

MARCIA DE OLIVEIRA FRANCO

DESEMPENHO NUTRICIONAL E CARACTERÍSTICAS  
METABÓLICAS EM BOVINOS ALIMENTADOS COM FORRAGENS  
TROPICAIS E SUPLEMENTADOS COM COMPOSTOS  
NITROGENADOS E ENERGÉTICOS

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  
2015

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

F825d  
2015 Franco, Marcia de Oliveira, 1987-  
Desempenho nutricional e características metabólicas em  
bovinos alimentados com forragens tropicais e suplementados  
com compostos nitrogenados e energéticos / Marcia de Oliveira  
Franco. – Viçosa, MG, 2015.  
xii, 71f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Edenio Detmann.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Bovino - Alimentação e rações. 2. *Brachiaria decumbens*  
. 3. Nutrição animal. 4. Balanço nitrogenado. I. Universidade  
Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de  
Pós-graduação em Zootecnia. II. Título.

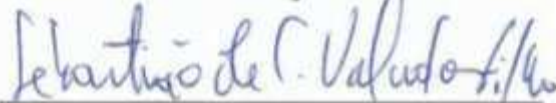
CDD 22. ed. 636.2085

MARCIA DE OLIVEIRA FRANCO

DESEMPENHO NUTRICIONAL E CARACTERÍSTICAS  
METABÓLICAS EM BOVINOS ALIMENTADOS COM FORRAGENS  
TROPICAIS E SUPLEMENTADOS COM COMPOSTOS  
NITROGENADOS E ENERGÉTICOS

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*.

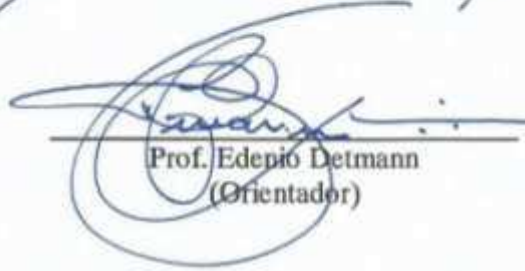
APROVADA: 6 de março de 2015.

  
Prof. Sebastião de Campos Valadares Filho  
(Coorientador)

  
Prof. Mário Fonseca Paulino  
(Coorientador)

  
Eduardo Henrique Bevitori King de Moraes

  
André Soares de Oliveira

  
Prof. Edepio Detmann  
(Orientador)

Àquele que é a “inteligência suprema do universo e causa primária de todas as coisas”, o Eterno e Poderoso **Deus**, por ter sido meu alicerce e por me dar coragem para questionar a realidade com o objetivo único de propor um novo mundo de possibilidades.

À minha mãe, **Lucélia**, pelo exemplo de garra, pela luta, amor incondicional e por ter me mostrado desde tão cedo o valor dos estudos.

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, pelo apoio e oportunidade de realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos no Brasil, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos nos Estados Unidos.

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT-Ciência Animal), por tamanha competência enquanto instituição.

Ao CNPq, pelo financiamento do projeto.

Ao meu orientador, Professor Edenio Detmann, pela excelente orientação, pelos valiosos ensinamentos, incentivo e disposição durante esses anos de trabalho e convivência. Agradeço-o pela constante confiança e pelas várias oportunidades que me foram oferecidas. Agradeço a quem admiro pelo extremo profissionalismo, competência e pelo exemplo de humildade e presteza. A ele, por ter acreditado na minha pessoa, a minha eterna admiração e gratidão.

Aos meus coorientadores, Professor Sebastião de Campos Valadares Filho e Professor Mário Fonseca Paulino, por aceitarem participar desta tese, oferecendo seus vastos conhecimentos para o engrandecimento deste trabalho.

Aos membros da banca, Professor Eduardo Henrique Bevitori Kling de Moraes e Professor André Soares de Oliveira, por aceitarem participar desta banca e ajudarem a tornar este trabalho melhor.

Ao amigo Faider, pela execução da cirurgia dos animais e também pela ajuda durante as coletas.

Aos animais que doaram suas vidas e foram submetidos aos experimentos, os quais, aos olhos daqueles que não compreendem os princípios da experimentação animal, possam parecer ter sido tratados cruelmente; entretanto, o objetivo de aprendizado e disseminação de conhecimento se faz maior. "No semblante de um animal que não fala, há todo um discurso que somente um espírito sábio pode realmente entender" – Mahatma Gandhi.

Aos funcionários do Laboratório de Animais, em especial Pum e Jojó, pela importante ajuda e apoio na realização dos experimentos.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, Monteiro, Mário, Wellington, Fernando e Plínio, pela colaboração nas análises laboratoriais.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Zootecnia, pelos ensinamentos transmitidos, pela competência, dedicação, apoio e pela prontidão.

À Uyara, a quem Deus escolheu a dedo para me acompanhar durante esta parte da caminhada da vida, pelo carinho, confiança, por sempre ter palavras de estímulo e por ter sido tão presente ao longo da busca deste sonho. Obrigada pela ajuda. Você foi fundamental na escalada da minha formação como profissional e, principalmente, como ser humano.

Ao meu irmão José Luiz, pela constante preocupação, atenção, carinho e por ter ampliado a nossa família com a chegada do “príncipe” Luiz Henrique, a quem também agradeço por tamanha ternura a mim dedicada. À todos os meus familiares, por terem acreditado em mim.

Ao estagiário Alexandre Lopes, pela dedicação e imensurável ajuda durante a condução do experimento e por ter se tornado um amigo.

Aos queridos amigos Luana, Erick, Marcília, Mirian, Philipe, Madson e Javier, pela imprescindível ajuda durante as coletas, pelas risadas e pela agradável convivência.

Aos colegas de orientação, Luana, Erick, Marcília, Hugo, Malber, Willian, Gabriel, Tadeu e Marcelo, pela amizade e bom convívio na “salinha”.

Às alunas do laboratório de Anaeróbios do Departamento de Microbiologia, Débora, Analice e, principalmente, Claudinha, por terem sido tão cordiais colaborando com parte das análises laboratoriais. Ao professor Hilário e demais funcionários do Departamento de Microbiologia, por ter permitido a realização das análises.

Às funcionárias da Pós, Fernanda e Mariana, pela atenção, paciência e por serem sempre prestativas.

Ao meu orientador durante o período “sanduíche”, Dr. Tryon Wickersham, pela orientação e inestimável amizade durante a minha estadia na Texas A&M University, a quem também manifesto extremo agradecimento, bem como aos funcionários do Kleberg e Astrec.

Aos colegas do room 017B, Natasha, Alyssa, Jessica, Kyle, Josh, Levi, Myriah, Jessie, Gabriella, Courtney, Sam, Terry, Tanner, Garrett, Cassidy e Caleb, por terem sido sempre tão prestativos tanto na adaptação da minha vida pessoal em College Station como também durante os períodos de coleta do experimento.

À Zootecnia, pela paixão e amor à profissão.

À todos que, de alguma forma, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho, meu mais sincero: Muito obrigada!

## **BIOGRAFIA**

Marcia de Oliveira Franco, filha de Maurício Franco e Lucélia Maria de Oliveira Franco, nasceu no dia 4 de janeiro de 1987, em Campestre, Minas Gerais.

Em fevereiro de 2005 ingressou na Universidade Estadual de Montes Claros, concluindo o curso de graduação em Zootecnia em julho de 2009.

Iniciou o curso de mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa, em agosto de 2009, concentrando seus estudos na área de Nutrição e Produção de Ruminantes, submetendo-se à defesa de dissertação em 22 de fevereiro de 2011.

Em março de 2011, iniciou o curso de doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição e Produção de Ruminantes. De janeiro de 2013 a janeiro de 2014 realizou período “sanduíche” na Texas A&M University em College Station, Texas, EUA. Submeteu-se à defesa de tese em 6 de março de 2015.

## ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	xi
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	7

### **CAPÍTULO 1 - Desempenho nutricional e características metabólicas de bovinos alimentados com forragens tropicais e suplementados com compostos nitrogenados associados ou não à suplementação com amido**

Introdução.....	10
Material e Métodos.....	12
Resultados.....	20
Discussão.....	32
Conclusão.....	40
Referências Bibliográficas.....	40

### **CAPÍTULO 2 - Desempenho nutricional e características metabólicas de bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e suplementados com compostos nitrogenados associados a diferentes proporções de amido**

Introdução.....	46
Material e Métodos.....	48
Resultados.....	53
Discussão.....	58
Conclusão.....	67
Referências Bibliográficas.....	67

## RESUMO

FRANCO, Marcia de Oliveira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2015. **Desempenho nutricional e características metabólicas em bovinos alimentados com forragens tropicais e suplementados com compostos nitrogenados e energéticos.** Orientador: Edenio Detmann. Coorientadores: Mário Fonseca Paulino e Sebastião de Campos Valadares Filho.

Foram realizados dois experimentos com objetivo de avaliar o desempenho nutricional e características metabólicas de bovinos alimentados com forragens tropicais e suplementados com compostos nitrogenados e energéticos. No primeiro experimento, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados isolados ou em conjunto com a suplementação com amido sobre o desempenho nutricional e características metabólicas de bovinos alimentados com forragens tropicais de baixa ou média qualidade. Foram utilizados quatro novilhos Europeu × Zebu não castrados com peso corporal (PC) inicial de 381 kg, distribuídos segundo delineamento em quadrado latino  $4 \times 4$ . Cada período experimental de 28 dias foi dividido em dois subperíodos; no primeiro subperíodo os animais receberam apenas forragem basal (*Brachiaria decumbens*), sendo dois animais alimentados com forragem de baixa qualidade e dois com forragem de média qualidade; no segundo subperíodo foram avaliados os seguintes esquemas de suplementação: feno de baixa qualidade e suplementação com compostos nitrogenados [300 g de proteína bruta (PB)/dia]; feno de baixa qualidade e suplementação com compostos nitrogenados (300 g/dia de PB) e energéticos (225 g de amido/dia); feno de média qualidade e suplementação com compostos nitrogenados (300 g/dia de PB); e feno de média qualidade e suplementação com compostos nitrogenados (300 g/dia de PB) e energéticos (225 g de amido/dia). Como fonte de PB suplementar foi utilizada caseína. Na ausência de suplementação verificou-se que a forragem de média qualidade proporcionou maiores ( $P < 0,05$ ) consumos, coeficientes de digestibilidade, balanço de nitrogênio (BN) e eficiência de uso do nitrogênio (EFUN). Neste sentido, o melhor desempenho dos animais alimentados com forragem de média qualidade foi atribuído a estímulos anabólicos, corroborados pela maior ( $P < 0,05$ ) concentração sérica de IGF1. Na comparação entre os subperíodos, o fornecimento de suplementos deprimiu ( $P < 0,05$ ) o consumo de forragem de média qualidade, mas não afetou ( $P > 0,05$ ) o consumo de forragem de baixa qualidade. Nenhum efeito do fornecimento de suplementos foi observado ( $P > 0,05$ ) sobre a digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDN) em comparação ao subperíodo sem

suplementação. Contudo, a comparação entre suplementos indicou depressão ( $P < 0,05$ ) da digestibilidade da FDN quando amido foi incluído aos suplementos. O fornecimento de suplementos ampliou ( $P < 0,05$ ) o BN, a EFUN e a concentração sérica de IGF1 em animais alimentados com forragem de baixa qualidade. Em animais alimentados com forragens de média qualidade os efeitos anabólicos causados pela suplementação foram, contudo, menos evidentes. Concluiu-se a partir dos resultados do primeiro experimento que a suplementação com compostos nitrogenados amplia a retenção de nitrogênio no organismo animal, efeito atribuído principalmente a estímulos anabólicos. No entanto, este efeito é mais proeminente quando os animais são alimentados com forragens de baixa qualidade. Nas condições do primeiro experimento, nenhum impacto positivo sobre o metabolismo animal foi obtido com a suplementação conjunta de compostos nitrogenados e amido. No segundo experimento objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados associados a diferentes proporções de amido sobre o desempenho nutricional e características metabólicas de bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade. Foram utilizados cinco novilhos Europeu  $\times$  Zebu não castrados com PC inicial de 186 kg, distribuídos em delineamento em quadrado latino  $5 \times 5$ . Os animais foram alimentados com forragem basal (*Brachiaria decumbens*) de baixa qualidade, sendo avaliados os seguintes tratamentos: controle, sem suplementação (somente forragem basal); feno de baixa qualidade e suplementação com 300 g PB/dia (0:1); suplementação com 300 g amido/dia e 300 g PB/dia (1:1); suplementação com 600 g amido/dia e 300 g PB/dia (2:1); suplementação com 900 g amido/dia e 300 g PB/dia (3:1). Como fonte de PB suplementar foi utilizada mistura composta por 60% de caseína e 40% de ureia:sulfato de amônio (9:1). O amido foi adicionado em massas equivalentes em relação aos compostos nitrogenados, sendo 0, 1, 2 e 3 vezes a massa de equivalentes proteicos (PB). O fornecimento de suplementos elevou ( $P < 0,05$ ), em média, os consumos de matéria seca, mas não afetou ( $P > 0,05$ ) o consumo de forragem. Considerando-se o consumo expresso na unidade g/kg PC, verificou-se efeito cúbico ( $P < 0,05$ ) da quantidade de amido no suplemento, o que foi atribuído ao maior consumo verificado com a utilização da relação amido:PB de 2:1. O fornecimento de suplementos ampliou ( $P < 0,05$ ) o coeficiente de digestibilidade total da matéria orgânica (MO), mas não afetou ( $P > 0,05$ ) o coeficiente de digestibilidade total da FDN. Houve efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) da quantidade de amido no suplemento sobre o coeficiente de digestibilidade total da MO. O coeficiente de digestibilidade total da FDN não foi afetado ( $P > 0,05$ ) pela quantidade de amido no suplemento. As concentrações de nitrogênio amoniacal ruminal foram em média maiores

( $P < 0,05$ ) em animais suplementados, havendo, no entanto, efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) da quantidade de amido no suplemento sobre esta variável. O fornecimento de suplementos ampliou ( $P < 0,05$ ) o BN e EFUN, efeitos atribuídos ao aumento do anabolismo corporal, corroborado pela elevação ( $P < 0,05$ ) na concentração sérica de IGF1. O aumento da participação de amido no suplemento tendeu a elevar linearmente ( $P < 0,06$ ) o BN e ampliou linearmente ( $P < 0,05$ ) a concentração sérica de IGF1. No entanto, a comparação das médias de BN entre os tratamentos com suplementação indicou maiores valores para a relação amido:PB de 2:1. A partir dos resultados do segundo experimento conclui-se que a suplementação com compostos nitrogenados em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade amplia a retenção de nitrogênio no organismo animal principalmente por elevar o status de nitrogênio no organismo. No entanto, o suprimento adicional de amido é capaz de ampliar a retenção de nitrogênio por incrementar a disponibilidade de energia no rúmen e no metabolismo animal.

## ABSTRACT

FRANCO, Marcia de Oliveira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March 2015. **Nutritional performance and metabolic characteristics in cattle fed tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds and energy.** Adviser: Edenio Detmann. Co-Advisers: Mário Fonseca Paulino and Sebastião de Campos Valadares Filho.

