al., 2008). Para os procedimentos não lineares adotou-se 0,10 como nível crítico de probabilidade assintótica para o erro tipo I.

Ocorreram perdas de duas parcelas experimentais, sendo uma no primeiro período (suplemento com 0 g PB/kg) e uma no quinto período (suplemento com 1000 g PB/kg). As perdas foram causadas por motivos não associados aos tratamentos.

Resultados

Os consumos (kg/dia) de MS, MS de pasto, MO, PB, FDNcp, MO digerida (MOD) e FDNcp digerida (FDND) foram, em média, incrementados ($P < 0,10$) pelo fornecimento de suplementos (Tabela 2). Adicionalmente, verificou-se efeito linear positivo ($P < 0,10$) da concentração de PB nos suplementos sobre os consumos de MS, MS de pasto, MO, PB e MOD. A variação da concentração de PB nos suplementos não afetou o consumo de FDNcp e FDND ($P > 0,10$). Nenhum efeito foi observado ($P > 0,10$) sobre o consumo de FDNi (Tabela 2).

Quando considerados os valores relativos de consumo voluntário (g/kg PC), observou-se que a suplementação incrementou ($P < 0,01$) o consumo de MS, MS de pasto, MO e FDNcp. Estas

variáveis foram também linear e positivamente afetadas ($P<0,10$) pela variação da concentração de PB nos suplementos (Tabela 2).

Tabela 2 - Médias de quadrados mínimos e desvio-padrão residual (s) para os consumos voluntários de matéria seca (MS), MS de pasto (MSP), MS de suplemento (MSSup), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), MO digerida (MOD) e FDNcp digerida (FDND) em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos ¹					S	Valor-P ²			
	Controle	0	330	670	1000		C vs S	L	Q	C
kg/dia										
MS	5,636	6,409	6,695	6,750	7,345	0,654	0,006	0,080	0,636	0,574
MSP	5,636	6,130	6,438	6,489	7,074	0,656	0,023	0,078	0,670	0,566
MSsup	--	0,270	0,257	0,261	0,257	--	--	--	--	--
MO	5,110	5,633	6,249	6,247	6,781	0,625	0,005	0,033	0,893	0,384
PB	0,757	0,706	0,840	1,054	1,224	0,132	0,014	<0,001	0,781	0,657
FDNcp	3,004	3,596	3,866	3,798	4,035	0,430	0,004	0,219	0,939	0,476
FDNi	0,984	1,100	1,107	0,999	1,168	0,123	0,110	0,736	0,197	0,147
MOD	2,818	3,070	3,714	3,921	4,254	0,557	0,009	0,014	0,581	0,629
FDND	1,718	2,133	2,513	2,517	2,533	0,419	0,008	0,225	0,389	0,655
g/kg de PC										
MS	19,0	21,6	22,9	22,5	25,4	1,9	0,001	0,025	0,423	0,220
MSP	19,0	20,7	22,0	21,7	24,5	1,9	0,007	0,024	0,427	0,218
MO	17,2	18,9	21,4	20,8	23,5	1,8	0,001	0,009	0,897	0,124
FDNcp	10,1	12,1	13,3	12,7	14,1	1,4	0,001	0,094	0,900	0,194

^{1/} Controle = sem suplementação; 0, 330, 670 e 1000 = concentração de proteína bruta nos suplementos com base na matéria natural. ^{2/} C vs S = comparação entre controle (sem suplementação) e tratamentos com o fornecimento de suplementos; L, Q e C = efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica em função da concentração de proteína nos suplementos.

A suplementação não alterou ($P>0,10$) os coeficientes de digestibilidade total da MO e da PB e a concentração dietética de MOD em relação ao controle, mas elevou ($P<0,05$) o coeficiente

de digestibilidade total da FDNcp. O aumento na concentração de PB nos suplementos refletiu em efeito linear positivo ($P<0,10$) sobre os coeficientes de digestibilidade total da MO e PB e afetou de forma quadrática ($P<0,10$) a digestibilidade total da FDNcp e a concentração dietética de MOD. Para estas duas variáveis, o efeito quadrático está associado a um pequeno decréscimo nas estimativas com a concentração de 1000 g PB/kg em relação a 670 g PB/kg (Tabela 3).

O fornecimento de suplementos não incrementou, em média, os coeficientes de digestibilidade ruminal da MO, PB e FDNcp em relação ao controle, sem suplementação ($P<0,10$). No entanto, o aumento na concentração de PB nos suplementos refletiu em efeito linear positivo ($P<0,02$) sobre o coeficiente de digestibilidade ruminal da MO e da PB. Adicionalmente, efeito quadrático da concentração de PB nos suplementos somente foram verificados ($P<0,05$) para o coeficiente de digestibilidade ruminal da FDNcp (Tabela 3).

Nenhum efeito foi verificado ($P>0,10$) sobre os coeficientes de digestibilidade intestinal (Tabela 3).

Em média, o fornecimento de suplementos decresceu ($P<0,01$) o pH ruminal. Adicionalmente, observou-se efeito cúbico ($P<0,02$) dos níveis de PB nos suplementos sobre esta variável (Tabela 4). A inspeção das médias de tratamentos indica que houve queda no pH ruminal com a substituição do suplemento protéico por amido.

O fornecimento de suplementos incrementou ($P<0,01$) a concentração de NAR, a qual se alterou de forma linear e positiva ($P<0,01$) em função da concentração de PB nos suplementos (Tabela 4).

A concentração total de AGV no líquido ruminal foi reduzida com o fornecimento de suplementos ($P<0,03$). Adicionalmente, a alteração na concentração de PB nos suplementos causou efeito de ordem quadrática ($P<0,10$) sobre esta variável, com redução mais acentuada para as concentrações intermediárias de PB (330 e 670 g/kg).

Tabela 3 - Médias de quadrados mínimos e desvio-padrão residual (s) para os coeficientes de digestibilidade (g/g) total, ruminal e intestinal da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e concentração dietética de matéria orgânica digerida (MOD; g/kg MS) em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos ¹					s	Valor- P ²			
	Controle	0	330	670	1000		C vs S	L	Q	C
	Total									
MO	0,552	0,530	0,592	0,616	0,608	0,057	0,265	0,069	0,229	0,949
PB	0,613	0,587	0,637	0,700	0,735	0,067	0,158	0,007	0,820	0,784
FDNcp	0,573	0,586	0,649	0,655	0,632	0,048	0,041	0,224	0,099	0,777
MOD	501	466	553	570	563	53	0,190	0,027	0,097	0,684
	Ruminal ³									
MO	0,353	0,332	0,379	0,441	0,443	0,062	0,178	0,018	0,476	0,569
PB	0,323	0,245	0,352	0,459	0,500	0,123	0,317	0,010	0,583	0,789
FDNcp	0,584	0,558	0,645	0,678	0,646	0,053	0,105	0,034	0,041	0,904
	Intestinal ³									
MO	0,308	0,303	0,342	0,317	0,294	0,057	0,857	0,700	0,281	0,567
PB	0,433	0,432	0,442	0,446	0,589	0,051	0,632	0,416	0,898	0,854
FDNcp	-0,033	0,033	0,012	-0,070	-0,040	0,087	0,717	0,155	0,553	0,350

^{1/} Controle = sem suplementação; 0, 330, 670 e 1000 = concentração de proteína bruta nos suplementos com base na matéria natural. ^{2/} C vs S = comparação entre controle (sem suplementação) e tratamentos com o fornecimento de suplementos; L, Q e C = efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica em função da concentração de proteína nos suplementos. ^{3/} Calculado como fração do que chegou ao local da digestão.

O fornecimento de suplementos incrementou ($P < 0,02$) a proporção molar de butirato, mas não alterou ($P > 0,10$) a proporção molar de acetato e propionato ou a relação acetato:propionato no líquido ruminal. Por outro lado, as proporções molares de acetato e propionato variaram linearmente ($P < 0,10$) com a concentração de PB nos suplementos, sendo esta variação positiva

para o acetato e negativa para o propionato. Por conseguinte, observou-se efeito linear positivo ($P<0,04$) da concentração de PB nos suplementos sobre relação acetato:propionato (Tabela 4).

Tabela 4 – Médias de quadrados mínimos e desvio-padrão residual (s) para o pH ruminal, concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR; mg/dL), concentração de ácidos graxos voláteis (AGV; mmol/dL), proporções molares (mmol/100 mmol) de acetato, propionato e butirato e relação acetato:propionato (A:P) no líquido ruminal em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos ¹						Valor- P ²			
	Controle	0	330	670	1000	S	C vs S	L	Q	C
pH	6,97	6,54	6,87	6,82	6,94	0,10	0,003	0,004	0,064	0,017
NAR	7,53	7,72	9,70	11,86	14,63	0,74	<0,001	<0,001	0,294	0,788
AGV Total	6,06	5,83	5,44	5,41	5,73	0,35	0,026	0,705	0,057	0,989
Acetato	72,9	68,7	72,3	71,7	72,6	2,4	0,230	0,064	0,268	0,271
Propionato	19,2	22,4	18,9	18,9	18,2	2,1	0,688	0,020	0,190	0,355
Butirato	7,9	8,9	8,8	9,4	9,2	0,7	0,014	0,306	0,881	0,337
A:P	3,83	3,09	3,83	3,97	4,00	0,54	0,709	0,036	0,201	0,646

^{1/} Controle = sem suplementação; 0, 330, 670 e 1000 = concentração de proteína bruta nos suplementos com base na matéria natural. ^{2/} C vs S = comparação entre controle (sem suplementação) e tratamentos com o fornecimento de suplementos; L, Q e C = efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica em função da concentração de proteína nos suplementos.

O fornecimento de suplementos incrementou ($P<0,01$) a concentração de NUS, a qual se alterou de forma linear e positiva ($P<0,01$) em função da concentração de PB nos suplementos (Tabela 5).