Two experiments were carried out to evaluate the nutritional performance and metabolic characteristics of cattle fed tropical forages and supplemented with nitrogenous and energetic compounds. The first experiment aimed to evaluate the effects of nitrogen supplementation with and without starch supplementation on nutritional performance and metabolic characteristics of cattle fed low and medium-quality tropical forages. Four European × Zebu bulls [381 kg of body weight (BW)] were distributed according to a 4 × 4 Latin square. Each experimental period of 28 days was divided into two sub-periods: in the first sub-period two animals received low-quality hay and two animals received medium-quality hay (*Brachiaria decumbens*); the following supplementation schemes were evaluated in the second sub-period: low-quality hay with nitrogen supplementation (300 g CP/d); low-quality hay with nitrogen [300 g of crude protein (CP)/d] and starch (225 g/d) supplementation; medium-quality hay with nitrogen supplementation (300 g CP/d); and medium-quality hay with nitrogen (300 g CP/d) and starch (225 g/d) supplementation. Casein was used as the CP source. In the absence of supplementation, the medium-quality forage provided higher ( $P < 0.05$ ) intake, digestibility, nitrogen balance (NB), and efficiency of nitrogen utilization (EFNU). In this sense, the greater performance of animals fed medium-quality forage was attributed to anabolic stimuli, supported by higher ( $P < 0.05$ ) serum concentration of IGF1. Comparing sub-periods, the supply of supplements depressed ( $P < 0.05$ ) medium-quality forage intake, but did not affect ( $P > 0.05$ ) low-quality forage intake. There was no effect ( $P > 0.05$ ) of supplementation on neutral detergent fiber (NDF) digestibility as compared to the sub-period without supplementation. However, comparison between supplements indicated depression ( $P < 0.05$ ) in NDF digestibility when starch was included. Supplementation increased ( $P < 0.05$ ) NB, EFNU, and serum concentration of IGF1 in animals fed low-quality forage. In animals fed medium-quality forages anabolic effects caused by supplementation were, however, less prominent. It was concluded from the results of the first experiment that nitrogen supplementation increases nitrogen retention in animals, an effect attributed mainly to anabolic stimuli. However, this

effect is more prominent when animals are fed low-quality forages. Under the conditions of the first experiment, no positive impact on animal metabolism was obtained with the combination of supplemental nitrogen and starch. The second experiment aimed to evaluate the effects of nitrogen supplementation associated with different starch proportions on nutritional performance and metabolic characteristics of cattle fed low-quality tropical forage. Five European  $\times$  Zebu young bulls (186 kg BW) were distributed according to a  $5 \times 5$  Latin square. Animals were fed a low-quality basal forage (*Brachiaria decumbens*) and the following treatments were evaluated: control (only forage), supplementation with 300 g CP/d (0:1), supplementation with 300 g starch/d and 300 g CP/d (1:1), supplementation with 600 g starch/d and 300 g CP/d (2:1), and supplementation with 900 g starch/d and 300 g CP/d (3:1). As supplemental CP source was used a mixture composed by 60% of casein and 40% of urea:ammonium sulphate (9:1). The starch was added in an equivalent weight in relation to the nitrogenous compounds, 0, 1, 2 and 3 times the equivalent weight of protein (CP). Supplements increased ( $P < 0.05$ ) dry matter intake, but did not affect ( $P > 0.05$ ) forage intake. Taking into account the intake expressed in the unit g/kg BW, it was found cubic effects ( $P < 0.05$ ) in the amount of starch in the supplement, which was attributed to a higher intake in the use of 2:1 starch:CP ratio. Supplements increased ( $P < 0.05$ ) OM digestibility, but did not affect ( $P > 0.05$ ) NDF digestibility. There was a positive linear effect ( $P < 0.05$ ) of the amount of starch supplemented on organic matter digestibility. Total NDF digestibility was not affected ( $P > 0.05$ ) by the amount of starch supplemented. Ruminal ammonia nitrogen concentrations were higher ( $P < 0.05$ ) in supplemented animals, however, a negative linear effect ( $P < 0.05$ ) of amount of starch was observed. Supplements increased ( $P < 0.05$ ) the NB and EFNU. These effects were attributed to increased body anabolism, supported by higher ( $P < 0.05$ ) serum concentration of IGF1. Increasing the amount of starch tended to linearly increase the NB ( $P < 0.06$ ) and serum concentration of IGF1 ( $P < 0.05$ ). However, comparison of NB means between treatments with supplementation showed a higher value for the 2:1 starch:CP ratio. It was concluded from the results of the second experiment that nitrogen supplementation in cattle fed low-quality tropical forage increases nitrogen retention in the animal body mainly because it increased nitrogen status in the organism. However, additional supply of starch increases nitrogen retention by increasing energy availability for both rumen and animal metabolism.

## INTRODUÇÃO GERAL

A produção bovina em condições de pastejo deve ser entendida como um sistema complexo e interativo ditado pelas ações de três grupos de recursos de produção: recursos nutricionais basais, recursos nutricionais suplementares e recursos genéticos animais. A resultante deste sistema é composta pela quantidade e qualidade do produto e pelas eficiências econômicas e ambientais da produção (Detmann et al., 2010; 2014a).

As gramíneas tropicais apresentam alta produção de massa de forragem distribuída de forma sazonal ao longo do ano. No entanto, o acúmulo de massa de forragem está associado com o espessamento e acúmulo de lignina na parede da célula. Estas alterações impõem restrições para a digestão e fermentação microbiana, o que provoca redução da qualidade da forragem (Paulino et al., 2008), gerando baixos índices de produtividade e baixa produção de carne por unidade de área. Nestas circunstâncias, deficiências múltiplas de minerais, compostos nitrogenados e energia são observadas nos recursos nutricionais basais (Detmann et al., 2010; 2014a).

Os pastos que suportam a produção animal nos trópicos devem ser entendidos como recursos de alta complexidade, uma vez que sua capacidade de fornecimento de substratos para a produção animal varia qualitativa e quantitativamente ao longo do ano, principalmente, em função da influência de variáveis climáticas, como: precipitação, temperatura e radiação solar. Logo, considerando-se que a produção deve ocorrer de forma contínua, conhecimentos e recursos devem ser direcionados para suprimir a descontinuidade ou variabilidade no suprimento de recursos basais (Detmann et al., 2010).

Em situações de escassez de forragem e comprometimento da qualidade desta, verdade que acomete grande parte das regiões tropicais, o uso de sistemas de alimentação combinando forragem basal e suplementos se faz necessário a fim de viabilizar o ajuste nutricional e otimizar a produção animal. Desta forma, considerando-se as gramíneas tropicais como sendo fontes expressivas de energia para os animais ruminantes, amplamente distribuídas e representando uma pequena parcela dos custos dentro dos sistemas de produção, devem ser enfatizadas maneiras para aumentar a produção e utilização destas com posterior conversão em produto animal.

Em situações de manejo nutricional baseado em forragens tropicais, os processos envolvidos no consumo e utilização destas no trato gastrintestinal de animais ruminantes devem ser descritos por processos interativos entre forragens e suplementos, os quais são considerados mais proeminentes sob condições de forragem basal de baixa qualidade (Detmann et al., 2008). Tais efeitos ocorrem, principalmente, em função da deficiência de compostos nitrogenados para a síntese de enzimas microbianas que atuam no processo de degradação da fibra insolúvel (Leng, 1990; Detmann et al., 2009; Lazzarini et al., 2009).

A baixa concentração de proteína bruta (PB) e a alta lignificação da fração fibrosa insolúvel durante a época seca do ano faz com que as forragens tropicais sejam consideradas de baixa qualidade (Paulino et al., 2008). Nestes casos, as concentrações de PB na forragem apresentam valores inferiores aos considerados limítrofes para que os microrganismos ruminais apresentem plena capacidade de degradação dos carboidratos fibrosos (<70-80 g PB/kg com base na MS), o que limita o crescimento das bactérias que utilizam estes como substrato (Detmann et al., 2009; Lazzarini et al., 2009; Figueiras et al., 2010).

Contudo, a forragem basal quando utilizada em associação com suplementos nitrogenados proporciona ampliação da taxa de degradação dos componentes fibrosos insolúveis, o que, conseqüentemente, incrementa o coeficiente de digestibilidade total da fibra

insolúvel em detergente neutro e, por conseguinte, o nível de energia da dieta, levando ao aumento do consumo voluntário e otimizando a extração de energia da forragem mesmo sendo esta considerada de baixo valor alimentício (Lazzarini et al., 2009; Sampaio et al., 2010; Souza et al., 2010). Desta forma, de acordo com resultados obtidos em condições tropicais, a suplementação com compostos nitrogenados constitui meta prioritária para ampliar a utilização da forragem tropical de baixa qualidade (Detmann et al., 2010; Souza et al., 2010).

Contudo, em trabalhos conduzidos em condições tropicais evidenciou-se que a associação entre suplementos nitrogenados e energéticos (e.g., amido) pode implicar efeito interativo positivo sobre o metabolismo dos compostos nitrogenados tanto por intermédio da ampliação na assimilação de nitrogênio microbiano no rúmen (Souza et al., 2010; Lazzarini et al., 2013) como, principalmente, pela otimização de utilização da proteína metabolizável (PM), implicando incremento na balanço de compostos nitrogenados e, conseqüentemente, na produção animal (Lazzarini, 2011; Valente et al., 2011; Figueiras, 2013; Detmann et al., 2014b).

Em trabalhos mais recentes (e.g., Lazzarini, 2011; Figueiras, 2013; Detmann et al., 2014b) tem se evidenciado que os efeitos metabólicos da suplementação com compostos nitrogenados seriam mais relevantes para o incremento na produção animal. Estes efeitos estariam associados a deficiências denominadas de “deficiências secundárias de nitrogênio”, as quais seriam diferentes das deficiências primárias, que estão associadas exclusivamente a deficiências microbianas (Detmann et al., 2014c).

A existência de deficiências secundárias tem sido comprovada pelo fato de os incrementos na produção de nitrogênio microbiano no rúmen com o uso de suplementos nitrogenados responderem apenas parcialmente pelo incremento na retenção total de nitrogênio no organismo animal (Costa et al., 2011; Lazzarini, 2011; Figueiras, 2013). Assim,

estas deficiências secundárias de nitrogênio seriam descritas por limitações no status de nitrogênio no organismo animal (Detmann et al., 2014b; 2014c). Nestas condições, menor proporção dos compostos nitrogenados seria utilizada para fins anabólicos, deprimindo a produção animal (Detmann et al., 2014c). Com a suplementação proteica, o pool total de compostos nitrogenados no metabolismo animal seria incrementado, reduzindo a proporção destes que seria utilizada para funções de sobrevivência e manutenção, decrescendo a mobilização de proteína a partir das reservas corporais e ampliado a disponibilidade de substratos nitrogenados para reações anabólicas (Rufino, 2011; Detmann et al., 2014c).

Neste sentido, a suplementação concomitante com compostos energéticos como o amido poderia ampliar a disponibilidade de energia metabolizável (EM), otimizando as reações anabólicas e elevando a eficiência de uso da PM (Schroeder & Titgemeyer, 2008; Detmann et al., 2014c). Contudo, resultados efetivos que permitiram entender o processo de interação entre a elevação no status de nitrogênio com o uso de suplementos nitrogenados e a ampliação da EM por intermédio de suplementos energéticos são ainda escassos em condições tropicais. A elucidação destes mecanismos poderia gerar informação essencial para o desenvolvimento e aplicação de programas de suplementação de bovinos de corte em pastejo nos trópicos.

Por outro lado, durante a estação chuvosa (época das águas) as gramíneas tropicais sob pastejo exibem intenso crescimento e a forragem produzida possui valor nutritivo superior àqueles observados 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).

De forma notória, os pastos tropicais durante o período chuvoso não são considerados deficientes em PB (Poppi & McLennan, 1995; Detmann et al., 2010), fazendo com que

deficiências primárias de nitrogênio (deficiências microbianas) não sejam observadas neste período (Detmann et al., 2014c). Este fato tem levado pesquisadores a concluir que não existiriam deficiências de compostos nitrogenados e que, conseqüentemente, ganhos com a suplementação nitrogenada não poderiam ser obtidos.

No entanto, a avaliação dos pastos tropicais durante o período chuvoso indica que há um desequilíbrio na relação proteína:energia, com excesso relativo de energia (Detmann et al., 2010; 2014a). Isso indica diretamente que os programas de suplementação a serem utilizados neste período devem focar prioritariamente o estabelecimento de um equilíbrio dietético que envolva a elevação da concentração dietética de proteína para que o excedente relativo de substratos energéticos da forragem possa ser transformado em produto animal. Desta forma, a suplementação na época das águas deveria ser centrada em características essencialmente proteicas (Detmann et al., 2010; 2014a; 2014c; Figueiras, 2013), excetuando-se os casos em que pastos de alto nível proteico são disponibilizados aos animais, o que em termos de gramíneas tropicais somente tem sido obtido quando manejos intensivos do pasto são associados a quantidades elevadas de adubação nitrogenada.

Assim, de forma similar ao período seco, os efeitos principais da suplementação com compostos nitrogenados estariam associados à redução/eliminação de deficiências secundárias de nitrogênio (deficiências metabólicas), envolvendo a partição de compostos nitrogenados entre as finalidades de sobrevivência, manutenção e anabolismo (Detmann et al., 2014b), o que obviamente implica inter-relação e interação entre as eficiências de uso da PM e EM (Schroeder & Titgemeyer, 2008; Detmann et al., 2014b).

Desta forma, haveria semelhança nos mecanismos metabólicos de ação dos compostos nitrogenados durante os períodos de seca e águas e, à semelhança do que foi previamente argumentado para o período seco, o entendimento do processo de interação entre elevação no status de nitrogênio com o uso de suplementos nitrogenados e ampliação da EM por

intermédio de suplementos energéticos é ainda considerado incipiente em condições tropicais, mesmo considerando-se animais manejados durante o período de chuvas.

Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados associados ou não a compostos energéticos sobre o desempenho nutricional e características metabólicas de bovinos alimentados com forragens tropicais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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-proteico e/ou proteína verdadeira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2815-2826, 2011.
- 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 fibre 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.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F.; HUHTANEN, P. Nutritional aspects applied to grazing cattle in tropics: a review based on Brazilian results. **Semina Ciências Agrárias**, v.35, p.2829-2854, 2014a.
- 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**, v.162, p.141-153, 2014b.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; BATISTA, E.D.; RUFINO, L.M.A. Aspectos nutricionais aplicados a bovinos em pastejo nos trópicos. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 9, 2014, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2014c. p.239-268.

- FIGUEIRAS, J.F. **Desempenho nutricional de bovinos em pastejo suplementados durante os períodos de transição seca águas e de águas**. 2013. 73f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2013.
- 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.
- 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, 2011.
- LAZZARINI, I.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C.B.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.A.; OLIVEIRA, F.A. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2021-2030, 2009.
- LAZZARINI, I.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA, P.T.; REIS, W.L.S. Nutritional performance of cattle grazing on low-quality tropical forage supplemented with nitrogenous compounds and/or starch. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, p.664-674, 2013.
- LENG, R.A. Factors affecting the utilization of poor-quality forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutrition Research Reviews**, v.3, p.277-303, 1990.
- 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.
- RUFINO, L.M.A. **Suplementação nitrogenada ruminal e/ou pós-ruminal 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.; LAZZARINI, I.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.A.; LAZZARINI, I.; PAULINO, P.V.; 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.

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.

SOUZA, M.A.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; SAMPAIO, C.B.; LAZZARINI, I.; VALADARES FILHO, S.C. Intake, digestibility and rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and/or starch. **Tropical Animal Health and Production**, v.42, p.1299-1310, 2010.

VALENTE, E.E.L.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; BARROS, L.V.; ACEDO, T.S.; COUTO, V.R.M.; LOPES, S.A. Levels of multiple supplements or nitrogen salt for beef heifers in pasture during the dry season. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2011-2019, 2011.

## **CAPÍTULO 1**

### **Desempenho nutricional e características metabólicas de bovinos alimentados com forragens tropicais e suplementados com compostos nitrogenados associados ou não à suplementação com amido**

#### **Introdução**

A baixa concentração de proteína bruta (PB) e alta lignificação da fração fibrosa insolúvel durante a época seca do ano faz com que as forragens tropicais sejam consideradas de baixa qualidade (Paulino et al., 2008). Nestes casos, as concentrações de PB encontram-se abaixo dos valores considerados limítrofes para que os microrganismos ruminais apresentem plena capacidade de degradação dos carboidratos fibrosos (<70-80 g PB/kg de matéria seca), o que limita o crescimento das bactérias que utilizam estes como substrato (Lazzarini et al., 2009; Figueiras et al., 2010). Assim, nestas circunstâncias, verifica-se deficiência dietética de proteína, tornando a suplementação com compostos nitrogenados meta prioritária para ampliar a utilização da forragem de baixa qualidade (Detmann et al., 2010; Souza et al., 2010).

Por outro lado, os pastos tropicais durante o período chuvoso apresentam desequilíbrio na relação proteína:energia, com excesso relativo de energia (Detmann et al., 2010). Desta forma, os programas de suplementação utilizados durante a época das águas devem focar no estabelecimento de equilíbrio dietético que envolva a elevação da concentração dietética de proteína para que o excedente relativo de substratos energéticos da forragem possa ser transformado em produto animal (Detmann et al., 2014a).

Suplementações essencialmente energéticas, em ambos os períodos, não são capazes de prover substratos para o aproveitamento dos nutrientes do pasto, podendo incorrer em queda na degradação da fibra (Mlay et al., 2007; Costa et al., 2008; Souza et al., 2010), redução do consumo voluntário de forragem por intermédio de desequilíbrios metabólicos (Costa et al., 2011a) ou simplesmente não exercer nenhum efeito sobre as eficiências produtiva e metabólica dos animais (Lazzarini, 2011; Figueiras, 2013).

Contudo, a deposição de tecido corporal depende das eficiências de uso da energia e da proteína metabolizável, pois estas estão inter-relacionadas. Dessa forma, a eficiência de deposição de proteína depende da disponibilidade energética, assim como a eficiência de uso da energia no metabolismo depende da disponibilidade de aminoácidos (Schroeder & Titgemeyer, 2008).

Trabalhos conduzidos em condições tropicais permitem evidenciar que a associação entre suplementos energéticos e nitrogenados podem implicar efeito interativo sobre o metabolismo dos compostos nitrogenados, reduzindo os efeitos deletérios da suplementação exclusivamente energética e incrementando a assimilação de nitrogênio pelos microrganismos do rúmen e a retenção de nitrogênio no organismo animal (Souza et al., 2010; Lazzarini, 2011; Valente et al., 2011).

Para um sistema de produção animal a pasto ser dito como otimizado, este deve estar baseado na máxima exploração possível do efeito interativo positivo e/ou na minimização do efeito interativo negativo entre recursos basais e suplementares (Detmann et al., 2010). Desta forma, considerando a suplementação conjunta de compostos nitrogenados e energéticos, a maximização do efeito interativo positivo entre a forragem e os componentes do suplemento deve se basear na ampliação da retenção de compostos nitrogenados no organismo animal, o que refletirá em maior ganho de massa corporal, tanto no período seco (forragem de baixa qualidade) quanto no período das águas (forragem de alta qualidade).

Assim sendo, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados isolados ou em conjunto com a suplementação com amido sobre o desempenho nutricional e características metabólicas de bovinos alimentados com forragens tropicais de baixa ou média qualidade.

## **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Animais e no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

Foram utilizados quatro novilhos mestiços Europeu × Zebu, não castrados, com peso corporal (PC) médio inicial de  $381 \pm 19$  kg. Os animais foram fistulados no rúmen e no abomaso aproximadamente 30 dias antes do início do experimento. Os procedimentos experimentais foram conduzidos conforme normas da Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção da Universidade Federal de Viçosa (CEUAP-UFV; protocolo 112/2014).