O fornecimento de suplementos incrementou ($P<0,10$) o consumo e a excreção urinária de nitrogênio, mas não afetou a excreção fecal de nitrogênio ($P>0,10$). Adicionalmente, o consumo de nitrogênio associou-se linear e positivamente ($P<0,01$) com a concentração de PB nos suplementos. Contudo, observou-se efeito quadrático ($P<0,09$) da concentração de PB sobre a excreção urinária de nitrogênio. O efeito quadrático foi atribuído a pequena queda na excreção

observada para o suplemento com 330 g PB/kg. A excreção urinária de nitrogênio ureico seguiu a mesma tendência da excreção urinária de nitrogênio total (Tabela 4). A excreção fecal de nitrogênio não foi afetada ($P>0,10$) pela concentração de PB nos suplementos.

Tabela 5 – Médias de quadrados mínimos e desvio-padrão residual (s) para a concentração de nitrogênio ureico no soro (NUS; mg/dL), consumo de nitrogênio (CN; g/dia), excreção fecal de nitrogênio (EFN; g/dia), excreção urinária de nitrogênio (EUN; g/dia), balanço nitrogenado aparente (BN; g/dia), balanço nitrogenado relativo (BNR; g/g de nitrogênio ingerido), excreção urinária de nitrogênio uréico (EUNU; g/dia), fluxo intestinal de nitrogênio microbiano (NMIC; g/dia), e eficiência de síntese de proteína microbiana (EFM; g PB microbiana/kg de MOD) em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos ¹					S	Valor- P ²			
	Controle	0	330	670	1000		C vs S	L	Q	C
NUS	8,33	9,24	12,86	15,75	19,81	1,66	<0,001	<0,001	0,783	0,581
CN	121,2	113,0	134,5	168,6	195,8	21,1	0,014	<0,001	0,780	0,657
EFN	44,9	46,9	47,7	47,7	48,4	7,7	0,494	0,799	0,984	0,927
EUN	52,1	75,4	67,3	97,1	118,4	16,0	0,001	0,001	0,082	0,184
BN	24,1	-10,4	19,4	23,7	27,9	23,7	0,473	0,051	0,287	0,611
BNR	0,161	-0,074	0,119	0,094	0,111	0,129	0,164	0,099	0,184	0,344
EUNU	37,8	37,4	32,7	74,4	105,9	11,8	0,014	<0,001	0,037	0,107
NMIC	44,1	59,0	72,1	71,0	97,7	18,1	0,007	0,016	0,446	0,279
EFIM	98,7	122,1	123,0	132,0	151,2	44,2	0,168	0,348	0,678	0,983

^{1/} Controle = sem suplementação; 0, 330, 670 e 1000 = concentração de proteína bruta nos suplementos com base na matéria natural. ^{2/} C vs S = comparação entre controle (sem suplementação) e tratamentos com o fornecimento de suplementos; L, Q e C = efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica em função da concentração de proteína nos suplementos.

Os balanços nitrogenados aparente (BN; g/dia) e relativo (BNR; g/g nitrogênio ingerido) não foram, em média, alterados ($P>0,10$) pelo fornecimento de suplementos. Contudo, ambos

foram incrementados linearmente ($P<0,10$) com a elevação na concentração de PB nos suplementos (Tabela 5).

O fornecimento de suplementos incrementou ($P<0,01$) a produção de compostos nitrogenados no rúmen (NMIC), a qual também se alterou de forma linear e positiva ($P<0,02$) em função da concentração de PB nos suplementos. Nenhum efeito foi observado ($P>0,10$) sobre a eficiência de síntese de proteína microbiana, cujo valor médio observado foi de 125,4 g de proteína microbiana/kg MOD (Tabela 5).

As estimativas da taxa fracional de latência e degradação (λ) da FDN não foram afetadas ($P>0,33$) pelos tratamentos (Tabela 6).

Tabela 6 - Estimativas dos parâmetros da dinâmica de degradação ruminal da fibra em detergente neutro em função dos diferentes tratamentos

Tratamentos ¹	Parâmetros ²		
	B	I	λ
Controle	70,27±2,65	29,73±2,43	0,045±0,003
0	77,85±3,30	22,15±3,21	0,039±0,003
330	74,26±2,71	25,74±2,61	0,040±0,003
670	70,84±3,11	29,16±3,11	0,036±0,003
1000	71,65±3,09	28,35±2,98	0,039±0,003
Valor P ³	---	---	0,338

^{1/} Controle = sem suplementação; 0, 330, 670 e 1000 = concentração de proteína bruta nos suplementos com base na matéria natural. ^{2/} C vs S = comparação entre controle (sem suplementação) e tratamentos com o fornecimento de suplementos; L, Q e C = efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica em função da concentração de proteína nos suplementos. ^{2/} B = fração potencialmente degradável (g/100 g FDN); I = fração indegradável (g/100 g FDN); λ = taxa comum de latência e degradação (h^{-1}). ^{3/} Nível descritivo de probabilidade relativo à comparação entre tratamentos.

O trânsito ruminal de partículas fibrosas ($P>0,96$) e o fluxo ruminal de líquidos ($P>0,63$) não foram afetados pelos tratamentos. Verificou-se estimativas médias para o parâmetro taxa

tempo-dependente (γ) de 0,0292 h⁻¹, o que equivale a 68,5 horas de tempo médio de retenção no rúmen-retículo para partículas fibrosas, e de 0,0654 h⁻¹, o que equivale a 30,6 horas de tempo médio de retenção no rúmen-retículo para líquidos (Tabela 7).

Tabela 7 - Estimativas dos parâmetros da dinâmica de trânsito de partículas fibrosas e de líquidos em função dos diferentes tratamentos

Tratamentos ¹	Parâmetros ²		
	Z	γ	τ
Partículas fibrosas			
Controle	1633,2±93,3	0,0284±0,0020	3,78±0,91
0	1766,1±104,9	0,0297±0,0022	3,90±0,88
330	1655,3±97,5	0,0293±0,0021	3,55±0,89
670	1665,7±93,5	0,0287±0,0020	3,74±0,87
1000	1833,1±105,0	0,0300±0,0021	3,93±0,84
Valor-P ³	---	0,594	0,998
Líquidos			
Controle	1869,0±127,3	0,0646±0,0055	1,86±0,51
0	1900,8±158,0	0,0628±0,0060	1,75±0,58
330	1584,1±134,7	0,0689±0,0073	1,62±0,58
670	1937,9±128,5	0,0707±0,0058	1,65±0,46
1000	1545,6±139,2	0,0609±0,0068	2,09±0,70
Valor-P ³	---	0,633	0,983

^{1/} Controle = sem suplementação; 0, 330, 670 e 1000 = concentração de proteína bruta nos suplementos com base na matéria natural. ^{2/} C vs S = comparação entre controle (sem suplementação) e tratamentos com o fornecimento de suplementos; L, Q e C = efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica em função da concentração de proteína nos suplementos. ^{2/} Z= parâmetro sem interpretação biológica direta (ppm×h); γ = parâmetro-taxa tempo-dependente relativo ao fluxo ruminal de partículas fibrosas e de líquidos (h⁻¹); τ = tempo de trânsito intestinal (h).^{3/} Nível descritivo de probabilidade relativo à comparação entre tratamentos.

Discussão

A suplementação estimulou o consumo de forragem (Tabela 2), evidenciando efeito interativo positivo entre forragem e suplemento sobre o valor alimentício do pasto (Paulino et al., 2008). Contudo, o efeito positivo sobre o consumo não foi homogêneo entre suplementos, havendo maior consumo de pasto à medida que se elevou a concentração proteica no suplemento (Tabela 2).

Durante os períodos de franco crescimento da forragem, como no período das águas, a forragem disponível ao pastejo constitui dieta com excesso relativo de energia em relação à concentração de proteína (Detmann et al., 2010). Assim, considerando-se que uma relação proteína:energia balanceada constitui fator determinante para maximizar o consumo voluntário (Illius & Jessop, 1996; Forbes, 2003), a adição de proteína via suplementação poderia propiciar mais equilíbrio dietético quanto à relação proteína:energia. Isto levaria à redução do desconforto metabólico do animal, evitando a substituição de forragem por suplemento e, em alguns casos, estimulando a ingestão de maior quantidade de forragem como observado neste estudo (Tabela 2). Detmann et al. (2013) relataram que o consumo de forragem é maximizado elevando-se a relação PB:MOD até 288 g/kg, valor próximo ao obtido com o suplemento com concentração proteica de 1000 g PB/kg de matéria natural (Figura 3).

Adicionalmente, o fornecimento de suplementos de natureza proteica tem sido associado a melhorias no status de nitrogênio no organismo animal, o qual define a disponibilidade quantitativa e qualitativa de compostos nitrogenados para todas as funções fisiológicas no metabolismo animal, incluindo-se as funções associadas com o metabolismo de outros compostos, como os substratos energéticos (Detmann et al., 2013). Ampliações do consumo voluntário de forragem têm sido associadas a adequações no status de nitrogênio (Egan, 1965;

Egan & Moir, 1965; Kempton et al., 1976). Considerando que nenhum incremento efetivo foi obtido com a elevação dos níveis de PB nos suplementos sobre as dinâmicas de trânsito e degradação da fibra (Tabelas 6 e 7), os estímulos da PB suplementar sobre o consumo de forragem advêm predominantemente de efeitos pós-digestivos ou metabólicos associados ao status de nitrogênio no organismo animal (Egan & Moir, 1965; Detmann et al., 2013).