O experimento foi conduzido segundo delineamento em quadrado latino  $4 \times 4$  balanceado para efeitos residuais (Cochran & Cox, 1957). Os animais foram alimentados ad libitum com feno de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.). Foram utilizados feno de baixa e média qualidade que continham teores médios de PB de 81,4 e 96,2 g/kg de matéria seca (MS) e 334,7 e 290,1 g de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi)/kg MS, respectivamente (Tabela 1).

Os animais foram mantidos em baias individuais, com aproximadamente 10 m<sup>2</sup>, providas de piso de borracha, comedouro e bebedouro, com acesso irrestrito a água e mistura mineral completa.

Previamente ao início do experimento os animais foram adaptados por 15 dias às condições de manejo, às instalações e à forragem ofertada, foram tratados contra ecto/endoparasitas e receberam vitaminas A, D e E injetáveis.

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), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), carboidratos não fibrosos (CNF), lignina e FDN indigestível (FDNi) nos fenos de baixa (BQ) e média (MQ) qualidade e nos suplementos

Item	Feno BQ <sup>4</sup>	Feno MQ <sup>4</sup>	Caseína	Amido
MS <sup>1</sup>	894,1±1,3	896,5±1,1	877,1	887,3
MO <sup>2</sup>	938,4±0,4	939,2±0,8	976,9	998,1
PB <sup>2</sup>	81,4±0,7	96,2±0,8	879,9	4,9
EE <sup>2</sup>	6,1±0,2	7,9±0,2	4,6	2,6
FDNcp <sup>2</sup>	791,6±2,0	762,3±2,0	-	-
PIDN <sup>2</sup>	48,0±0,5	63,0±0,7	-	-
CNF <sup>2,3</sup>	59,3±2,2	72,8±1,7	92,4	990,6
Lignina <sup>2</sup>	72,1±0,6	58,2±0,5	-	-
FDNi <sup>2</sup>	334,7±1,4	290,1±1,7	-	-

<sup>1</sup>g/kg de matéria natural. <sup>2</sup>g/kg de matéria seca. <sup>3</sup>Calculados segundo Detmann & Valadares Filho (2010). <sup>4</sup>Média ± erro padrão.

O experimento foi constituído de quatro períodos experimentais com 28 dias de duração. Cada período experimental foi subdividido em dois subperíodos de 14 dias, sendo que no primeiro não houve suplementação e apenas o efeito da forragem basal foi avaliado. Na segunda metade de cada período experimental foram realizadas as mesmas avaliações realizadas no primeiro subperíodo, entretanto os animais foram suplementados. Entre períodos utilizou-se intervalo de cinco dias para auxiliar na redução dos efeitos residuais de tratamentos.

Os animais foram alimentados ad libitum com as respectivas forragens, que foram disponibilizadas às 6h00 e 18h00, permitindo-se sobras de aproximadamente 100 g/kg de

ferragem fornecida. Nestes mesmos horários foram fornecidos os suplementos, sendo que a quantidade total foi fracionada em duas porções de mesmo peso acondicionadas em sacos de papel, os quais foram introduzidos no rúmen dos animais.

Foram avaliados os seguintes tratamentos: feno de baixa qualidade e suplementação com compostos nitrogenados na quantidade de 300 g PB/dia; feno de baixa qualidade e suplementação com compostos nitrogenados na quantidade de 300 g/dia de PB e 225 g/dia de amido; feno de média qualidade e suplementação com compostos nitrogenados na quantidade de 300 g/dia de PB; e feno de média qualidade e suplementação com compostos nitrogenados na quantidade de 300 g/dia de PB e 225 g/dia de amido.

O nível adotado de suplementação nitrogenada (300 g PB/dia) correspondeu a aproximadamente 40% das exigências dietéticas de PB de um novilho mestiço Europeu × Zebu com 350 kg PC e ganho esperado de 0,5 kg/dia (Marcondes et al., 2010). Como fonte de PB suplementar foi utilizada a caseína (Tabela 1). A massa de amido suplementar foi adotada de forma que a mistura com a caseína constituísse suplemento com 500 g PB/kg MS.

O consumo voluntário e os coeficientes de digestibilidade total foram avaliados do 6º ao 11º dia e do 20º ao 25º dia de cada período para avaliação sem suplemento e com suplemento, respectivamente. Neste sentido, foi monitorada a quantidade de feno fornecido (6º ao 10º dia e 20º ao 25º dia) e das sobras (7º ao 11º dia e 21º ao 25º dia). Amostras de ferragem e sobras deste período foram compostas proporcionalmente, com base no peso seco ao ar, por animal e subperíodo experimental.

Nos dias 7, 9 e 11; 21, 23 e 25 de cada período experimental para avaliação sem suplemento e com suplemento, respectivamente, foi realizada a coleta total de fezes. As coletas se iniciaram as 6h00. Após 24 horas as fezes foram pesadas, homogeneizadas e uma alíquota de aproximadamente 50 g/kg foi retirada e seca sob ventilação forçada (60°C).

No 13º e 27º dias procedeu-se à coleta total de urina para avaliação sem suplemento e com suplemento, respectivamente. Para esta coleta utilizaram-se funis coletores acoplados sob a região peniana e fixados por alças elásticas no dorso dos animais. Os funis eram dotados de mangueiras, as quais conduziram a urina a reservatórios de polietileno que foram mantidos em caixas de isopor com gelo. Ao final de 24 horas, o volume total de urina foi mensurado, sendo obtidas duas alíquotas por animal. A primeira foi conduzida ao Laboratório de Nutrição Animal do DZO para avaliação dos teores de nitrogênio total (método de Kjeldahl; Detmann et al., 2012) e ureia (método enzimático colorimétrico com fator clareante de lípidos; Human®10505). A segunda alíquota de urina foi congelada e enviada para laboratório comercial (Hermes Pardini – Medicina Diagnóstica e Preventiva, Belo Horizonte, Minas Gerais) para quantificação dos teores de 3-metil-histidina por intermédio de cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC).

O fluxo abomasal para estimação da produção microbiana ruminal e balanço de compostos nitrogenados no rúmen foi avaliado por intermédio de coletas pontuais de digesta, realizadas do 7º ao 9º dia e 21º ao 23º dia de cada período experimental para avaliação sem suplemento e com suplemento, respectivamente. As amostras foram obtidas a cada três horas para representação diária, seguindo-se a seguinte distribuição: 7º e 21º dias – 6h00 e 15h00; 8º e 22º dias – 9h00 e 18h00; 9º e 23º dias – 12h00 e 21h00.

No 12º e 26º dias foram tomadas amostras de líquido ruminal nos horários 6h00, 12h00, 18h00 e 24h00 para o isolamento de microrganismos segundo técnica descrita por Cecava et al. (1990). Simultaneamente ao isolamento microbiano foram retiradas alíquotas de líquido ruminal para avaliação do pH, concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) e ácidos graxos voláteis (AGV; acetato, propionato, butirato, isobutirato, valerato e isovalerato). As amostras foram coletadas manualmente na interface líquido:sólido do ambiente ruminal, filtradas por camada tripla de gaze e submetidas à avaliação do pH por intermédio de

potenciômetro digital. Em seguida, foi separada uma alíquota de 40 mL, a qual foi fixada com 1 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1:1) e congelada (-20°C) para posterior análise da concentração de NAR. Uma segunda alíquota de 10 mL foi fixada com 1 mL de ácido metafosfórico (200 g/L) e congelada (-20°C) para avaliação posterior da concentração de AGV.

Concomitantemente à coleta de líquido ruminal foram tomadas amostras sanguíneas dos animais diretamente da veia jugular utilizando-se tubos com vácuo e gel acelerador de coagulação (BD Vacutainer<sup>®</sup>, SST II Advance). As amostras foram imediatamente centrifugadas (2700 × g; 20 minutos) para separação do soro e ao final do dia foram produzidas amostras compostas por animal (volumes iguais para cada coleta) que foram enviadas a laboratório comercial (Hermes Pardini – Medicina Diagnóstica e Preventiva, Belo Horizonte, Minas Gerais) para serem analisadas quanto à concentração de aminoácidos livres por cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC; cromatografia quantitativa de aminoácidos), glicose (método enzimático glicose oxidase-peroxidase), insulina (Coat-a-count insulin, DPC-Medlab TKIN5<sup>®</sup>), IGF1 (ensaio imunorradiométrico; DSL-5600 IRMA Active<sup>™</sup>) e ureia (método enzimático colorimétrico com fator clareante de lípidos; Human<sup>®</sup> 10505).

Realizou-se procedimento de esvaziamento total do rúmen para quantificação da massa residente de fibra e quantificação das taxas de passagem e de degradação da fibra. As coletas foram realizadas às 12h00 (6h após a alimentação matinal, ou seja, equidistantes entre as refeições) do 14º e 28º dias e às 6h00 (antes do fornecimento matinal de forragem) do 15º e 29º dias de cada período experimental para avaliação sem suplemento e com suplemento, respectivamente. O material coletado foi acondicionado em recipiente de polietileno e pesado. Após homogeneização, alíquota de aproximadamente 50 g/kg do material foi retirada, sendo o material restante retornado ao rúmen dos animais.

As amostras de feno, sobras, fezes, digesta abomasal e de conteúdo ruminal foram secas em estufa com ventilação forçada (60°C), processadas em moinho de facas, formando-se duas alíquotas moídas em 1 e 2 mm e compostas, com base no peso seco ao ar, por animal e subperíodo experimental.

As alíquotas processadas em peneiras de porosidade 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), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp; métodos INCT-CA F-002/1, INCT-CA M-002/1 e INCT-CA N-004/1) e lignina (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 720 g/kg; método INCT-CA F-005/1) segundo técnicas descritas por Detmann et al. (2012).

As amostras de feno, sobras, digesta abomasal e de conteúdo ruminal, processadas em peneira de 2 mm, foram avaliadas quanto ao teor de FDN indigestível (FDNi; método INCT-CA F-009/1), utilizando-se sacos F57 (Ankom<sup>®</sup>) em procedimento de incubação in situ por 288 horas, segundo recomendações de Detmann et al. (2012).

O fluxo abomasal de MS foi estimado utilizando-se a FDNi como indicador interno, dividindo-se o consumo de FDNi pela concentração na MS abomasal.

A concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) foi quantificada pela técnica colorimétrica adotada pelo INCT-Ciência Animal (método INCT-CA N-006/1; Detmann et al., 2012). As concentrações obtidas nos diferentes tempos foram combinadas por animal e subperíodo, produzindo-se, ao final, valor único, representativo da média diária de concentração de NAR. Combinação similar foi conduzida sobre os valores de pH ruminal.

As amostras de líquido ruminal relativas à avaliação da concentração de AGV, depois de descongeladas, foram compostas proporcionalmente (volumes iguais para cada coleta) por animal e subperíodo, as quais foram analisadas por cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC; cromatógrafo Shimadzu, modelo SPD-10A VP), utilizando-se coluna de fase reversa

(fase móvel de ácido orto-fosfórico em água, 10 mL/L) e detector ultra-violeta em comprimento de onda de 210 nm.

As amostras de microrganismos ruminais e de digesta abomasal foram avaliadas quanto aos teores de PB (método INCT-CA N-001/1; Detmann et al., 2012) e bases púricas (Ushida et al., 1985). A produção ruminal de compostos nitrogenados microbianos foi quantificada por intermédio do produto entre concentração na digesta abomasal e fluxo diário de MS abomasal. As bases púricas foram utilizadas como indicador para avaliação da concentração microbiana na digesta abomasal, tomando-se como base a relação  $N_{RNA}:N_{total}$  nos microrganismos ruminais.

As taxas relativas à dinâmica ruminal da FDN, da FDN potencialmente digestível (FDN<sub>pd</sub>) e da FDN<sub>i</sub> foram estimadas por intermédio das equações:

$$MRFDN = MRm \times [FDNR] \quad (1);$$

$$MRFDN_i = MRm \times [FDN_iR] \quad (2);$$

$$MRFDN_{pd} = MRFDN - MRFDN_i \quad (3);$$

$$kiFDN = \frac{CFDN}{MRFDN} \div 24 \quad (4);$$

$$kiFDN_{pd} = \frac{CFDN_{pd}}{MRFDN_{pd}} \div 24 \quad (5);$$

$$kpFDN = \frac{FaFDN}{MRFDN} \div 24 \quad (6);$$

$$kpFDN_{pd} = \frac{FaFDN - CFDN_i}{MRFDN_{pd}} \div 24 \quad (7);$$

$$kpFDN_i = \frac{CFDN_i}{MR_i} \div 24 \quad (8);$$

$$kdFDN_{pd} = kiFDN_{pd} - kpFDN_{pd} \quad (9);$$

em que: MRFDN = massa ruminal de FDN (g); MRm = massa ruminal de MS (g); [FDNR] = concentração ruminal de FDN (g/g de MS); MRFDNpd = massa ruminal de FDNpd (g); MRFDNi = massa ruminal de FDNi (g); [FDNiR] = concentração ruminal de FDNi (g/g de MS); kiFDN = taxa de ingestão de FDN (/h); CFDN = consumo de FDN (g/dia); kiFDNpd = taxa de ingestão de FDNpd (/h); CFDNpd = consumo de FDNpd (g/dia); kpFDN= taxa de passagem ruminal da FDN (/h); FaFDN = fluxo abomasal de FDN (g/dia); kpFDNpd= taxa de passagem ruminal da FDNpd (/h); CFDNi = consumo de FDNi (g/dia); kpFDNi = taxa de passagem ruminal da FDNi (/h); MRi = massa ruminal de FDNi (g); e kdFDNpd= taxa de degradação da FDNpd (/h).

O experimento foi conduzido e analisado segundo delineamento em quadrado latino  $4 \times 4$  balanceado para efeitos residuais (Cochran & Cox, 1957), incluindo os efeitos de tratamento (fixo), animal (aleatório) e período experimental (aleatório). A comparação entre tratamentos no segundo subperíodo (com suplementação) foi conduzida segundo esquema fatorial  $2 \times 2$  (forragem de baixa ou média qualidade e presença ou não de suplementação com amido). A comparação entre as características mensuradas sem ou com suplementação (comparações entre o primeiro e segundo subperíodos) foi realizada por intermédio de medidas repetidas no tempo seguindo-se a metodologia de modelos mistos (Kaps & Lamberson, 2004). A escolha da melhor estrutura de matriz de (co)variâncias foi realizada por intermédio do critério de Akaike corrigido, optando por estrutura VC (variance components). Todas as avaliações estatísticas foram conduzidas por intermédio do procedimento MIXED do SAS (versão 9.4) adotando-se  $\alpha = 0,05$ .

## Resultados

Na ausência de suplementação, verificou-se maior consumo voluntário ( $P < 0,05$ ) para a forragem de média qualidade em relação à forragem de baixa qualidade (Tabela 2).

O fornecimento de suplementos elevou o consumo de PB ( $P < 0,05$ ). De outra forma, a suplementação decresceu ( $P < 0,05$ ) o consumo de forragem de média qualidade, mas não afetou ( $P > 0,05$ ) o consumo de forragem de baixa qualidade. Como consequência, observou-se decréscimo ( $P < 0,05$ ) no consumo de FDN e FDN digerida (FDND) para a forragem de média qualidade com o fornecimento de suplementos. O fornecimento de suplementos não alterou ( $P > 0,05$ ) o consumo de MO digerida (MOD; Tabela 2).

Durante o fornecimento dos suplementos, observaram-se maiores consumos ( $P < 0,05$ ), com exceção ( $P > 0,05$ ) do consumo de FDN (g/kg PC), para a forragem de média qualidade. Não foi verificado efeito ( $P > 0,05$ ) da suplementação energética ou interação entre a qualidade da forragem e suplementação energética sobre o consumo voluntário. Contudo, ressalta-se que houve tendência de redução ( $P < 0,07$ ) no consumo de FDND com o fornecimento de amido aos animais (Tabela 2).

A relação PB:MOD não foi afetada ( $P > 0,05$ ) pela qualidade da forragem dentro de cada subperíodo. Adicionalmente, não foram verificados efeitos da suplementação energética e da interação entre suplementação energética e qualidade da forragem ( $P > 0,05$ ). No entanto, a relação PB:MOD foi ampliada ( $P < 0,05$ ) com o fornecimento de suplementos (Tabela 2).

No subperíodo sem suplementação, os coeficientes de digestibilidade total e a concentração dietética de MOD foram superiores ( $P < 0,05$ ) com o fornecimento de forragem de média qualidade (Tabela 3).