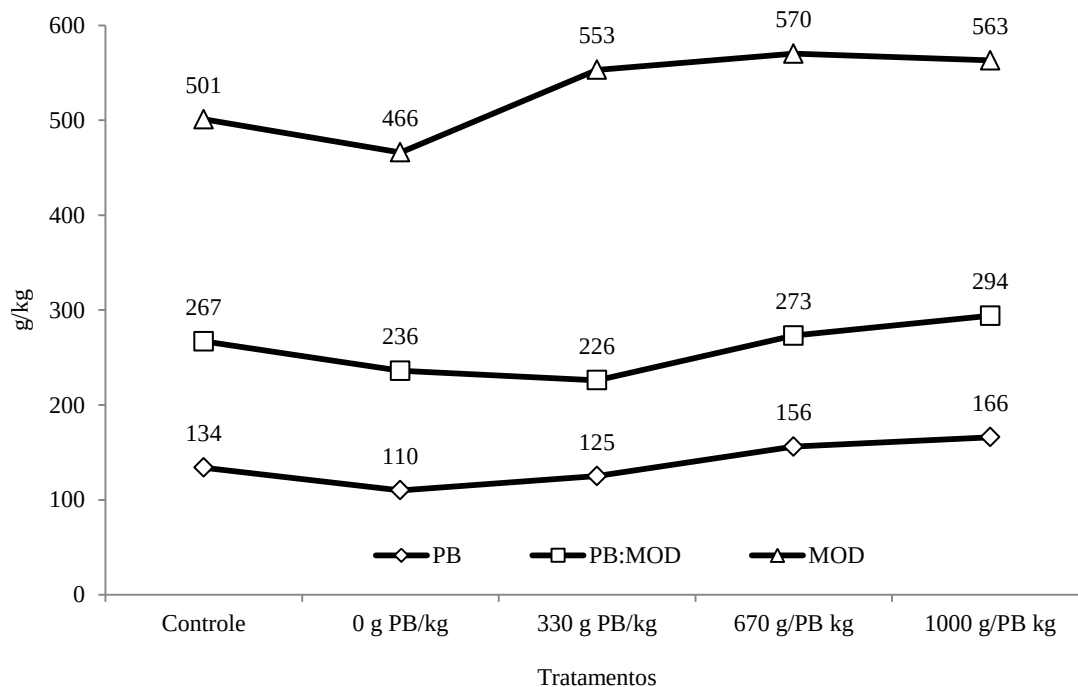


Figura 3 - Concentrações dietéticas de proteína bruta (PB; g/kg MS) e matéria orgânica digerida (MOD, g/kg MS) e a relação PB:MOD (g/kg) em função dos diferentes tratamentos.

Ressalta-se que o uso de suplemento exclusivamente energético (0 g PB/kg) não resultou em decréscimo no consumo de pasto em relação ao controle (Tabela 2), o que aparentemente contraria os pressupostos apresentados acima e discorda dos resultados apresentados por outros autores em condições tropicais (Detmann et al., 2001; Costa et al., 2011b). No entanto, o nível de PB da forragem neste estudo (122,5 g PB/kg MS) situou-se acima dos valores médios

normalmente observados em pastos tropicais durante o período das águas (94,2 g PB/kg MS; Detmann et al., 2010). Assim, em situações como a do presente estudo, a suplementação energética causaria menor interferência sobre a relação energia:proteína na dieta (Figura 3), o que levaria à ausência de efeitos deletérios sobre o consumo de forragem, comportamento também observado por Lazzarini (2011). Ao menos, parte dos efeitos positivos do suplemento energético sobre o consumo podem estar associados ao estímulo observado sobre a produção de proteína microbiana (Tabela 5), disponibilizando mais proteína metabolizável para a utilização da energia extra provida via suplemento.

Embora nenhum efeito tenha sido verificado sobre os parâmetros das dinâmicas de trânsito e degradação (Tabelas 6 e 7) e sobre a digestibilidade ruminal da FDNcp (Tabela 3), verificou-se que a suplementação ampliou o coeficiente de digestibilidade total da FDNcp (Tabela 3). Em situações normais, o oferecimento de suplementos amplia a ocorrência do chamado “efeito carboidrato”, no qual incrementa a competição por nutrientes essenciais entre grupos de espécies microbianas (El-Shazly et al., 1961; Mould et al., 1983), o que desfavorece a utilização da fibra insolúvel pelos microrganismos fibrolíticos (Costa et al., 2009; Zorzi et al., 2009), de menor taxa de crescimento e, conseqüentemente, menor capacidade competitiva (Carvalho et al., 2011). Contudo, a elevada concentração proteica da forragem utilizada neste estudo (Tabela 2; Figura 3) pode ter reduzido a competição por substratos nitrogenados no ambiente ruminal (Zorzi et al., 2009), impedindo a ocorrência de efeitos negativos da suplementação sobre a degradação ruminal da fibra insolúvel. Nesta situação, estímulos foram observados sobre a produção microbiana no rúmen (Tabela 5), corroborando a maior utilização ruminal de carboidratos fibrosos com o fornecimento de suplementos. Por esta razão, justifica-se o incremento no uso da fibra com a elevação da concentração proteica no suplemento (Tabela 3),

uma vez que houve associação direta com a concentração de NAR (Tabela 4) e, por conseguinte, com a disponibilidade de substratos nitrogenados para o crescimento microbiano.