Tabela 2 - Consumos de matéria seca (MS), MS de forragem (MSF), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), MO digerida (MOD), FDNcp digerida (FDNcpD) e relação entre os consumos de PB e MOD (g PB/kg MOD) em função dos diferentes tratamentos

Item	Sem suplementação <sup>1</sup>		EPM	Com suplementação <sup>2,3</sup>				EPM	Valor P <sup>4</sup>			
	BQ	MQ		BQ	BQ + E	MQ	MQ + E		Qss	Qcs	E	Qcs × E
	kg/dia											
MS	5,92	7,14	0,315	6,09	6,37*	6,92	6,92	0,445	<0,001	<0,001	0,398	0,404
MSF	5,92	7,14	0,315	5,83	5,90	6,65*	6,46*	0,445	<0,001	<0,001	0,709	0,404
MO	5,56	6,71	0,296	5,73	6,01	6,51	6,53	0,418	<0,001	<0,001	0,302	0,374
PB	0,48	0,69	0,027	0,72*	0,72*	0,86*	0,84*	0,039	<0,001	<0,001	0,768	0,615
FDNcp	4,68	5,44	0,266	4,62	4,67	5,07*	4,92*	0,377	<0,001	0,025	0,757	0,423
MOD	3,18	4,12	0,195	3,44	3,23	4,05	3,96	0,276	<0,001	0,001	0,419	0,756
FDNcpD	2,76	3,42	0,182	2,85	2,50	3,14*	2,91*	0,257	<0,001	0,029	0,064	0,676
PB:MOD	151	167	10,6	209*	223*	212*	212*	15,0	0,069	0,766	0,656	0,340
	g/kg PC											
MS	14,7	17,6	0,53	15,1	15,8	16,9	17,1	0,75	<0,001	0,003	0,329	0,573
MSF	14,7	17,6	0,53	14,4	14,6	16,2*	15,9*	0,74	<0,001	0,003	0,920	0,563
MO	13,8	16,5	0,50	14,2	14,9	15,9	16,1	0,70	<0,001	0,002	0,252	0,571
FDNcp	11,5	13,3	0,46	11,6	11,8	12,4*	12,2*	0,65	<0,001	0,104	0,948	0,554

<sup>1</sup> Subperíodo sem suplementação; BQ: forragem de baixa qualidade; MQ: forragem de média qualidade.

<sup>2</sup> Subperíodo com suplementação; BQ: forragem de baixa qualidade e suplementação com compostos nitrogenados; BQ + E: forragem de baixa qualidade e suplementação com compostos nitrogenados e energéticos; MQ: forragem de média qualidade e suplementação com compostos nitrogenados; MQ + E: forragem de média qualidade e suplementação com compostos nitrogenados e energéticos.

<sup>3</sup> Médias seguidas por (\*) diferem do obtido com a alimentação exclusiva com a respectiva forragem no primeiro subperíodo.

<sup>4</sup> Qss: efeito da qualidade da forragem sem suplementação; Qcs: efeito da qualidade da forragem com suplementação; E: efeito da suplementação energética; Qcs × E: interação entre a qualidade da forragem com suplementação e a suplementação energética.

Com o fornecimento de suplementos foram ampliados ( $P < 0,05$ ) os coeficientes de digestibilidade total da PB em todos os tratamentos avaliados. Contudo, a comparação entre subperíodos indicou não haver efeitos ( $P > 0,05$ ) dos suplementos sobre os coeficientes de digestibilidade total da MO e FDN e sobre a concentração de MOD na dieta (Tabela 3).

Durante o subperíodo com suplementação somente foram verificados efeitos ( $P < 0,05$ ) da qualidade da forragem sobre o coeficiente de digestibilidade total da MO, o qual foi maior ( $P < 0,05$ ) em animais recebendo a forragem de média qualidade. Isto acarretou em maior concentração ( $P < 0,05$ ) de MOD na dieta de animais suplementados e recebendo forragem de média qualidade (Tabela 3).

Foram verificados efeitos ( $P < 0,05$ ) da suplementação energética sobre os coeficientes de digestibilidade total da MO e FDN, os quais foram deprimidos ( $P < 0,05$ ) com o fornecimento de amido. Este comportamento acarretou redução ( $P < 0,05$ ) da concentração de MOD na dieta dos animais suplementados com amido (Tabela 3).

Não houve interação ( $P > 0,05$ ) entre a qualidade da forragem e suplementação energética (Tabela 3) sobre os coeficientes de digestibilidade.

Durante a ausência de suplementação houve efeito ( $P < 0,05$ ) da qualidade da forragem apenas sobre o enchimento ruminal de FDNi, sendo que este foi maior para o forragem de baixa qualidade. As massas ruminais de FDN e FDNpd não foram afetadas ( $P > 0,05$ ) pela qualidade da forragem durante o subperíodo sem suplementação (Tabela 4).

O fornecimento de suplemento exclusivamente proteico reduziu ( $P < 0,05$ ) a massa residente de FDN para ambas as forragens em comparação ao subperíodo sem suplementação. Por outro lado, o enchimento ruminal de FDNi foi reduzido ( $P < 0,05$ ) com o fornecimento de suplementos somente quando forragem de média qualidade foi ofertada. O enchimento ruminal de FDNpd não variou ( $P > 0,05$ ) com o fornecimento de suplementos (Tabela 4).

Tabela 3 - Coeficientes de digestibilidade (g/g) total da matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e concentração de matéria orgânica digerida na dieta (MOD, g/kg MS) em função dos diferentes tratamentos

Item	Sem suplementação <sup>1</sup>		EPM	Com suplementação <sup>2 3</sup>				EPM	Valor P <sup>4</sup>			
	BQ	MQ		BQ	BQ + E	MQ	MQ + E		Qss	Qcs	E	Qcs × E
MO	0,571	0,614	0,0132	0,601	0,537	0,622	0,607	0,0187	0,028	0,021	0,039	0,198
PB	0,566	0,644	0,0179	0,711*	0,659*	0,724*	0,709*	0,0253	0,003	0,184	0,156	0,421
FDNcp	0,589	0,629	0,0135	0,616	0,536	0,620	0,592	0,0191	0,048	0,128	0,010	0,185
MOD	539	576	12,5	566	507	585	573	17,7	0,039	0,021	0,049	0,194

<sup>1</sup> Subperíodo sem suplementação; BQ: forragem de baixa qualidade; MQ: forragem de média qualidade.

<sup>2</sup> Subperíodo com suplementação; BQ: forragem de baixa qualidade e suplementação com compostos nitrogenados; BQ + E: forragem de baixa qualidade e suplementação com compostos nitrogenados e energéticos; MQ: forragem de média qualidade e suplementação com compostos nitrogenados; MQ + E: forragem de média qualidade e suplementação com compostos nitrogenados e energéticos.

<sup>3</sup> Médias seguidas por (\*) diferem do obtido com a alimentação exclusiva com a respectiva forragem no primeiro subperíodo.

<sup>4</sup> Qss: efeito da qualidade da forragem sem suplementação; Qcs: efeito da qualidade da forragem com suplementação; E: efeito da suplementação energética; Qcs × E: interação entre a qualidade da forragem com suplementação e a suplementação energética.

Da mesma forma que no subperíodo sem suplementação, os enchimentos ruminais de FDN e FDNpd não foram afetados ( $P>0,05$ ) pela qualidade da forragem durante o subperíodo com suplementação. Neste caso, somente a massa ruminal de FDNi foi afetada ( $P<0,05$ ) pela qualidade da forragem, sendo esta maior em animais que receberam forragem de baixa qualidade (Tabela 4).

Não houve efeito ( $P>0,05$ ) da suplementação com compostos energéticos ou interação entre a qualidade da forragem e suplementação energética sobre o enchimento ruminal (Tabela 4).

A qualidade da forragem durante o subperíodo sem suplementação afetou ( $P<0,05$ ) as taxas de ingestão e passagem da FDN e a taxa de passagem da FDNi, sendo todas maiores em animais recebendo forragem de média qualidade. As taxas de ingestão, degradação e passagem da FDNpd não foram influenciadas ( $P>0,05$ ) pela qualidade da forragem durante a ausência de suplementação (Tabela 4).

Nenhum efeito foi observado ( $P>0,05$ ) sobre as taxas de ingestão, degradação e passagem quando comparados os dois subperíodos (com e sem suplementação; Tabela 4).

Observou-se efeito ( $P>0,05$ ) da qualidade da forragem sobre as taxas de ingestão da FDN e de passagem da FDNpd durante a fase com suplementação, as quais foram maiores em animais recebendo forragem de média qualidade. Adicionalmente, não foi verificado efeito ( $P>0,05$ ) da suplementação energética ou interação entre a qualidade da forragem e suplementação energética sobre as taxas de ingestão, degradação e passagem (Tabela 4).

Tabela 4 - Massa ruminal de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro potencialmente digestível (FDNpd) e de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), taxas de ingestão (ki), degradação (kd) e passagem (kp) da FDN, da FDNpd e da FDNi em função dos diferentes tratamentos

Item	Sem suplementação <sup>1</sup>		EPM	Com suplementação <sup>2,3</sup>				EPM	Valor P <sup>4</sup>			
	BQ	MQ		BQ	BQ + E	MQ	MQ + E		Qss	Qcs	E	Qcs × E
Massa ruminal (g/kg PC)												
FDN	16,0	15,4	0,63	14,6*	14,8	13,8*	14,1	0,89	0,232	0,099	0,544	0,979
FDNpd	3,5	4,1	0,33	3,0	3,5	3,7	3,9	0,47	0,083	0,164	0,298	0,757
FDNi	12,5	11,3	0,51	11,6	11,3	10,1*	10,2*	0,726	0,011	0,008	0,776	0,771
Taxas (/h)												
kiFDN	0,030	0,036	0,0017	0,033	0,034	0,037	0,036	0,0024	<0,001	0,017	0,812	0,572
kiFDNpd	0,083	0,089	0,0134	0,111	0,104	0,088	0,081	0,0189	0,706	0,203	0,684	0,995
kdFDNpd	0,076	0,079	0,0136	0,106	0,099	0,079	0,072	0,0192	0,864	0,124	0,674	0,990
kpFDN	0,014	0,016	0,0010	0,015	0,015	0,017	0,016	0,0014	0,002	0,088	0,940	0,662
kpFDNpd	0,007	0,010	0,0015	0,005	0,005	0,009	0,010	0,0021	0,065	0,022	0,928	0,877
kpFDNi	0,016	0,019	0,0012	0,018	0,018	0,019	0,019	0,0017	0,008	0,270	0,847	0,616

<sup>1</sup> Subperíodo sem suplementação; BQ: forragem de baixa qualidade; MQ: forragem de média qualidade.

<sup>2</sup> Subperíodo com suplementação; BQ: forragem de baixa qualidade e suplementação com compostos nitrogenados; BQ + E: forragem de baixa qualidade e suplementação com compostos nitrogenados e energéticos; MQ: forragem de média qualidade e suplementação com compostos nitrogenados; MQ + E: forragem de média qualidade e suplementação com compostos nitrogenados e energéticos.

<sup>3</sup> Médias seguidas por (\*) diferem do obtido com a alimentação exclusiva com a respectiva forragem no primeiro subperíodo.

<sup>4</sup> Qss: efeito da qualidade da forragem sem suplementação; Qcs: efeito da qualidade da forragem com suplementação; E: efeito da suplementação energética; Qcs × E: interação entre a qualidade da forragem com suplementação e a suplementação energética.

Durante o subperíodo sem suplementação, o fornecimento de forragem de média qualidade reduziu ( $P < 0,05$ ) a proporção molar de acetato e ampliou ( $P < 0,05$ ) as proporções molares de propionato, isobutirato e valerato. Como consequência, verificou-se menor ( $P < 0,05$ ) relação acetato:propionato com o fornecimento de forragem de média qualidade. Neste subperíodo não houve efeito ( $P > 0,05$ ) da qualidade da forragem sobre as concentrações de NAR e AGV, sobre o pH ruminal e sobre as proporções molares de butirato e isovalerato (Tabela 5).

A comparação entre os dois subperíodos indicou que o fornecimento de suplementos ampliou ( $P < 0,05$ ) a concentração de NAR e as proporções molares de butirato, valerato e isovalerato para todos os tratamentos avaliados. A proporção molar de acetato foi reduzida ( $P < 0,05$ ) com a suplementação, exceção feita ( $P > 0,05$ ) ao fornecimento de suplemento exclusivamente proteico com forragem de média qualidade. A proporção molar de propionato foi ampliada ( $P < 0,05$ ) e a relação acetato:propionato reduzida ( $P < 0,05$ ) somente com a suplementação proteica em forragem de baixa qualidade (Tabela 5).

Na presença de suplementação, a qualidade da forragem exerceu efeito ( $P < 0,05$ ) apenas sobre as proporções molares de acetato e isobutirato, sendo que maiores proporções de acetato foram verificadas para forragem de baixa qualidade, enquanto o isobutirato apresentou-se em maior proporção molar em animais recebendo forragem de média qualidade (Tabela 5).

Durante o subperíodo com fornecimento de suplementos não foram verificados efeitos ( $P > 0,05$ ) da suplementação energética ou da interação entre suplementação energética e qualidade da forragem sobre as características de fermentação ruminal (Tabela 5).

O consumo de nitrogênio apresentou comportamento análogo ao consumo de PB (Tabela 6).

Tabela 5 - Concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR, mg/dL), pH ruminal, ácidos graxos voláteis (AGV, mmol/dL), proporção molar de acetato, propionato, butirato, isobutirato, valerato, isovalerato (mmol/100mmol) e relação acetato:propionato (A:P) em função dos diferentes tratamentos

Item	Sem suplementação <sup>1</sup>		EPM	Com suplementação <sup>2,3</sup>				EPM	Valor P <sup>4</sup>			
	BQ	MQ		BQ	BQ + E	MQ	MQ + E		Qss	Qcs	E	Qcs × E
NAR	6,01	7,55	1,018	13,40*	12,61*	12,50*	14,40*	1,439	0,194	0,701	0,633	0,253
pH	6,53	6,54	0,093	6,48	6,42	6,49	6,44	0,131	0,813	0,733	0,313	0,931
AGV	14,70	15,93	0,769	14,66	13,52	14,28	15,67	1,088	0,181	0,329	0,889	0,169
Acetato	86,13	84,66	0,310	84,15*	84,62*	83,49	83,00*	0,438	0,002	0,012	0,972	0,254
Propionato	8,48	8,91	0,134	9,23*	8,73	9,28	9,27	0,189	0,018	0,098	0,142	0,156
Butirato	0,22	0,29	0,025	0,49*	0,44*	0,42*	0,48*	0,035	0,072	0,658	0,856	0,117
Isobutirato	4,23	4,98	0,156	4,30	4,25	5,09	5,23	0,220	0,001	<0,001	0,817	0,625
Valerato	0,73	0,84	0,042	1,20*	1,17*	1,12*	1,26*	0,060	0,023	0,978	0,242	0,084
Isovalerato	0,21	0,32	0,075	0,63*	0,79*	0,60*	0,76*	0,106	0,299	0,828	0,133	>0,999
A:P	10,17	9,52	0,164	9,12*	9,71	9,00	9,00	0,232	0,006	0,064	0,177	0,176

<sup>1</sup> Subperíodo sem suplementação; BQ: forragem de baixa qualidade; MQ: forragem de média qualidade.

<sup>2</sup> Subperíodo com suplementação; BQ: forragem de baixa qualidade e suplementação com compostos nitrogenados; BQ + E: forragem de baixa qualidade e suplementação com compostos nitrogenados e energéticos; MQ: forragem de média qualidade e suplementação com compostos nitrogenados; MQ + E: forragem de média qualidade e suplementação com compostos nitrogenados e energéticos.

<sup>3</sup> Médias seguidas por (\*) diferem do obtido com a alimentação exclusiva com a respectiva forragem no primeiro subperíodo.

<sup>4</sup> Qss: efeito da qualidade da forragem sem suplementação; Qcs: efeito da qualidade da forragem com suplementação; E: efeito da suplementação energética; Qcs × E: interação entre a qualidade da forragem com suplementação e a suplementação energética.

No subperíodo sem suplementação houve efeito ( $P<0,05$ ) da qualidade da forragem sobre a excreção fecal de nitrogênio (EFN), balanço de compostos nitrogenados (BN) e eficiência de utilização do nitrogênio (EFUN), sendo que maiores valores foram obtidos em animais que recebiam forragem de média qualidade. O balanço de compostos nitrogenados no rúmen (BNR) foi maior ( $P<0,05$ ) quando forragem de baixa qualidade foi utilizada na alimentação dos animais. Ressalta-se que em ambas as forragens foram verificados valores negativos para BNR quando os animais não recebiam suplemento (Tabela 6).

A produção ruminal de compostos nitrogenados microbianos (NMIC) foi afetada ( $P<0,05$ ) pela qualidade da forragem tanto sem suplementação, quanto com suplementação. Em ambas as circunstâncias, o NMIC foi maior ( $P<0,05$ ) em animais recebendo forragem de média qualidade. Além disso, houve efeito ( $P<0,05$ ) da suplementação energética, pois o NMIC foi incrementado quando os animais recebiam amido na dieta, independentemente da qualidade da forragem (Tabela 6).

A eficiência de síntese microbiana (EFM) foi maior ( $P<0,05$ ) em animais recebendo forragem de baixa qualidade tanto no subperíodo sem suplementação, quanto no subperíodo com suplementação (Tabela 6).

A comparação entre os dois subperíodos indicou que o fornecimento de suplementos ampliou ( $P<0,05$ ) a excreção urinária de nitrogênio ureico (EUNU), a concentração de nitrogênio ureico no soro (NUS) e o NMIC para todos os tratamentos avaliados. A excreção urinária de nitrogênio (EUN) foi maior ( $P<0,05$ ) apenas com a suplementação exclusivamente nitrogenada para a forragem de média qualidade. A EFN não foi afetada ( $P>0,05$ ) pelo fornecimento de suplementos. O fornecimento de suplementos incrementou ( $P<0,05$ ) o BNR para forragem de baixa qualidade quando acrescida de amido e forragem de média qualidade com ambos os suplementos (Tabela 6).

Tabela 6 - Consumo de nitrogênio (CN, g/dia), excreção urinária de nitrogênio (EUN, g/dia), excreção fecal de nitrogênio (EFN, g/dia), balanço de compostos nitrogenados (BN, g/dia), eficiência de utilização do nitrogênio (EFUN, g N retido/g N ingerido), balanço de compostos nitrogenados no rúmen (BNR, g/dia), excreção urinária de nitrogênio ureico (EUNU, g/dia), concentração de nitrogênio ureico no soro (NUS, mg/dL), concentração sanguínea de aminoácidos (AA,  $\mu\text{mol/L}$ ), excreção urinária de 3-metil-histidina (3MH,  $\mu\text{mol/g}$  de creatinina), fluxo intestinal de compostos nitrogenados microbianos (NMIC, g/dia) e eficiência de síntese microbiana (EFM, g PB microbiana/kg de MOD) em função dos diferentes tratamentos

Item	Sem suplementação <sup>1</sup>		EPM	Com suplementação <sup>2,3</sup>				EPM	Valor P <sup>4</sup>			
	BQ	MQ		BQ	BQ + E	MQ	MQ + E		Qss	Qcs	E	Qcs × E
CN	77,4	110,2	4,37	114,6*	115,3*	137,7*	134,7*	6,18	<0,001	<0,001	0,765	0,615
EUN	39,2	38,4	5,34	57,3	49,2	61,7*	59,0	7,56	0,896	0,277	0,407	0,675
EFN	33,3	39,1	2,21	33,2	39,1	38,3	39,1	3,12	0,007	0,194	0,094	0,194
BN	4,9	32,8	5,01	26,2*	27,0*	37,7	36,7	7,09	<0,001	0,116	0,985	0,887
EFUN	0,059	0,292	0,0404	0,220*	0,238*	0,263	0,283	0,0571	<0,001	0,409	0,719	0,985
BNR	-10,9	-31,4	6,94	-6,0	8,0*	13,5*	6,9*	9,81	0,004	0,155	0,560	0,116
EUNU	20,5	21,6	4,26	45,0*	36,0*	45,3*	45,7*	6,03	0,843	0,370	0,439	0,401
NUS	10,7	10,6	1,11	17,0*	16,5*	15,7*	17,7*	1,56	0,852	0,987	0,456	0,246
AA	1692	1624	301,6	2334	2330	2325	2097	426,5	0,828	0,697	0,709	0,717
3MH	116,4	149,4	22,49	99,3	93,5	169,3	140,3	31,80	0,297	0,074	0,579	0,710
NMIC	65,2	66,7	0,67	69,4*	71,1*	69,9*	74,0*	0,95	0,023	0,010	<0,001	0,066
EFM	129	103	6,4	128	140	112	118	9,0	<0,001	0,003	0,122	0,646

<sup>1</sup> Subperíodo sem suplementação; BQ: forragem de baixa qualidade; MQ: forragem de média qualidade.

<sup>2</sup> Subperíodo com suplementação; BQ: forragem de baixa qualidade e suplementação com compostos nitrogenados; BQ + E: forragem de baixa qualidade e suplementação com compostos nitrogenados e energéticos; MQ: forragem de média qualidade e suplementação com compostos nitrogenados; MQ + E: forragem de média qualidade e suplementação com compostos nitrogenados e energéticos.

<sup>3</sup> Médias seguidas por (\*) diferem do obtido com a alimentação exclusiva com a respectiva forragem no primeiro subperíodo.

<sup>4</sup> Qss: efeito da qualidade da forragem sem suplementação; Qcs: efeito da qualidade da forragem com suplementação; E: efeito da suplementação energética; Qcs × E: interação entre a qualidade da forragem com suplementação e a suplementação energética.

O BN e a EFUN foram maiores ( $P < 0,05$ ) no subperíodo com suplementação apenas para a forragem de baixa qualidade em ambos os esquemas de suplementação. Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) da suplementação sobre a concentração de aminoácidos totais no sangue, sobre excreção urinária de 3-metil-histidina e sobre a EFM (Tabela 6).

Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) da qualidade da forragem sobre EUN, EUNU, NUS, concentração de aminoácidos totais e excreção urinária de 3-metil-histidina durante o subperíodo sem suplementação. Da mesma forma, durante o subperíodo em que os animais foram suplementados, não houve efeito ( $P > 0,05$ ) da qualidade da forragem sobre EUN, EFN, BN, EFUN, BNR, EUNU, NUS, concentração de aminoácidos totais e excreção urinária de 3-metil-histidina (Tabela 6).

Não foram verificados efeitos ( $P > 0,05$ ) da suplementação com compostos energéticos sobre as variáveis mostradas na Tabela 6, exceto para o NMIC apresentado anteriormente. As variáveis relacionadas ao metabolismo de compostos nitrogenados não foram afetadas ( $P > 0,05$ ) pela interação entre a qualidade da forragem e suplementação energética (Tabela 6).

Apenas a concentração sérica de IGF1 sofreu efeito ( $P < 0,05$ ) da qualidade da forragem durante o subperíodo sem suplementação, sendo maior em animais recebendo forragem de média qualidade. As concentrações de glicose, triglicerídeos e insulina não apresentaram efeito ( $P > 0,05$ ) da qualidade da forragem na ausência de suplemento (Tabela 7).

A comparação entre os dois subperíodos indicou que o fornecimento de suplementos ampliou ( $P < 0,05$ ) as concentrações séricas de glicose para forragens de média qualidade apenas quando associada ao fornecimento de suplemento energético. Ainda neste sentido, as concentrações de insulina foram maiores ( $P < 0,05$ ) em forragens de média qualidade com ambos os suplementos, enquanto as concentrações de IGF1 foram maiores ( $P < 0,05$ ) apenas para a forragem de baixa qualidade com ambos os suplementos.

Tabela 7 - Concentração sanguínea de glicose (mg/dL), triglicerídeos (mg/dL), insulina ( $\mu$ UI/mL) e IGF1 (ng/mL) em função dos diferentes tratamentos

Item	Sem suplementação <sup>1</sup>		EPM	Com suplementação <sup>2</sup>				EPM	Valor P <sup>3</sup>			
	BQ	MQ		BQ	BQ + E	MQ	MQ + E		Qss	Qcs	E	Qcs $\times$ E
Glicose	64,5	65,9	3,45	67,8	69,5	74,0	85,8*	4,88	0,772	0,026	0,165	0,299
Triglicerídeos	21,4	22,8	1,81	21,0	20,8	18,5	25,5	2,56	0,569	0,640	0,171	0,143
Insulina	0,70	0,88	0,430	1,50	2,15	2,55*	2,58*	0,608	0,734	0,161	0,514	0,545
IGF1	207,5	285,0	28,27	248,5*	256,3*	287,0	311,5	39,97	0,003	0,053	0,485	0,715

<sup>1</sup> Subperíodo sem suplementação; BQ: forragem de baixa qualidade; MQ: forragem de média qualidade.

<sup>2</sup> Subperíodo com suplementação; BQ: forragem de baixa qualidade e suplementação com compostos nitrogenados; BQ + E: forragem de baixa qualidade e suplementação com compostos nitrogenados e energéticos; MQ: forragem de média qualidade e suplementação com compostos nitrogenados; MQ + E: forragem de média qualidade e suplementação com compostos nitrogenados e energéticos.

<sup>3</sup> Médias seguidas por (\*) diferem do obtido com a alimentação exclusiva com a respectiva forragem no primeiro subperíodo.

<sup>4</sup> Qss: efeito da qualidade da forragem sem suplementação; Qcs: efeito da qualidade da forragem com suplementação; E: efeito da suplementação energética; Qcs  $\times$  E: interação entre a qualidade da forragem com suplementação e a suplementação energética.

O subperíodo no qual os animais recebiam suplementação não apresentou efeito ( $P>0,05$ ) da qualidade da forragem sobre os componentes séricos avaliados, exceto para glicose, a qual foi maior ( $P<0,05$ ) nos animais com dietas a base de forragem de média qualidade e recebendo amido suplementar (Tabela 7).

Adicionalmente, não foram verificados efeitos ( $P>0,05$ ) da suplementação com compostos energéticos sobre os componentes séricos avaliados, bem como interação entre a qualidade da forragem e o fornecimento de compostos energéticos (Tabela 7).

### **Discussão**

Em termos gerais, a qualidade da forragem afetou os consumos durante ambos subperíodos (Tabela 2), sendo menores consumos verificados com a forragem de baixa qualidade. Este comportamento pode ser atribuído à menor qualidade da FDN, com maior concentração de FDNi (Tabela 1) e, conseqüentemente, menor coeficiente de digestibilidade total da FDN desta forragem (Tabela 3). A FDNi apresenta efeito de enchimento ruminal mais proeminente em comparação à FDNpd, uma vez que seu desaparecimento ruminal se dá apenas por passagem (Detmann et al., 2008). Por outro lado, verificou-se, em geral, menor taxa de passagem ruminal para a forragem de baixa qualidade (Tabela 4), corroborando o maior efeito de enchimento associado a esta forragem.

Variações no enchimento do rúmen-retículo têm sido reportadas como possíveis ajustes em relação ao balanço entre requerimentos nutricionais e qualidade da dieta. Isto indica que os animais podem ampliar a capacidade do rúmen-retículo devido, entre outros fatores, a decréscimos na qualidade da dieta (Weston, 1996; Schettini et al., 1999; Rinne et al., 2002). Como verificado neste estudo, a utilização da forragem de menor qualidade implicou ampliação do pool ruminal de FDNi, indicando tentativa de adaptação à dieta de

qualidade inferior (Tabela 4). Contudo, esta adaptação não se mostrou totalmente eficiente em prevenir a queda no consumo voluntário (Tabela 2).

A comparação entre os subperíodos permitiu evidenciar que a forragem de média qualidade quando acrescida de suplementação propiciou redução dos consumos de forragem e da fração fibrosa do alimento (Tabela 2), o que não ocorreu com a forragem de baixa qualidade. Isto indica ter havido efeito substitutivo da forragem de maior qualidade pelo suplemento. A amplitude de substituição do consumo de forragem por suplementos está positivamente correlacionada com a qualidade da forragem (Minson, 1990).

A suplementação com compostos nitrogenados para animais consumindo forragem de baixa qualidade teria o potencial de fornecer substratos ao ambiente ruminal e assim favorecer o crescimento de bactérias fibrolíticas; como consequência, haveria aumento da degradação da fibra e ampliação do consumo voluntário de forragem (Leng, 1990; Detmann et al., 2009; Souza et al., 2010). Entretanto, não foram verificados efeitos positivos do fornecimento de compostos nitrogenados sobre o consumo de forragem (Tabela 2), sobre a taxa de degradação da FDN<sub>pd</sub> (Tabela 4) e sobre o coeficiente de digestibilidade dos compostos fibrosos (Tabela 3) em relação ao subperíodo sem suplementação. De acordo com Van Soest (1994) e Lazzarini et al. (2009), respostas com a suplementação nitrogenada quanto ao consumo de forragem deixam de ser evidentes quando os teores de PB da forragem basal são superiores a 70-80 g/kg MS, o que se aproxima das forragens utilizadas neste estudo (Tabela 1).

Observou-se menor coeficiente de digestibilidade total da PB para forragens de baixa qualidade no subperíodo sem suplementação (Tabela 3). Considerando-se que a digestibilidade aparente de componentes não fibrosos, como a PB, é proporcional ao consumo do componente (Van Soest, 1994), justifica-se neste caso o comportamento do coeficiente de digestibilidade total, haja vista o menor consumo de PB com a forragem de baixa qualidade (Tabela 2). A menor digestibilidade da PB, associada à menor digestibilidade da FDN, como

discutido previamente, acarretou menores coeficientes de digestibilidade da MO e concentração dietética de MOD na forragem de baixa qualidade sem suplementação (Tabela 3).

A comparação entre os subperíodos permitiu evidenciar ampliação do coeficiente de digestibilidade total da PB com o fornecimento de suplementos (Tabela 3), refletindo a alta digestibilidade do suplemento proteico e o efeito positivo do aumento do consumo de compostos nitrogenados (Tabela 2) sobre o coeficiente de digestibilidade aparente da PB, como previamente ressaltado.

Durante o subperíodo com suplementação maiores coeficientes de digestibilidade total da MO foram verificados com a forragem de média qualidade (Tabela 3). No entanto, este efeito deve ser analisado em conjunto com os demais coeficientes de digestibilidade, uma vez que, diferentemente da ausência de suplementação, não houve diferença entre forragens quanto ao coeficiente de digestibilidade total da FDN (Tabela 3). A diferença média entre forragens quanto ao coeficiente de digestibilidade da MO para ambos os subperíodos foi similar (0,043 g/g vs. 0,046 g/g). Contudo, no primeiro subperíodo (sem suplementação) a maior contribuição para a melhor digestibilidade da MO da forragem de média qualidade é atribuída à maior digestibilidade da FDN, a qual correspondeu por mais de 75% da dieta (Tabela 1). No segundo subperíodo (com suplementação), a despeito da inclusão de componentes de alta digestibilidade (amido e caseína), a diferença entre forragens quanto ao coeficiente de digestibilidade da MO se manteve, em média estável, indicando efeito conjunto da depressão da digestibilidade da FDN causada pela suplementação com amido (Tabela 3). Isto acarretou em quedas na digestibilidade da MO, na concentração de MOD na dieta (Tabela 3) e no consumo de FDND (Tabela 2) com a suplementação com amido no segundo subperíodo.

A inclusão de carboidratos prontamente fermentáveis na dieta favorece as bactérias fermentadoras de carboidratos não fibrosos em detrimento das bactérias fibrolíticas (Carvalho et al., 2011). 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., 2008), de menor taxa de crescimento e, conseqüentemente, menor capacidade competitiva (Carvalho et al., 2011). Em trabalho conduzido em condições tropicais, Lazzarini (2011) verificou que a suplementação conjunta de amido e compostos nitrogenados eliminou os efeitos deletérios da suplementação exclusiva com amido e afirmou que o fornecimento de compostos nitrogenados minimizaria os eventos de competição no ambiente ruminal. Contudo, neste trabalho, mesmo fornecendo-se amido em conjunto com compostos nitrogenados, verificou-se a presença do “efeito carboidrato” sobre a digestão dos componentes fibrosos. Destaca-se que, durante o subperíodo com suplementação, os níveis de NAR foram superiores aos considerados limítrofes para a atividade fibrolítica ruminal (8 mg NAR/dL; Detmann et al., 2009).

Impactos proeminentes do fornecimento de suplementos foram observados sobre a concentração de NAR, cujos valores médios em animais suplementados e não suplementados foram de 6,78 e 13,23 mg/dL de fluido ruminal (Tabela 4). Este comportamento corrobora que os suplementos nitrogenados tornaram o ambiente ruminal mais adequado à atividade fibrolítica (Detmann et al., 2009) a despeito da ausência de efeitos positivos sobre a digestibilidade (Tabela 3) e a degradação da FDN (Tabela 4).

Mesmo com o fornecimento de suplementos e com a variação na composição dos suplementos não foram verificadas alterações no pH ruminal e na concentração total de AGV. Os principais efeitos foram verificados sobre o padrão de fermentação ruminal. Durante o subperíodo sem suplementação, o fornecimento de forragem de média qualidade decresceu a

proporção molar de acetato, ampliou a proporção molar de butirato e decresceu a relação acetato:propionato (A:P) (Tabela 5), um possível reflexo da maior digestibilidade da fibra da forragem de média qualidade (Tabela 3). Adicionalmente, o fornecimento de forragem de média qualidade ampliou as proporções molares de isobutirato e valerato (Tabela 5), o que pode estar associado à sua maior concentração de PB (Tabela 1). Ressalta-se que com o fornecimento de suplementos as diferenças entre forragens se tornaram menos evidentes, mantendo-se o comportamento previamente relatado apenas para as proporções molares de acetato e isobutirato (Tabela 5).

O fornecimento de suplementos nitrogenados ampliou as proporções molares de valerato e isovalerato, reflexo direto do suprimento de proteína verdadeira. O fornecimento de suplementos ampliou a proporção molar de butirato e decresceu a proporção molar de acetato em três dos quatro tratamentos com suplementação. Isto parece indicar melhorias no padrão de fermentação ruminal com a suplementação, embora alterações consistentes na relação A:P não tenham sido percebidas (Tabela 5).

Mesmo tendo havido efeitos da qualidade da forragem e suplementação sobre o consumo voluntário, digestão e sobre o padrão de fermentação ruminal, os efeitos mais proeminentes parecem ter ocorrido sobre o metabolismo e a eficiência de utilização dos compostos nitrogenados (Tabelas 6 e 7), assim como verificado por outros autores em condições tropicais (Costa et al., 2011b; Lazzarini, 2011; Rufino, 2011; Batista, 2012).

Durante o subperíodo sem suplementação evidenciou-se BNR negativo para ambas as forragens, sendo o menor valor obtido com a forragem de média qualidade (Tabela 6). Este comportamento reflete a maior concentração de MOD verificada para a forragem de média qualidade (Tabela 3). De acordo com Kennedy & Milligan (1978) e Kennedy et al. (1981), a quantidade de MO degradada no rúmen exerce efeito positivo sobre a transferência de ureia da corrente sanguínea para o rúmen. Desta forma, com a maior transferência, amplia-se o

fluxo abomasal de compostos nitrogenados em relação ao consumo de nitrogênio, decrescendo o BNR.