A suplementação não causou alteração dos coeficientes de digestibilidade ruminal e total da PB (Tabela 3). Contudo este comportamento deve ser visto com cautela, uma vez que este tipo de comparação está baseado no comportamento médio dos tratamentos com o fornecimento de suplementos. A inspeção das médias individualmente evidencia que a suplementação exclusivamente energética deprimiu a digestão ruminal da PB, ocasionando concomitante redução do coeficiente de digestibilidade total da PB (Tabela 3). Considerando que o uso de energia e proteína constitui um sistema integrado no ambiente ruminal (Nocek & Russell, 1988), entende-se que o fornecimento exclusivo de amido propiciou melhor assimilação microbiana do nitrogênio da forragem, culminando em maior produção de compostos nitrogenados microbianos (Tabela 5). Como neste tratamento não houve fornecimento de nitrogênio suplementar, a maior assimilação de nitrogênio microbiano reduziu as perdas por difusão e implicou, conseqüentemente, em redução da digestibilidade aparente ruminal da PB, afetando negativamente a concentração dietética de MOD (Tabela 3).

Ressalta-se que a concentração de NAR foi maior com o fornecimento de amido em relação ao controle (Tabela 4) possivelmente em função da maior transferência de ureia a partir da corrente sanguínea, pois esta é estimulada pelo aumento no fornecimento de MO prontamente degradável no rúmen (Kennedy et al., 1981; NRC. 1985).

A relação linear entre a concentração de PB no suplemento e o coeficiente de digestibilidade ruminal da PB (Tabela 3) está associada à elevação na concentração de NAR (Tabela 4), o que ocasiona maior transporte de nitrogênio por difusão para a corrente sanguínea (NRC, 1985), ampliando a concentração de NUS (Tabela 5) e a digestibilidade aparente ruminal da PB. Por outro lado, com a elevação no consumo de PB (Tabela 2), reduz-se a participação

relativa da fração metabólica fecal da PB (Van Soest, 1994), o que causa ampliação do coeficiente de digestibilidade aparente total da PB (Tabela 3).

O fornecimento de suplementos não afetou o BN ou a eficiência de uso do nitrogênio dietético, mensurada pelo balanço relativo de compostos nitrogenados (BNR) (Tabela 5). Similarmente ao que foi observado para os coeficientes de digestibilidade ruminal e total da PB, este comportamento deve ser visto com cautela, uma vez que esta comparação está baseada no comportamento médio dos tratamentos com o fornecimento de suplementos. Assim, a inspeção individual das médias permite evidenciar que a suplementação exclusivamente energética deprimiu o BN e o BNR. Contudo, o incremento na concentração de PB no suplemento elevou de forma linear o BN e a eficiência de uso do nitrogênio (Tabela 5).

Em animais ruminantes a deposição de tecido corporal corresponde a processo interativo, no qual as eficiências de uso da energia e da proteína metabolizável estão inter-relacionadas (Schroeder & Titgemeyer, 2008; Lazzarini, 2011). Considerando-se os incrementos causados sobre o consumo de energia (i.e. consumo de MOD) e sobre a produção de proteína microbiana com a suplementação exclusiva com amido em relação do controle, verifica-se que ocorreu o fornecimento de proteína em excesso ao fornecimento de energia para o metabolismo (Figura 4). Este excesso de proteína levou ao incremento na eliminação de compostos nitrogenados via urina e à redução da eficiência de uso do nitrogênio (Tabela 5). Desta forma, a suplementação energética, embora tenha estimulado o consumo de pasto, não incorreu em melhoria na retenção de nitrogênio no organismo animal. Este comportamento corrobora a assertiva apresentada por Detmann et al. (2010), de que a suplementação energética para animais em pastejo durante o período das águas pode incorrer em efeitos não otimizados sobre o desempenho animal. Ressalta-se que aumento na concentração de PB no suplemento reduziu a relação entre a PB microbiana e o consumo de MOD diferenciais em relação ao controle (Figura 4).

Por outro lado, a ampliação da concentração de nitrogênio incorreu em elevação linear de BN e BNR, evidenciando os benefícios da suplementação essencialmente proteica para animais em pastejo durante o período das águas, corroborando os resultados demonstrados por Costa et al. (2009c) e Lazzarini (2011). Considerando as diferenças quanto a BN e NMIC entre os suplementos com 0 e 1000 g PB/kg e assumindo-se que a PB microbiana apresentaria cerca de 64% de proteína metabolizável (NRC, 2001), deduz-se que o incremento em BN com a elevação da concentração de PB nos suplementos poderia ser explicado pela elevação na produção microbiana ruminal.