No entanto, valores negativos de BNR estão associados à baixa eficiência metabólica em bovinos alimentados com forragens tropicais (Detmann et al., 2014b). Neste contexto, o fornecimento de suplementos propiciou elevação do BNR em três dos quatro tratamentos avaliados no segundo subperíodo (Tabela 6). No entanto, ressalta-se que os BNR foram negativos na ausência de suplementação e iguais a zero ( $P>0,05$ ) para os quatro tratamentos avaliados no segundo subperíodo. Este comportamento se atribui ao aumento de suprimento de nitrogênio via suplementação, o que permite o estabelecimento de equilíbrio entre input e output de compostos nitrogenados no rúmen (Detmann et al., 2014b). Nenhum efeito da suplementação com amido foi verificado, o que corrobora a afirmativa de Detmann et al. (2014b), de que o equilíbrio de compostos nitrogenados no rúmen é dependente do suprimento de nitrogênio na dieta e não é influenciado pela energia dietética.

A suplementação com compostos nitrogenados incorreu em elevação nas perdas urinárias de nitrogênio ureico. Apesar da observação de incremento em apenas um dos tratamentos em relação ao subperíodo sem suplementação (Tabela 6), verificou-se que as médias de EUN no subperíodo com suplementação foram aproximadamente 46,5% superiores às médias de EUN verificadas no subperíodo sem suplementação. O fornecimento de nitrogênio suplementar ampliou as concentrações de NAR e NUS, o que causou a maior eliminação de compostos nitrogenados via urina.

A melhoria na qualidade da forragem ampliou o BN e a EFUN durante o subperíodo sem suplementação (Tabela 6), o que, em condições de produção, incorreria em maior desempenho animal. A avaliação da excreção de 3-metil histidina indicou não haver efeito da qualidade da forragem sobre o catabolismo muscular (Tabela 6). Assim, os efeitos neste subperíodo parecem ser predominantemente anabólicos, o que é corroborado pela maior

concentração sanguínea de IGF1 nos animais alimentados com forragem de média qualidade (Tabela 7). O IGF1 é um regulador endócrino do crescimento muscular em bovinos e constitui, além de sua ação independente, ligação importante entre o hormônio de crescimento e o processo metabólico de crescimento (Pell & Bates, 1990; Drewnoski et al., 2014), particularmente no músculo esquelético (Lobley, 1992). O maior anabolismo em forragem de média qualidade parece refletir os maiores consumo de PB e MOD em relação à forragem de baixa qualidade (Tabela 2).

Com o fornecimento de suplementos, somente foram obtidos incrementos em BN e EFUN quando os animais foram alimentados com forragem de baixa qualidade, fazendo com que, no subperíodo com suplementação as respostas obtidas com ambas as forragens se tornassem similares (Tabela 6). Segundo Detmann et al. (2014b), os animais respondem em termos de ganho de peso à suplementação proteica até que os teores de PB na forragem alcancem 225 g/kg MS. Contudo, as respostas no ganho (que refletem o BN) decrescem à medida que a concentração de PB na forragem se amplia. Desta forma, parece se justificar a não observação de respostas à suplementação com a forragem de maior qualidade. O aumento de BN e EFUN com a suplementação em forragens de baixa qualidade foi acompanhado por incremento nas concentrações de IGF1 em comparação ao subperíodo sem suplementação (Tabela 7).

Há de se ressaltar que, para a maioria das variáveis associadas ao metabolismo dos compostos nitrogenados, o fornecimento de suplementos anulou as diferenças entre forragens de baixa e média qualidade (Tabela 6).

No entanto, a despeito da ausência de diferenças entre forragens quanto ao BN no subperíodo com suplementação e da ausência de efeitos da suplementação sobre a forragem de média qualidade (Tabela 6), os valores de BN foram, em média, 40% superiores para a forragem de média qualidade em comparação à forragem de baixa qualidade quando os

suplementos foram fornecidos. Concomitantemente, verificou-se que a forragem de média qualidade durante o subperíodo com suplementação tendeu a apresentar ( $P < 0,06$ ) maior concentração de IGF1. Adicionalmente, nesta mesma situação, verificou-se maior concentração de glicose e elevação dos níveis de insulina em relação ao subperíodo sem suplementação (Tabela 7). A maior concentração de glicose pode estar associada à menor relação A:P ( $P < 0,07$ ) observada com a suplementação sobre forragem de média qualidade (Tabela 5) o que pode ter ampliado a disponibilidade de precursores gliconeogênicos. A insulina afeta a captação de glicose e aminoácidos pelo tecido muscular para fins anabólicos (Cunningham, 1992; Rooyackers & Nair, 1997; Davis et al., 2003). Assim, o anabolismo corporal e muscular parecer ter sido estimulado com a suplementação da forragem de média qualidade, embora de forma menos proeminente em relação à forragem de baixa qualidade.

A produção de compostos nitrogenados no rúmen foi superior com o fornecimento de forragem de média qualidade em ambos os subperíodos (Tabela 6), um reflexo direto da maior disponibilidade de nutrientes para o crescimento microbiano. Por outro lado, a disponibilização de nitrogênio via suplementação causou incremento em NMIC, o qual ocorreu ainda de forma mais pronunciada quando amido foi adicionado aos suplementos. O suprimento adicional de energia de rápida disponibilidade no rúmen é capaz de ampliar a produção microbiana por incrementar a assimilação de nitrogênio pelos microrganismos (Souza et al., 2010; Lazzarini, 2011).

Por outro lado, o aumento na qualidade da forragem decresceu a EFM em ambos os subperíodos (Tabela 6). Segundo Detmann et al. (2014b), existe correlação negativa entre a concentração dietética de MOD e a EFM em animais alimentados com forragens tropicais. Neste contexto, ressalta-se que em ambos os subperíodos as concentrações de MOD foram superiores com o uso de forragem de média qualidade (Tabela 3). Decréscimos na EFM estão associados a incrementos na concentração de MOD na dieta possivelmente devido a uma

assincronia entre a disponibilidade de nitrogênio e energia (Bach et al., 2005). Vale ressaltar que o valor médio de EFM obtido neste estudo foi de 120 g PB microbiana/kg MOD, o qual se aproxima do valor médio sugerido pelo CSIRO (2007) (130 g PB microbiana/kg MOD).

Com exceção da influência sobre a produção microbiana no rúmen, o fornecimento de amido não exerceu efeitos sobre o metabolismo animal e a eficiência de utilização dos compostos nitrogenados (Tabelas 6 e 7).

### **Conclusão**

A suplementação com compostos nitrogenados amplia a retenção de nitrogênio no organismo animal, efeito atribuído principalmente a estímulos anabólicos. No entanto, este efeito é mais proeminente quando os animais são alimentados com forragens de baixa qualidade. Nas condições do presente estudo, nenhum impacto positivo sobre o metabolismo animal foi obtido com a suplementação conjunta de compostos nitrogenados e amido.

### **Referências Bibliográficas**

- BACH, A.; CALSAMIGLIA, S.; STERN, M.D. Nitrogen metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.88, p.E9-E21, 2005.
- BATISTA, E.D. **Suplementação nitrogenada ruminal e/ou abomasal em bovinos alimentados com forragem tropical de alta qualidade**. 2012. 51f. 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.

- 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.
- COCHRAN, W.G.; COX, G.M. **Experimental designs**. 2 ed. New York: John Willey & Sons, 1957. 611p.
- COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION – CSIRO. **Nutrient requirements of domesticated ruminants**. Collingwood: CSIRO Publishing, 2007. 270p.
- 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 baixa qualidade em função da suplementação com proteína e/ou carboidratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.494-503, 2008.
- 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, 2011a.
- 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-proteico e/ou proteína verdadeira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2815-2826, 2011b.
- CUNNINGHAM, J.C. **Tratado de Fisiologia Veterinária**. 1 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992. 454p.
- DAVIS, T.A.; SURYAWAN, A.; BUSH, J.A.; O’CONNOR, P.M.J.; THIVIERGE, M.C. Interaction of amino acids and insulin in the regulation of protein metabolism in growing animals. **Canadian Journal of Animal Science**, v.83, p.357-364, 2003.
- 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.; 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 fibre 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.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F.; HUHTANEN, P. Nutritional aspects applied to grazing cattle in tropics: a review based on Brazilian results. **Semina Ciências Agrárias**, v.35, p.2829-2854, 2014a.
- 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**, v.162, p.141-153, 2014b.
- DREWNOSKI, M.E.; HUNTINGTON, G.B.; POORE, M.H. Reduced supplementation frequency increased insulin-like growth factor 1 in beef steers fed medium quality hay and supplemented with a soybean hull and corn gluten feed blend. **Journal of Animal Science**, v.92, p.2546-2553, 2014.
- 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.
- FIGUEIRAS, J.F. **Desempenho nutricional de bovinos em pastejo suplementados durante os períodos de transição seca águas e de águas**. 2013. 73f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2013.

- 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.
- HUHTANEN, P. The effects of intraruminal infusion of sucrose and xylose on nitrogen and fiber digestion in the rumen and intestines of cattle receiving diets of grass silage and barley. **Journal of Agricultural Science in Finland**, v.59, p.405-424, 1987.
- KAPS, A.M.; LAMBERSON, W.R. **Biostatistics for animal science**. London: CABI Publishing, 2004. 445p.
- KENNEDY, P.M.; MILLIGAN, L.P. Transfer of urea from the blood to the rumen of sheep. **British Journal of Nutrition**, v.40, p.149-154, 1978.
- 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, 2011.
- LAZZARINI, I.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C.B.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.A.; OLIVEIRA, F.A. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2021-2030, 2009.
- LENG, R.A. Factors affecting the utilization of "poor-quality" forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutrition Research Reviews**, v.3, p.277-303, 1990.
- LOBLEY, G.E. Control of the metabolic fate of amino acids in ruminants: a review. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3264-3275, 1992.
- MARCONDES, M.I.; GIONBELLI, M.P.; VALADARES FILHO, S.C.; CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, M.F. Protein requirements of zebu beef cattle. In: VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. (Eds.) **Nutrient requirements of zebu beef cattle BR-CORTE**. 2nd. ed. Viçosa: DZO-UFV, 2010. p.107-126.

- MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. San Diego: Academic Press, 1990. 483p.
- MLAY, P.S.; PEREKA, A.E.; BALTHAZARY, S.; PHIRI, E.J.C.; MADSEN, J.; HVELPLUND, T.; WEISBJERG, M.R. In situ degradation of poor quality hay in the rumen of mature heifers as influenced by sugar, starch and nitrogen supplements and an ionic feed additive. **Tanzania Veterinary Journal**, v.24, p.23-37. 2007.
- MOULD, F.L.; ØRSKOV, E.R.; MANN, O. Associative effects of mixed feeds. 1. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of various roughages. **Animal Feed Science and Technology**, v.10, p.15-30, 1983.
- 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.
- PELL, J.M.; BATES, P.C. The nutritonal regulation of growth hormone action. **Nutrition Research Reviews**, v.3, p.163-192, 1990.
- RINNE, M.; HUHTANEN, P.; JAAKOLA, S. Digestive process of dairy cows fed silages harvested at four stages of grass maturity. **Journal of Animal Science**, v.80, p.1986-1998, 2002.
- ROOKE, J.A., LEE, N.H., ARMSTRONG, D.G. The effects of intraruminal infusions of urea, casein, glucose syrup and a mixture of casein and glucose syrup on nitrogen digestion in the rumen of cattle receiving grass-silage diets. **British Journal of Nutrition**, v.57, p.89-98, 1987.
- ROOYACKERS, O.E.; NAIR, K.S. Hormonal regulation of human muscle protein metabolism. **Annual Review of Nutrition**, v.17, p.457-485, 1997.
- RUFINO, L.M.A. **Suplementação nitrogenada ruminal e/ou pós-ruminal em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade**. 2011. 44f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- SCHETTINI, M.A.; PRIGGE, E.C.; NESTOR, E.L. Influence of mass and volume of ruminal contents on voluntary intake and digesta passage of a forage diet in steers. **Journal of Animal Science**, v.77, p.1896-1904, 1999.
- 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.

- SOUZA, M.A.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; SAMPAIO, C.B.; LAZZARINI, I.; VALADARES FILHO, S.C. Intake, digestibility and rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and/or starch. **Tropical Animal Health and Production**, v.42, p.1299-1310, 2010.
- 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.
- VALENTE, E.E.L.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; BARROS, L.V.; ACEDO, T.S.; COUTO, V.R.M.; LOPES, S.A. Levels of multiple supplements or nitrogen salt for beef heifers in pasture during the dry season. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2011-2019, 2011.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- WESTON, R.H. Some aspects of constraint to forage consumption by ruminants. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.47, p.175-197, 1996.

## **CAPÍTULO 2**

### **Desempenho nutricional e características metabólicas de bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e suplementados com compostos nitrogenados associados a diferentes proporções de amido**

#### **Introdução**

A demanda cada vez mais acentuada por produtos de origem animal gera a necessidade de formas mais intensificadas e eficientes de produção. Entre as opções disponíveis, a suplementação com compostos nitrogenados e/ou energéticos tem se mostrado viável para otimização do desempenho animal em pastejo nos trópicos (Souza et al., 2010; Lazzarini, 2011; Detmann et al., 2014a; Detmann et al., 2014b).

A baixa qualidade das forragens tropicais durante o período seco do ano se deve à baixa concentração de proteína bruta (PB) e alta lignificação da fração fibrosa insolúvel (Paulino et al., 2008). Os níveis de PB apresentam valores inferiores aos considerados limítrofes para que os microrganismos ruminais apresentem plena capacidade de degradação dos carboidratos fibrosos (<70-80 g PB/kg de matéria seca; Lazzarini et al., 2009; Figueiras et al., 2010).

Em condições tropicais, a suplementação com compostos nitrogenados constitui meta prioritária para ampliar a utilização da forragem tropical de baixa qualidade (Detmann et al., 2010; Souza et al., 2010). Por outro lado, efeitos negativos podem ser verificados sobre o consumo de forragem de baixa qualidade com a suplementação com carboidratos não fibrosos

(Mlay et al., 2007; Souza et al., 2010). Nestas condições poderia ocorrer redução na utilização da fração fibrosa da forragem devido ao incremento na competição por nutrientes essenciais entre espécies microbianas fibrolíticas e não fibrolíticas, efeito mais proeminente sob baixa disponibilidade de compostos nitrogenados (Costa et al., 2008).

Em trabalhos conduzidos em condições tropicais relatou-se que a associação entre os suplementos energéticos e nitrogenados podem implicar efeito interativo sobre o metabolismo dos compostos nitrogenados reduzindo os efeitos deletérios da suplementação apenas energética sobre a degradação ruminal da fibra, ampliando a produção de compostos nitrogenados microbianos no rúmen e elevando o nível dietético de nutrientes digestíveis totais, possivelmente por reduzir os efeitos da competição entre espécies fibrolíticas e não fibrolíticas (Detmann et al., 2010; Lazzarini, 2011). Nestas condições podem ocorrer efeitos que potencializam a retenção de nitrogênio no organismo animal, o que, em situações de produção, implicaria aumento no ganho de peso (Lazzarini, 2011).

No entanto, pesquisas nas quais se avaliam as relações entre compostos energéticos e nitrogenados em suplementos para animais alimentados com forragens de baixa qualidade e seus efeitos sobre as eficiências metabólica e nutricional ainda são escassas em condições tropicais.

Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados associados a diferentes proporções de amido sobre o desempenho nutricional e características metabólicas de bovinos alimentados com forragens tropicais de baixa qualidade.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Animais e no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

Foram utilizados cinco novilhos mestiços Europeu × Zebu, não castrados, com peso corporal (PC) médio inicial de  $186 \pm 7$  kg. Os animais foram fistulados no rúmen e no abomaso aproximadamente 30 dias antes do início do experimento. Os procedimentos experimentais foram conduzidos conforme normas da Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção da Universidade Federal de Viçosa (CEUAP-UFV; protocolo 112/2014).

O experimento foi conduzido segundo delineamento em quadrado latino  $5 \times 5$ . Os animais foram alimentados ad libitum com feno de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) de baixa qualidade com teor médio de PB de 73,7 g/kg de matéria seca (MS; Tabela 1).

Os animais foram mantidos em baias individuais, com aproximadamente 10 m<sup>2</sup>, providas de piso de borracha, comedouro e bebedouro, com acesso irrestrito a água e mistura mineral completa.

Previamente ao início do experimento os animais foram adaptados por 15 dias às condições de manejo, às instalações e à forragem ofertada, foram tratados contra ecto/endoparasitas e receberam vitaminas A, D e E injetáveis.

O experimento foi constituído de cinco períodos experimentais com 19 dias de duração, sendo os sete primeiros dias destinados à adaptação dos animais aos tratamentos. Entre períodos utilizou-se intervalo de sete dias para auxiliar na redução dos efeitos residuais de tratamentos.

Os animais foram alimentados ad libitum com a forragem, a qual foi disponibilizada às 6h00 e 18h00, permitindo-se sobras de aproximadamente 100 g/kg de forragem fornecida. Nestes mesmos horários foram fornecidos os suplementos, sendo que a quantidade total foi fracionada em duas porções de mesmo peso acondicionadas em sacos de papel, os quais foram introduzidos no rúmen dos animais.

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), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), carboidratos não fibrosos (CNF), lignina e FDN indigestível (FDNi) nos fenos e nos suplementos

Item	Feno <sup>4</sup>	Suplemento proteico	Amido
MS <sup>1</sup>	926,1±1,0	917,6	887,5
MO <sup>2</sup>	952,7±0,3	986,1	998,1
PB <sup>2</sup>	73,7±0,5	1569,7	5,1
EE <sup>2</sup>	5,5±0,2	2,8	2,7
FDNcp <sup>2</sup>	809,2±1,4	-	-
PIDN <sup>2</sup>	42,7±0,6	-	-
CNF <sup>2,3</sup>	64,3±1,6	50,1	990,3
Lignina <sup>2</sup>	73,4±0,1	-	-
FDNi <sup>2</sup>	381,0±2,6	-	-

<sup>1</sup>g/kg de matéria natural. <sup>2</sup>g/kg de matéria seca. <sup>3</sup>Calculados segundo Detmann & Valadares Filho (2010). <sup>4</sup>Média ± erro padrão.

Foram avaliados os seguintes tratamentos: controle, sem suplementação (somente forragem basal); suplementação com compostos nitrogenados na quantidade de 300 g/dia de PB e 0 g/dia de amido; suplementação com compostos nitrogenados na quantidade de 300 g/dia de PB e 300 g/dia de amido; suplementação com compostos nitrogenados na quantidade de 300 g/dia de PB e 600 g/dia de amido; suplementação com compostos nitrogenados na quantidade de 300 g/dia de PB e 900 g/dia de amido.

O nível de suplementação adotado (300 g PB/dia) correspondeu a aproximadamente 55% das exigências dietéticas de PB de um novilho mestiço Europeu × Zebu com 200 kg PC

e ganho esperado de 0,5 kg/dia (Marcondes et al., 2010). Como fonte de compostos nitrogenados suplementares utilizou-se mistura de 1/3 dos compostos nitrogenados oriundos de proteína verdadeira e 2/3 a partir de nitrogênio não proteico (Costa et al., 2011). Como fonte de proteína verdadeira foi utilizada caseína (Tabela 1) e como fonte de nitrogênio não proteico foi utilizada a ureia (mistura de ureia e sulfato de amônio, 9:1). O suplemento energético foi adicionado em massas equivalentes em relação aos compostos nitrogenados, sendo 0, 1, 2 e 3 vezes a massa de equivalentes proteicos (PB).

O consumo voluntário e o coeficiente de digestibilidade total foram avaliados do 8º ao 14º dia. Neste sentido, foi monitorada a quantidade de feno fornecido (8º ao 13º dia) e das sobras (9º ao 14º dia). Amostras de forragem e sobras deste período foram compostas proporcionalmente, com base no peso seco ao ar, por animal e período experimental.

Foi realizada coleta total de fezes nos dias 10, 12 e 14 de cada período experimental, iniciando-se às 6h00. Ao final de cada dia de coleta, as fezes foram pesadas, homogeneizadas e uma alíquota de aproximadamente 50 g/kg foi retirada e seca sob ventilação forçada (60°C).

A coleta total de urina foi realizada no 17º dia de cada período, sendo utilizados funis coletores acoplados sob a região peniana e fixados por alças elásticas no dorso dos animais. Os funis eram dotados de mangueiras, as quais conduziram a urina a reservatórios de polietileno que foram mantidos em caixas de isopor com gelo. Ao final de 24 horas, o volume total de urina foi mensurado, sendo obtidas duas alíquotas por animal e período experimental. A primeira foi conduzida ao Laboratório de Nutrição Animal do DZO para avaliação dos teores de nitrogênio total (método de Kjeldhal; Detmann et al., 2012) e ureia (método enzimático colorimétrico com fator clareante de lípidos; Human® 10505). A segunda alíquota de urina foi congelada e enviada para laboratório comercial (Hermes Pardini – Medicina Diagnóstica e Preventiva, Belo Horizonte, Minas Gerais) para quantificação dos teores de 3-metil-histidina por intermédio de cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC).

No 16º foram tomadas amostras de líquido ruminal nos horários 6h00, 12h00, 18h00 e 24h00 para avaliação do pH e concentrações de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) e ácidos graxos voláteis (AGV; acetato, propionato, butirato, isobutirato, valerato e isovalerato). As amostras foram coletadas manualmente na interface líquido:sólido do ambiente ruminal, filtradas por camada tripla de gaze e submetidas à avaliação do pH por intermédio de potenciômetro digital. Em seguida, foi separada uma alíquota de 40 mL, a qual foi fixada com 1 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1:1) e congelada (-20°C) para posterior análise da concentração de NAR. Uma segunda alíquota de 10 mL foi fixada com 1 mL de ácido metafosfórico (200 g/L) e congelada (-20°C) para avaliação posterior da concentração de AGV.

Concomitantemente à coleta de líquido ruminal foram tomadas amostras sanguíneas dos animais diretamente da veia jugular utilizando-se tubos com vácuo e gel acelerador de coagulação (BD Vacutainer<sup>®</sup>, SST II Advance). As amostras foram imediatamente centrifugadas (2700 × g; 20 minutos) para separação do soro e ao final do dia foram produzidas amostras compostas por animal (volumes iguais para cada coleta) que foram enviadas a laboratório comercial (Hermes Pardini – Medicina Diagnóstica e Preventiva, Belo Horizonte, Minas Gerais) para serem analisadas quanto à concentração de aminoácidos livres por cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC; cromatografia quantitativa de aminoácidos), glicose (método enzimático glicose oxidase-peroxidase), IGF1 (ensaio imunorradiométrico; DSL-5600 IRMA Active<sup>™</sup>) e ureia (método enzimático colorimétrico com fator clareante de lípidos; Human<sup>®</sup> 10505).

As amostras de feno, sobras e fezes foram secas sob ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas, formando-se duas alíquotas moídas em 1 e 2 mm.

Posteriormente as amostras de feno, sobras e fezes e foram compostas, com base no peso seco ao ar, por animal e período experimental.

As alíquotas processadas em peneiras de porosidade 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), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN<sub>cp</sub>; métodos INCT-CA F-002/1, INCT-CA M-002/1 e INCT-CA N-004/1) e lignina (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 720 g/kg; método INCT-CA F-005/1) segundo técnicas descritas por Detmann et al. (2012).

As amostras de feno e sobras processadas em peneira de 2 mm, foram avaliadas quanto ao teor de FDN indigestível (FDN<sub>i</sub>; método INCT-CA F-009/1), utilizando-se sacos F57 (Ankom<sup>®</sup>) em procedimento de incubação in situ por 288 horas, segundo recomendações de Detmann et al. (2012).

A concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) foi quantificada pela técnica colorimétrica adotada pelo INCT-Ciência Animal (método INCT-CA N-006/1; Detmann et al., 2012). As concentrações obtidas nos diferentes tempos foram combinadas por animal e período, produzindo-se, ao final, valor único, representativo da média diária de concentração de NAR. Combinação similar foi conduzida sobre os valores de pH ruminal.

As amostras de líquido ruminal relativas à avaliação da concentração de AGV, depois de descongeladas, foram compostas proporcionalmente (volumes iguais para cada coleta) por animal e período, as quais foram analisadas por cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC; cromatógrafo Shimadzu, modelo SPD-10A VP), utilizando-se coluna de fase reversa (fase móvel de ácido orto-fosfórico em água, 10 mL/L) e detector ultra-violeta em comprimento de onda de 210 nm.

O experimento foi conduzido e analisado segundo delineamento em quadrado latino 5 × 5 incluindo os efeitos de tratamento (fixo), animal (aleatório) e período experimental (aleatório). As comparações entre tratamentos foram conduzidas por intermédio da decomposição da soma de quadrados associada a esta fonte de variação em contrastes

ortogonais, os quais foram responsáveis pela comparação entre o tratamento controle e os tratamentos envolvendo suplementação e a avaliação dos efeitos de ordem linear, quadrática e cúbica das relações entre as quantidades de amido e de PB usadas nos suplementos. Todos os procedimentos estatísticos foram conduzidos por intermédio do procedimento MIXED do SAS (versão 9.4) adotando-se  $\alpha = 0,05$ .

## Resultados

O fornecimento de suplementos elevou ( $P < 0,05$ ) os consumos de MS, MO (em kg/dia e g/kg PC), PB e de MO digerida (MOD) e a relação PB:MOD na dieta. O fornecimento de suplementos não alterou ( $P > 0,05$ ) os consumos de forragem, FDN (kg/dia e g/kg PC) e FDND (kg/dia) (Tabela 2).

A inclusão de amido no suplemento afetou de forma linear positiva ( $P < 0,05$ ) os consumos de MS e MO, quando expressos na unidade kg/dia, e a relação PB:MOD na dieta. Não foram verificados efeitos ( $P > 0,05$ ) das quantidades de amido no suplemento sobre o consumo de forragem e FDN, quando expressos em kg/dia, e consumo de PB (kg/dia e g/kg PC) (Tabela 2).

Por outro lado, verificou-se efeito cúbico ( $P < 0,05$ ) da quantidade de amido no suplemento sobre os consumos de MOD e FDN digerida (kg/dia) e sobre os consumos de MS, de forragem, MO e FDN quando expressos na unidade g/kg PC. Este comportamento se atribuiu aos maiores valores de consumo verificados quando adotada a relação amido:PB de 2:1 (Tabela 2).



O fornecimento de suplementos ampliou ( $P < 0,05$ ) a concentração de MOD na dieta e promoveu maiores ( $P < 0,05$ ) coeficientes de digestibilidade total da MO e PB. Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) do fornecimento de suplementos sobre o coeficiente de digestibilidade total da FDN (Tabela 3).

Houve efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) da quantidade de amido no suplemento sobre a concentração de MOD na dieta e sobre os coeficientes de digestibilidade total da MO e efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) sobre os coeficientes de digestibilidade total da PB. O coeficiente de digestibilidade total da FDN não foi afetado ( $P > 0,05$ ) pela quantidade de amido no suplemento (Tabela 3).

A concentração de NAR e as proporções molares de butirato, isobutirato e isovalerato foram em média maiores ( $P < 0,05$ ) em animais suplementados. Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) do fornecimento de suplementos sobre o pH ruminal, concentração de AGV, proporções molares de acetato, propionato, valerato e relação acetato:propionato (Tabela 4).

Houve efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) da quantidade de amido no suplemento sobre a concentração de NAR e sobre o pH ruminal. A proporção molar de butirato foi afetada de forma cúbica ( $P < 0,05$ ) pela quantidade de amido no suplemento. Este efeito se atribuiu ao aumento médio da proporção de butirato entre as relações amido:PB de 0:1 e 1:1 e a manutenção de valores relativamente estáveis entre as relações de 1:1 e 3:1 (Tabela 4). Não foram verificados efeitos ( $P > 0,05$ ) da quantidade de amido no suplemento sobre a concentração de AGV, sobre as proporções molares de acetato, propionato, isobutirato, valerato e isovalerato e sobre a relação acetato:propionato (Tabela 4).

O consumo de nitrogênio apresentou comportamento análogo ao consumo de PB (Tabela 5).

Tabela 3 - Coeficientes de digestibilidade total (g/g) da matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e concentração de matéria orgânica digerida na dieta (MOD, g/kg) em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos <sup>1</sup>					EPM	Valor P <sup>2</sup>			
	C	0:1	1:1	2:1	3:1		C vs. S	L	Q	C
MO	0,596	0,611	0,639	0,652	0,664	0,0170	0,032	0,040	0,643	0,872
PB	0,465	0,716	0,706	0,676	0,667	0,0180	<0,001	0,049	0,969	0,600
FDNcp	0,588	0,576	0,572	0,575	0,551	0,0227	0,407	0,444	0,617	0,703
MOD	569	584	611	627	640	16,2	0,024	0,025	0,668	0,933

<sup>1</sup> Controle: sem suplementação; 0:1, 1:1, 2:1 e 3:1: relação amido:proteína bruta no suplemento (g/g).

<sup>2</sup> C vs. S: controle versus suplementados; L, Q e C: efeitos linear, quadrático e cúbico da relação amido:proteína bruta no suplemento.

Tabela 4 - Concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR, mg/dL), pH ruminal, ácidos graxos voláteis (AGV, mmol/dL), proporção molar de acetato, propionato, butirato, isobutirato, valerato, isovalerato (mmol/100mmol) e relação acetato:propionato (A:P) em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos <sup>1</sup>					EPM	Valor P <sup>2</sup>			
	C	0:1	1:1	2:1	3:1		C vs. S	L	Q	C
NAR	3,59	29,95	20,77	18,28	10,26	3,521	<0,001	<0,001	0,852	0,387
pH	6,52	6,55	6,37	6,41	6,23	0,114	0,146	0,016	0,979	0,229
AGV	14,70	14,47	15,39	16,39	15,54	0,690	0,231	0,102	0,121	0,428
Acetato	85,98	85,76	84,68	84,84	84,90	0,600	0,090	0,252	0,234	0,517
Propionato	9,52	9,49	9,36	9,43	9,18	0,413	0,738	0,643	0,894	0,784
Butirato	3,65	3,47	4,36	4,14	4,43	0,198	0,020	0,002	0,073	0,033
Isobutirato	0,17	0,33	0,30	0,31	0,27	0,043	0,001	0,231	0,890	0,539
Valerato	0,11	0,14	0,50	0,36	0,33	0,109	0,086	0,367	0,089	0,219
Isovalerato	0,57	0,81	0,80	0,92	0,89	0,087	0,003	0,247	0,741	0,392
A:P	9,06	9,11	9,09	9,16	9,32	0,433	0,805	0,709	0,832	0,994

<sup>1</sup> Controle: sem suplementação; 0:1, 1:1, 2:1 e 3:1: relação amido:proteína bruta no suplemento (g/g).

<sup>2</sup> C vs. S: controle versus suplementados; L, Q e C: efeitos linear, quadrático e cúbico da relação amido:proteína bruta no suplemento.

Houve efeito ( $P < 0,05$ ) do fornecimento de suplementos sobre a excreção urinária de nitrogênio (EUN), balanço de compostos nitrogenados (BN), eficiência de utilização do nitrogênio (EFUN), excreção urinária de nitrogênio ureico (EUNU) e concentração de nitrogênio ureico no soro (NUS), sendo os maiores valores obtidos em condições nas quais os animais eram suplementados. Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) do fornecimento de suplementos sobre a excreção fecal de nitrogênio (EFN), concentração sanguínea de aminoácidos e excreção urinária de 3-metil-histidina (Tabela 5).

Houve efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) da quantidade de amido no suplemento sobre a EUN, EUNU e NUS. Por outro lado, apesar de não significativo, observou-se tendência de aumento linear do BN ( $P < 0,06$ ) com o aumento da quantidade de amido no suplemento. A variação na quantidade de amido não afetou ( $P > 0,05$ ) a EFN, a EFUN, a concentração de aminoácidos no sangue e a excreção urinária de 3-metil-histidina (Tabela 5).

Somente a concentração sérica de IGF1 sofreu efeito ( $P < 0,05$ ) do fornecimento de suplementos, com maiores valores verificados com animais suplementados. As concentrações sanguíneas de glicose e triglicerídeos não foram afetadas ( $P > 0,05$ ), em média, pela suplementação (Tabela 6).

Houve efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) da quantidade de amido no suplemento sobre a concentração sanguínea de IGF1. As concentrações séricas de glicose e triglicerídeos não foram afetadas ( $P > 0,05$ ) pelas diferentes quantidades de amido no suplemento (Tabela 6).

## **Discussão**

De forma geral, a suplementação de animais consumindo forragem de baixa qualidade com compostos nitrogenados teria o potencial de fornecer substratos ao ambiente ruminal que favoreceriam o crescimento de bactérias fibrolíticas; como consequência, haveria aumento da

degradação da fibra e ampliação do consumo voluntário de forragem (Leng, 1990; Detmann et al., 2009; Souza et al., 2010). Entretanto, não foram verificados efeitos positivos do fornecimento de compostos nitrogenados em relação ao controle sobre o consumo de forragem (Tabela 2) e sobre o coeficiente de digestibilidade dos compostos fibrosos (Tabela 3). De acordo com Van Soest (1994) e Lazzarini et al. (2009), respostas com a suplementação nitrogenada quanto ao consumo de forragem deixam de ser evidentes quando os teores de PB da forragem basal são superiores a 70-80 g/kg MS, o que se aproxima da forragem utilizada neste estudo (Tabela 1).

Contudo, a suplementação promoveu incremento do consumo de MS e MO (Tabela 2). Desta forma, havendo manutenção do consumo de forragem (Tabela 2), entende-se que a suplementação com compostos nitrogenados e amido, de forma geral, não promoveu efeito substitutivo sobre o consumo de forragem. O efeito substitutivo causado pelos suplementos apresenta correlação positiva com a qualidade da forragem (Minson, 1990). Sendo assim, a baixa qualidade da forragem utilizada parece ser a provável causa da ausência de substituição, mesmo com o fornecimento de amido suplementar.

O aumento do consumo de MOD observado com o fornecimento de suplementos (Tabela 2) reflete somente a adição de compostos de maior digestibilidade à dieta dos animais, uma vez que não foram observados efeitos da suplementação sobre o consumo de FDND (Tabela 2) e sobre o coeficiente de digestibilidade total da FDN (Tabela 3).