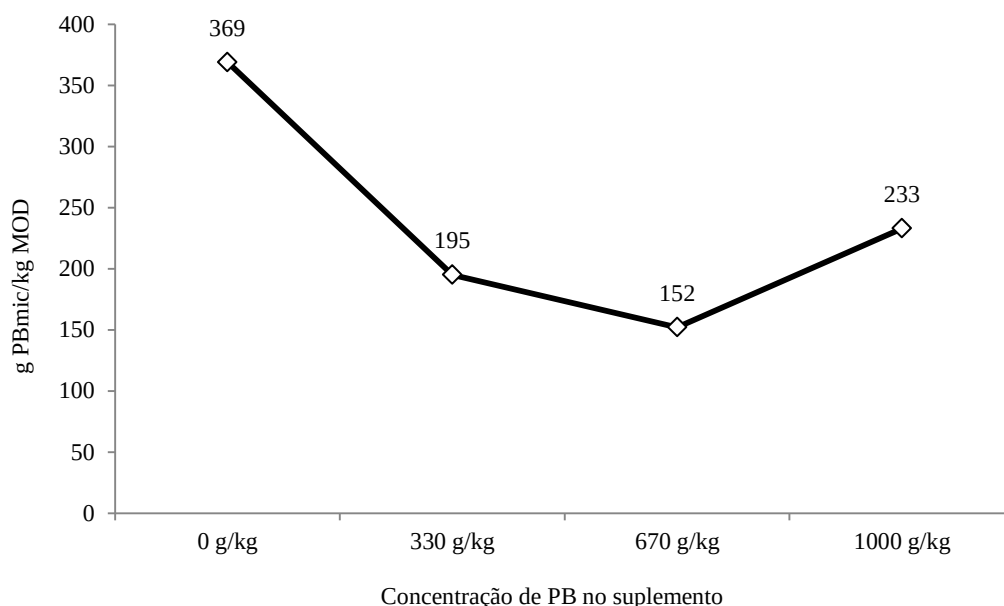


Figura 4 - Relação entre a quantidade de proteína bruta microbiana (PBmic) e o consumo de matéria orgânica digerida (MOD) em relação ao tratamento controle para os diferentes suplementos.

Contudo, a despeito da relação positiva entre BN e produção de nitrogênio microbiano nos tratamentos envolvendo suplementação, o aumento na retenção de nitrogênio com a elevação

na concentração de PB no suplemento não pode ser totalmente explicada pelo incremento em NMIC, uma vez que houve elevação concomitante nas perdas urinárias de nitrogênio (Tabela 5). Logo, efeito indiretos da suplementação proteica parecem agir sobre a eficiência de uso do nitrogênio no organismo animal.

Este comportamento reforça a ideia de efeitos pós-digestivos da suplementação proteica, possivelmente associados ao incremento no status de nitrogênio do organismo animal. Com a ampliação no suprimento de nitrogênio reduz-se a proporção do nitrogênio ingerido direcionada para fins de sobrevivência e manutenção e eleva-se a proporção do nitrogênio total que é utilizada para fins anabólicos. Por consequência, eleva-se a eficiência global de utilização da proteína metabolizável (Detmann et al., 2013), o que se soma ao incremento na produção de NMIC para explicar a relação linear e positiva entre a concentração de PB nos suplementos a eficiência de uso do nitrogênio (Tabela 5).

Conclusão

A suplementação energética para bovinos em pastejo durante o período das águas é capaz de ampliar o consumo de pasto e a produção de proteína microbiana, mas decresce a eficiência de uso do nitrogênio no metabolismo animal. Por outro lado, a suplementação proteica, além de estimular o consumo voluntário de pasto, incorre em maior eficiência de uso do nitrogênio em relação à suplementação energética, possível reflexo de maior produção microbiana no rúmen e de melhorias do status de nitrogênio no organismo animal.

Referências Bibliográficas

- CARVALHO, I.P.C.; DETMANN, E.; MANTOVANI, H.C.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; COSTA, V.A.C.; GOMES, D.I. Growth and antimicrobial activity of lactic acid bacteria from rumen fluid according to energy or nitrogen source. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1260-1265, 2011.
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C.; HENRIQUES, L.T.; FREITAS, S.G.; PAULINO, M.F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.335-342, 2008.
- CECAVA, J.M.; MERCHEN, N.R.; GAY, L.C.; BERGER, L.L. 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.
- CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; CHIZZOTTI, F.H.M.; CAMPOS, J.M.S.; MARCONDES, M.I.; FONSECA, M.A. Consumo, digestibilidade e excreção de uréia e derivados de purinas em novilhas de diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1813-1821, 2006.
- COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F.; HENRIQUES, L.T.; MANTOVANI, H.C. Degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro de forragem tropical de alta qualidade em função da suplementação com proteína e/ou carboidratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1803-1811, 2009.
- COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T.; CARVALHO, I.P.C.; VALENTE, T.N.P. Consumo e dinâmica ruminal da fibra em detergente neutro em bovinos em pastejo no período das águas recebendo

- suplementação com nitrogênio não protéico e/ou proteína verdadeira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2805-2814, 2011a.
- COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; CARVALHO, I.P.C.; MONTEIRO, L.P. Consumo e digestibilidade em bovinos em pastejo durante o período das águas sob suplementação com fontes de compostos nitrogenados e de carboidratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1788-1798, 2011b.
- COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T.; CARVALHO, I.P.C. Digestibilidade total e parcial e balanço nitrogenado em bovinos em pastejo no período das águas recebendo suplementos com nitrogênio não protéico e/ou proteína verdadeira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2815-2826, 2011c.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, p.980-984, 2010.
- DETMANN, E. PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VALADARES FILHO, S.C.; LANA, R.P.; QUEIROZ, D.S. Suplementação de novilhos mestiços durante a época das águas: parâmetros ingestivos e digestivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1340-1349, 2001.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; CECON, P.R.; VALADARES FILHO, S.C.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S.; LEÃO, M.I.; LANA, R.P.; PONCIANO, N.J. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante o período de transição seca/águas: Consumo voluntário e trânsito de partículas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1371-1379, 2005.

- 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: DZO-UFV, 2008. p.21-52.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Otimização do uso de recursos forrageiros basais. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 7, 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2010. p.191-240.
- DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. (Eds.) **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214p.
- DETMANN, E.; VALENTE, E.E.L.; BATISTA, E.D.; HUHTANEN, P. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. **Livestock Science**, 2013 (submitted).
- EL-SHAZLY, K.; DEHORITY, B.A.; JOHNSON, R.R. Effect of starch on the digestion of cellulose in vitro and in vivo by rumen microorganisms. **Journal of Animal Science**, v.20, p.268-273, 1961.
- ELLIS, W.C.; MATIS, J.H.; HILL, T.M.; MURPHY, M.R. Methodology for estimating digestion and passage kinetics of forages. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.
- EGAN, A.R. Nutritional status and intake regulation in sheep. III. The relationship between improvement of nitrogen status and increase in voluntary intake of low-protein roughages by sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.16, 463-472, 1965.
- EGAN, A.R.; MOIR, R.J. Nutritional status and intake regulation in sheep. I. Effects of duodenally infused single doses of casein, urea, and propionate upon voluntary intake of a

- low-protein roughage by sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.16, p.437-449, 1965.
- FIGUEIREDO, D.M.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; MORAES, E.H.B.K.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.G. Fontes de proteína em suplementos múltiplos para bovinos em pastejo no período das águas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.2222-2232, 2008.
- FORBES, J.M. The multifactorial nature of food intake control. **Journal of animal Science**, v.81, p. E139-E144, 2003. (Electronic Supplement 2)
- ILLIUS, A.W.; JESSOP, N.S. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.74, p.3052-3062, 1996.
- KEMPTON, T.J.; NOLAN, J.V.; LENG, R.A. Principles for the use of non-protein nitrogen and by-pass protein in diets of ruminants. **World Animal Review**, v.22, p.2-10, 1976.
- KENNEDY, P.M.; CLARKE, R.T.J.; MILLIGAN, L.P. Influences of dietary sucrose and urea on transfer of endogenous urea to the rumen of sheep and numbers of epithelial bacteria. **British Journal of Nutrition**, v.46, p.533-541, 1981.
- LAZZARINI, I. **Desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante os períodos de seca e águas suplementados com compostos nitrogenados e/ou amido**. 2011. 66f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- MOULD, F.L.; ØRSKOV, E.R.; MANN, S.O. Associative effects of mixed feeds. 2. The effect of dietary additions of bicarbonate salts on the voluntary intake and digestibility of diets containing various proportions of hay and barley. **Animal Feed Science and Technology**, v.10, p.15-25, 1983.
- NOCEK, J.E.; RUSSELL, J.B. Protein and energy as an integrated system. Relation of ruminal protein and carbohydrates availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.2070-2107, 1988.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Ruminant nitrogen usage**. Washington, DC: Academic Press, 1985. 138p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7 ed. Washington, DC: Academic Press, 2001. 381p.
- PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALENTE, E.E.L.; BARROS, L.V. Nutrição de bovinos em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 4, 2008, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2008. p.131-169.
- POPPI, D.P.; McLENNAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, v.73, p.278-290, 1995.
- PORTO, M.O.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SALES, M.F.L.; COUTO, V.R.M. Fontes suplementares de proteína para novilhos mestiços em recria em pastagens de capim-braquiária no período das águas: desempenho produtivo e econômico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1553-1560, 2009.
- REGAZZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e identidade de modelos de regressão não-linear. **Ceres**, v.50, p.9-26, 2003.
- SCHROEDER, G.F.; TITGEMEYER, E.C. Interaction between protein and energy supply on protein utilization in growing cattle: a review. **Livestock Science**, v.114, p.1-10, 2008.
- UDÉN, P.; COLUCCI, P.E.; Van SOEST, P.J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v.31, p.625-632, 1980.
- 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 FILHO, S.C.; MACHADO, P.A.S.; CHIZZOTTI, M.L.; AMARAL, H.F.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JUNIOR, V.R.; CAPELLE, E.R. CQBAL 3.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos. Disponível em www.ufv.br/cqbal. Acesso em 04 de Novembro de 2013.
- Van MILGEN, J.; MURPHY, L.L.; BERGER, L.L. A compartmental model to analyze ruminal digestion. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.2515-2529, 1991.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- ZORZI, K.; DETMANN, E.; QUEIROZ, A.C.; PAULINO, M.F.; MANTOVANI, H.C.; BAYÃO, G.F. In vitro degradation of neutral detergent fiber of high-quality tropical forage according to supplementation with different nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.964-971, 2009.