Tabela 5 - Consumo de nitrogênio (CN, g/dia), excreção urinária de nitrogênio (EUN, g/dia), excreção fecal de nitrogênio (EFN, g/dia), balanço de compostos nitrogenados (BN, g/dia), eficiência de utilização do nitrogênio (EFUN, g N retido/g N ingerido), excreção urinária de nitrogênio ureico (EUNU, g/dia), concentração de nitrogênio ureico no soro (NUS, mg/dL), concentração sanguínea de aminoácidos (AA,  $\mu\text{mol/L}$ ) e excreção urinária de 3-metil-histidina (3MH,  $\mu\text{mol/g}$  de creatinina) em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos <sup>1</sup>					EPM	Valor P <sup>2</sup>			
	C	0:1	1:1	2:1	3:1		C vs. S	L	Q	C
CN	39,4	74,5	73,0	78,5	74,1	4,14	<0,001	0,615	0,459	0,073
EUN	16,0	40,8	41,4	29,6	29,0	4,57	<0,001	0,018	0,874	0,200
EFN	21,2	21,3	21,7	25,7	24,6	2,35	0,362	0,144	0,716	0,349
BN	2,3	12,4	9,9	23,2	20,6	4,43	0,008	0,058	0,980	0,104
EFUN	0,220	0,284	0,273	0,271	0,249	0,0231	0,018	0,159	0,725	0,717
EUNU	10,0	38,3	37,1	29,4	24,5	4,60	<0,001	0,006	0,583	0,551
NUS	9,2	27,8	23,5	19,8	16,3	2,12	<0,001	<0,001	0,793	0,938
AA	2238	2181	2172	2365	2268	226,3	0,936	0,497	0,872	0,564
3MH	98,0	77,3	80,9	91,6	97,4	19,21	0,316	0,151	0,912	0,787

<sup>1</sup> Controle: sem suplementação; 0:1, 1:1, 2:1 e 3:1: relação amido:proteína bruta no suplemento (g/g).

<sup>2</sup> C vs. S: controle versus suplementados; L, Q e C: efeitos linear, quadrático e cúbico da relação amido:proteína bruta no suplemento.

A despeito do aumento na concentração de MOD na dieta, a suplementação causou poucos efeitos sobre o padrão de fermentação ruminal. A concentração de AGV não foi afetada. Aumentos nas proporções molares somente foram verificados sobre butirato, isobutirato e isovalerato (Tabela 4), sendo estes dois últimos explicados pelo aumento no fornecimento de aminoácidos com a suplementação com caseína (proteína verdadeira). Por outro lado, a inclusão de amido nos suplementos somente alterou a proporção molar de butirato, não se observando nenhuma alteração sobre a proporção molar de propionato, a qual poderia ser causada pela suplementação com amido. Aumentos na produção ruminal de propionato estão associados a reduções no consumo voluntário (Allen et al., 2009). Assim, a falta de alterações significativas no padrão de fermentação ruminal com a suplementação parece reforçar a ausência de efeitos substitutivos sobre o consumo de forragem.

A avaliação do comportamento do consumo entre suplementos, notadamente em valores expressos em relação ao peso corporal, indicou que a quantidade de amido gerou efeito cúbico sobre os consumos total e de forragem, o qual é justificado pelo consumo mais proeminente observado quando a relação amido:PB de 2:1 foi utilizada nos suplementos (Tabela 2). Este comportamento contrasta-se com o efeito linear crescente da quantidade de amido no suplemento sobre a concentração energética da dieta, corroborado pelos efeitos lineares sobre a concentração dietética de MOD (Tabela 3) e sobre a relação PB:MOD (Tabela 2).

Tabela 6 - Concentração sanguínea de glicose (mg/dL), triglicerídeos (mg/dL) e IGF1 (ng/mL) em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos <sup>1</sup>					EPM	Valor P <sup>2</sup>			
	C	0:1	1:1	2:1	3:1		C vs. S	L	Q	C
Glicose	54,4	57,4	59,3	56,9	57,8	5,20	0,083	0,872	0,765	0,319
Triglicerídeos	19,7	21,4	24,0	21,2	21,6	3,07	0,193	0,752	0,484	0,231
IGF1	38,6	40,4	76,0	80,0	95,5	15,35	0,014	0,005	0,297	0,413

<sup>1</sup> Controle: sem suplementação; 0:1, 1:1, 2:1 e 3:1: relação amido:proteína bruta no suplemento (g/g).

<sup>2</sup> C vs. S: controle versus suplementados; L, Q e C: efeitos linear, quadrático e cúbico da relação amido:proteína bruta no suplemento.

A regulação do consumo em animais ruminantes constitui processo complexo multifatorial no qual a busca pelo máximo conforto metabólico representa a meta prioritária (Forbes, 2007). Neste sentido, mesmo em condições de forragens de baixa qualidade, mecanismos relacionados à distensão física do trato gastrointestinal e mecanismos metabólicos de regulação agem simultaneamente sobre a regulação do consumo (Detmann et al., 2014c). Entre os mecanismos metabólicos, a relação energia:proteína exerce papel preponderante, uma vez que excessos de energia em relação à proteína disponível podem causar desconfortos devido à maior necessidade de eliminação de calor, ao passo que excessos de proteína em relação à energia podem ampliar o desconforto pelo excesso de catabolismo de compostos nitrogenados (Poppi & McLennan, 1995; Illius & Jessop, 1996). Desta forma, entende-se, que para as condições alimentares do presente estudo, que a utilização da relação amido:PB de 2:1 promoveu, entre os suplementos avaliados, a maior proximidade às condições de conforto, otimizando o consumo voluntário de forragem (Tabela 2). Ressalta-se que, mesmo não havendo efeitos gerais da suplementação, o consumo de forragem com o uso da relação amido:PB de 2:1 foi aproximadamente 11% superior (em g/kg PC) em relação ao controle.

Em trabalhos conduzidos em condições tropicais têm sido relatados decréscimos na digestibilidade da FDN com a utilização de amido suplementar (Souza et al., 2010; Lazzarini, 2011), o que parece advir da ampliação da competição por substratos entre espécies fibrolíticas e não fibrolíticas no rúmen, a qual deprime a atividade fibrolítica (El-Shazly et al., 1961; Mould et al., 1983; Carvalho et al., 2011). No entanto, a ampliação no fornecimento de amido suplementar não afetou a digestão da fibra neste estudo (Tabela 3). Contudo, há de se ressaltar que o fornecimento de amido foi realizado em conjunto com compostos nitrogenados. Nestas situações a maior disponibilidade de nitrogênio pode reduzir a competição por substratos, reduzindo-se ou anulando-se os efeitos deletérios sobre a

utilização da fibra, como verificado por outros autores em condições tropicais (Souza et al., 2010; Lazzarini, 2011).

Os efeitos mais proeminentes do fornecimento de suplementos consistiram no incremento sobre o BN e a EFUN (Tabela 5). Este efeito deve ser atribuído ao incremento no status de nitrogênio no organismo animal (Egan, 1965; Egan & Moir, 1965). A expressão “status de proteína” ou “status de nitrogênio” 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) (Detmann et al., 2014d). Levando-se em consideração este conceito, afirma-se que os compostos nitrogenados disponíveis para o metabolismo animal seriam utilizados para diferentes funções metabólicas seguindo-se uma ordem de prioridade para o animal, a saber: sobrevivência (e.g., reciclagem de nitrogênio), manutenção e produção (e.g., crescimento, reprodução, etc). Portanto, deposições de nitrogênio na forma de tecidos corporais ou de produtos somente ocorreriam depois de supridas as demandas por compostos nitrogenados de maior prioridade (Detmann et al., 2014d). Assim, o aumento no BN e na EFUN refletem maior disponibilidade de nitrogênio para o crescimento animal e redução da proporção do nitrogênio utilizada para funções de manutenção com o fornecimento de compostos nitrogenados (Tabela 5).

Alguns autores tem verificado que o fornecimento de suplementos nitrogenados pode reduzir o catabolismo de proteína muscular para o uso em demandas metabólicas de nitrogênio de maior prioridade (Rufino, 2011; Detmann et al., 2014a). No entanto, o fornecimento de suplementos não afetou a excreção urinária de 3-metil-histidina (Tabela 5), a qual constitui indicador direto do catabolismo de proteína muscular.

No entanto, o fornecimento de suplementos incrementou a concentração sérica de IGF1 (Tabela 6), indicando que os efeitos do aumento no suprimento de nitrogênio foram essencialmente anabólicos.

O IGF1 é um regulador endócrino do crescimento muscular em bovinos e constitui, além de sua ação independente, ligação importante entre o hormônio de crescimento e o processo metabólico de crescimento (Pell & Bates, 1990; Drewnoski et al., 2014), particularmente no músculo esquelético (Lobley, 1992). As concentrações de IGF1 são responsivas tanto ao plano nutricional como à composição da dieta, sendo a concentração de proteína aparentemente mais importante do que a concentração energética (Pell & Bates, 1990), justificando a ampliação de sua concentração sérica com o suprimento de compostos nitrogenados suplementares. Resultados similares foram obtidos por Rufino (2015) ao suplementar bovinos alimentados com forragens tropicais e suplementados com compostos nitrogenados.

Em adição, verificou-se que o fornecimento de suplementos tendeu ( $P < 0,09$ ) a ampliar a concentração sanguínea de glicose (Tabela 6), o que parece reforçar a ideia de ampliação do status de nitrogênio no organismo animal com a suplementação com compostos nitrogenados. Parte da glicose demandada pelo animal ruminante pode ser sintetizada a partir de aminoácidos gliconeogênicos (Van Soest, 1994). No entanto, sob baixa disponibilidade de nitrogênio amplia-se a demanda de aminoácidos para a síntese hepática de ureia (Parker et al., 1995). Assim, o suprimento de nitrogênio suplementar poderia incorrer em menor uso de aminoácidos gliconeogênicos para o metabolismo intermediário do nitrogênio, ampliando, como consequência, a disponibilidade de precursores para síntese de glicose (Rufino, 2015).

Comparando-se os resultados obtidos entre suplementos, verificou-se que o aumento na quantidade de amido tendeu a ampliar o BN ( $P < 0,06$ ). Parte deste efeito parece advir da maior eficiência de assimilação de nitrogênio no ambiente ruminal. Este argumento está

baseado na redução linear nas concentrações de NAR e NUS com o aumento do fornecimento de amido. Adicionalmente, o coeficiente de digestibilidade total da PB foi reduzido com o aumento no fornecimento de amido (Tabela 3), o que pode refletir menor perda de nitrogênio na forma de amônia no ambiente ruminal. Considerando que o consumo de nitrogênio suplementar foi similar em todos os suplementos (Tabela 5), a redução nestas variáveis somente poderia ser obtida por intermédio de melhor eficiência de assimilação microbiana do nitrogênio no rúmen. O aumento na assimilação do nitrogênio suplementar com o fornecimento de amido foi relatado por outros autores em condições tropicais (Souza et al., 2010; Lazzarini, 2011). A maior assimilação microbiana de nitrogênio implica em aumento no fornecimento de proteína metabolizável. Ressalta-se que não foram observadas variações na excreção fecal de nitrogênio (Tabela 5), indicando que o nitrogênio microbiano adicional produzido com a suplementação com amido foi efetivamente digerido no intestino e, portanto, convertido em proteína metabolizável.

Contudo, segundo Detmann et al. (2014e), incrementos no suprimento de proteína metabolizável de origem microbiana respondem por apenas 18,5% dos incrementos observados em BN em bovinos alimentados com forragens tropicais. Isto indica que efeitos secundários ou metabólicos da suplementação também afetam a eficiência de uso dos compostos nitrogenados no organismo animal.

Em animais ruminantes, a eficiência de deposição de proteína depende da disponibilidade energética, assim como a eficiência de uso da energia no metabolismo depende da disponibilidade de aminoácidos (Schroeder & Titgemeyer, 2008). Assim, o suprimento de amido parece ter ampliado a disponibilidade de energia metabolizável, o que refletiu em incremento na retenção de compostos nitrogenados no organismo animal. Esta hipótese é reforçada pela redução linear nas perdas de nitrogênio na urina com o aumento da quantidade de amido no suplemento (Tabela 5). Ressalta-se que se verificou aumento linear

na concentração sanguínea de IGF1 com o aumento no fornecimento de amido (Tabela 6), reiterando o aumento no anabolismo corporal com a ampliação no fornecimento de amido.

A despeito da tendência linear de aumento no BN com o aumento no fornecimento de amido, a inspeção do comportamento das médias indicou maiores valores para a relação amido:PB de 2:1 (Tabela 5). Este comportamento se associa aos argumentos apresentados sobre o consumo voluntário, indicando que maior adequação metabólica pode ter sido obtida com esta relação.

### **Conclusão**

A suplementação com compostos nitrogenados em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade amplia a retenção de nitrogênio no organismo animal principalmente por elevar o status de nitrogênio no organismo. No entanto, o suprimento adicional de amido é capaz de ampliar a retenção de nitrogênio por incrementar a disponibilidade energia no rúmen e no metabolismo animal. Neste sentido, a relação amido:proteína bruta de 2:1 nos suplementos é recomendada.

### **Referências Bibliográficas**

- ALLEN, M.S.; BRADFORD, B.J.; OBA, M. The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. **Journal of Animal Science**, v.87, p.3317-3334, 2009.
- 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.

- 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 baixa qualidade em função da suplementação com proteína e/ou carboidratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.494-503, 2008.
- 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-proteico e/ou proteína verdadeira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2815-2826, 2011.
- 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.; MANTOVANI, H.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SAMPAIO, C.B.; SOUZA, M.A.; LAZZARINI, I.; DETMANN, K.S.C. Parameterization of ruminal fibre 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.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F.; HUHTANEN, P. Nutritional aspects applied to grazing cattle in tropics: a review based on Brazilian results. **Semina Ciências Agrárias**, v.35, p.2829-2854, 2014a.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; BATISTA, E.D.; RUFINO, L.M.A. Aspectos nutricionais aplicados a bovinos em pastejo nos trópicos. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 9, 2014, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2014b. p.239-268.

- DETMANN, E.; GIONBELLI, M.P.; HUHTANEN, P. A meta-analytical evaluation of the regulation of voluntary intake in cattle fed tropical forage-based diets. **Journal of Animal Science**, v.92, p.4632-4641, 2014c.
- 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**, v.162, p.141-153, 2014d.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; FRANCO, M.O.; RUFINO, L.M.A.; SAMPAIO, C.B.; BATISTA, E.D. Princípios de nutrição de bovinos em pastejo nos trópicos. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 9, 2014, Ilhéus, **Anais... Ilhéus, Bahia**, 2014e. (CD-ROM).
- DREWNOSKI, M.E.; HUNTINGTON, G.B.; POORE, M.H. Reduced supplementation frequency increased insulin-like growth factor 1 in beef steers fed medium quality hay and supplemented with a soybean hull and corn gluten feed blend. **Journal of Animal Science**, v.92, p.2546-2553, 2014.
- EGAN, A.R. Nutritional status and intake regulation in sheep. 2. The influence of sustained duodenal infusions of casein or urea upon voluntary intake of low-protein roughages by sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.16, p.451-462, 1965.
- EGAN, A.R.; MOIR, R.J. Nutritional status and intake regulation in sheep. 1. 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.
- 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.
- 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. A personal view of how ruminant animals control their intake and choice of food: minimal total discomfort. **Nutrition Research Reviews**, v.20, p.132-146, 2007.

- ILLUIS, A.W.; JESSOP, N.S. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.74, p.3052-3062, 1996.
- 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, 2011.
- LAZZARINI, I.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C.B.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.A.; OLIVEIRA, F.A. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2021-2030, 2009.
- LENG, R.A. Factors affecting the utilization of "poor-quality" forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutrition Research Reviews**, v.3, p.277-303, 1990.
- LOBLEY, G.E. Control of the metabolic fate of amino acids in ruminants: a review. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3264-3275, 1992.
- MARCONDES, M.I.; GIONBELLI, M.P.; VALADARES FILHO, S.C.; CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, M.F. Protein requirements of zebu beef cattle. In: VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. (Eds.) **Nutrient requirements of zebu beef cattle BR-CORTE**. 2 ed. Viçosa: DZO-UFV, 2010. p.107-126.
- MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. San Diego: Academic Press, 1990. 483p.
- MLAY, P.S.; PEREKA, A.E.; BALTHAZARY, S.; PHIRI, E.J.C.; MADSEN, J.; HVELPLUND, T.; WEISBJERG, M.R. In situ degradation of poor quality hay in the rumen of mature heifers as influenced by sugar, starch and nitrogen supplements and an ionic feed additive. **Tanzania Veterinary Journal**, v.24, p.23-37, 2007.
- MOULD, F.L.; ØRSKOV, E.R.; MANNING, O. Associative effects of mixed feeds. 1. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of various roughages. **Animal Feed Science and Technology**, v.10, p.15-30, 1983.
- PARKER, D.S.; LOMAX, M.A.; SEAL, C.J.; WILTON, J.C. Metabolic implications of ammonia production in the ruminant. **Proceedings of Nutrition Society**, v.54, p.549-563, 1995.

- 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.
- PELL, J.M.; BATES, P.C. The nutritonal regulation of growth hormone action. **Nutrition Research Reviews**, v.3, p.163-192, 1990.
- POPPI, D.P.; McLENNAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, v.73, p.278-290, 1995.
- RUFINO, L.M.A. **Suplementação nitrogenada ruminal e/ou pós-ruminal em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade**. 2011. 44f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- RUFINO, L.M.A. **Desempenho nutricional e características metabólicas em bovinos alimentados com forragens tropicais em respostas à suplementação infrequente com compostos nitrogenados**. 2015. 98f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2015.
- 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.
- SOUZA, M.A.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; SAMPAIO, C.B.; LAZZARINI, I.; VALADARES FILHO, S.C. Intake, digestibility and rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and/or starch. **Tropical Animal Health and Production**, v.42, p.1299-1310, 2010.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.